

Antonio Figueroa Abrio
Ángela Lara García
Luis A. Babiano Amelibia
Paolo Rodolfi
Álvaro Jiménez García
Antonio Ramírez Ramírez

Guía para la adaptación de los sistemas de agua urbana al cambio climático

Asociación Española de Operadores
Públicos de Abastecimiento y Saneamiento

Editorial Universidad de Sevilla

Guía para la adaptación de los sistemas de agua urbana al cambio climático

AUTORES

Antonio Figueroa Abrio

Director del Estudio Agua y Territorio.

Ángela Lara García

Profesora del Departamento de Geografía Humana de la Universidad de Sevilla.

Luis A. Babiano Amelibia

Gerente de la Asociación Española de Operadores Públicos de Abastecimiento y Saneamiento.

Paolo Rodolfi

Estudio Agua y Territorio.

Álvaro Jiménez García

Técnico Superior de Medio Ambiente. Diputación de Badajoz.

Antonio Ramírez Ramírez

Técnico de proyectos de AEOPAS.

Antonio Figueroa Abrio
Ángela Lara García
Luis A. Babiano Amelibia
Paolo Rodolfi
Álvaro Jiménez García
Antonio Ramírez Ramírez

Guía para la adaptación de los sistemas de agua urbana al cambio climático



Sevilla, 2025

Comité editorial de la Editorial Universidad de Sevilla:

Araceli López Serena
(Directora)

Elena Leal Abad
(Subdirectora)

Concepción Barrero Rodríguez

Rafael Fernández Chacón

María Gracia García Martín

María del Pópulo Pablo-Romero Gil-Delgado

Manuel Padilla Cruz

Marta Palenque

María Eugenia Petit-Breuilh Sepúlveda

Marina Ramos Serrano

José-Leonardo Ruiz Sánchez

Antonio Tejedor Cabrera

Ficha catalográfica:

Figueroa Abrio, A. y Lara García, A., Babiano Amelibia, L., Rodolfi, P., Jiménez García, A. y Ramírez Ramírez A. *Guía para la adaptación de los sistemas de agua urbana al cambio climático*. Asociación Española de Operadores Públicos de Abastecimiento y Saneamiento y Editorial Universidad de Sevilla. Sevilla. 2025.

Reservados todos los derechos. Ni la totalidad ni parte de este libro puede reproducirse o transmitirse por ningún procedimiento electrónico o mecánico, incluyendo fotocopia, grabación magnética o cualquier almacenamiento de información y sistema de recuperación, sin permiso escrito de la Asociación Española de Operadores Públicos de Abastecimiento y Saneamiento y la Editorial Universidad de Sevilla.

Colabora: Secretaría de Estado de Medio Ambiente*



© Asociación Española de Operadores Públicos de Abastecimiento y Saneamiento, 2025

Edificio Porta Sevilla Módulo 138,
c/ Dr. González Caraballo, 1 - 41020 Sevilla

Tlfs.: 955 40 85 06

Correo electrónico: info@aeopas.org

Web: <https://www.aeopas.org/>

© Editorial Universidad de Sevilla 2025

c/ Porvenir, 27 - 41013 Sevilla.

Tlfs.: 954 487 447; 954 487 451

Correo electrónico: info-eus@us.es

Web: <https://editorial.us.es>

Responsable de la edición: Luis A. Babiano Amelibia

© de los textos: los autores, 2025.

© de las imágenes: los propietarios, 2025.

ISBN: 978-84-472-3154-6

DOI: <https://dx.doi.org/10.12795/9788447231546>

Diseño, maquetación y

realización electrónica: Antonio Ramírez Ramírez. Técnico de proyectos de AEOPAS.

***La Secretaría de Estado de Medio Ambiente, del Ministerio para la Transición Ecológica y Reto Demográfico, del Gobierno de España, ha colaborado en la impresión de la presente publicación y en la celebración del acto de presentación con el objetivo de apoyar la difusión de la Guía para la adaptación de los sistemas de agua urbana al cambio climático.**

Índice

Prólogos	1
1. Introducción	9
1.1. Objeto de la guía	11
1.2. Contenido de la guía	12
1.2.1. Nuevos paradigmas para la adaptación del cambio climático del ciclo urbano del agua	13
1.2.2. Propuesta de un marco de referencia inicial para la adaptación del ciclo urbano del agua	14
2. Agua y cambio climático	17
2.1. Riesgos hidroclimáticos: conceptos centrales	20
2.1.1. Definición de riesgo desde la perspectiva del cambio climático	20
2.1.2. Componentes de los riesgos hidroclimáticos	22
2.2. Cambio climático: situación de partida a la luz del Sexto informe del IPPC	27
2.3. El cambio climático sobre la esfera del agua	31
2.4. Implicaciones del cambio climático en el sistema de agua urbana	36
2.4.1. Impactos del cambio climático asociados a lluvias torrenciales e inundaciones	38
2.4.2. Impactos del cambio climático asociados a la sequía y escasez de agua	41
2.4.3. Efectos del cambio climático asociados a las temperaturas extremas y las olas de Calor	44
2.5. Nuevos paradigmas para la adaptación al cambio climático de los sistemas de agua urbana	47
2.5.1. La Directiva Marco del Agua y los principios de restauración ambiental	50
2.5.2. Garantía del derecho humano al agua y el saneamiento en el contexto de cambio climático	53
2.5.3. Las ciudades sensibles al agua	56
2.5.4. Servicios ecosistémicos y soluciones basadas en la naturaleza	60

3. Marco institucional de la gestión urbana del agua y el cambio climático	63
3.1. Fundamentos estratégicos y legales de la adaptación	66
3.1.1. La arquitectura estratégica de la adaptación de los sistemas de agua urbana	66
3.1.2. Claves del marco legal de la adaptación de los sistemas de agua urbana	72
3.2. Objetivos y líneas estratégicas de adaptación de los sistemas de agua urbana al cambio climático	81
3.3. Agua, cambio climático y servicios: mapa competencial	94
3.3.1. Marco Internacional	95
3.3.2. Marco Europeo	96
3.3.3. Marco Nacional	97
3.4. Conclusiones	98
 4. Actuaciones para la adaptación del cambio climático en los sistemas de agua urbana	 101
4.1. Propuesta de un marco de actuación para la adaptación de los sistemas de agua urbana al cambio climático	104
4.1.1. Fase I. Diseño del proceso	107
Sesión participada 1: hoja de ruta	108
Resultados	108
4.1.2. Fase 2. Caracterización de la situación de partida	109
4.1.3. Fase 3. Evaluación de riesgos hidroclimáticos	110
Sesión participada 2: Diagnóstico participado	113
Resultados	114
4.1.4. Fase 4. Plan de adaptación al cambio climático	114
Sesión participada 3: Definición del plan de actuación	118
Resultado	119
4.1.5. Fase 5. Implementación, evaluación y seguimiento	120
4.1.6. Plan de seguimiento, control y evaluación	120
4.2. Opciones de adaptación	121
4.2.1. Opciones de adaptación blandas	124
4.2.2. Opciones de adaptación verdes	144
4.2.3. Opciones de adaptación grises	158

5. Fenómenos climáticos y derecho humano al agua respuestas técnicas y culturales desde la gestión pública	173
5.1. Introducción	175
5.2. El análisis de los impactos del cambio climático en Europa	178
5.2.1. El caso de Francia: de la emergencia hídrica a la planificación estructural	179
5.2.2. El caso de Países Bajos: vulnerabilidad urbana en un sistema tecnificado	181
5.2.3. El caso de Alemania: impactos extremos en un modelo hídrico fragmentado	183
5.2.4. El caso de Italia: alternancia de extremos en un ciclo hidrológico alterado	186
5.2.5. Otros casos en el sur y este de Europa: tendencias convergentes	187
5.2.6. El caso español. Evaluación de la Gestión del Agua en España según los Informes de la Comisión Europea.	189
Estado de las aguas en España	190
Recomendaciones específicas para España	191
5.2.7. Conclusiones	192
5.3. El agua frente a la emergencia climática: un reto estructural para los operadores públicos de agua	192
5.4. Respuestas institucionales ante los fenómenos hidrológicos extremos: revisión crítica	195
5.5. Dimensión cultural de la gestión del agua y arquetipos sociales ante el riesgo	198
La necesidad de co-creación	201
5.6. Hacia una transición hidrológica justa: propuestas normativas, financieras y sociales	202
5.7. Conclusión: un nuevo paradigma para los sistemas de agua urbana	205
Anexo I. Detalle del marco institucional	209
I.I. Marco estratégico de los sistemas de agua urbana y cambio climático	211
I.I.I. Marco internacional y comunitario	211
I.I.II. Marco nacional	219
I.II. Marco normativo en relación al cambio climático y los sistemas de agua urbana	237
I.II.I. Legislación internacional y de la Unión Europea	238
I.II.II. Legislación nacional	248

	Página
Anexo II. Buenas prácticas	261
Plan de mitigación y adaptación al cambio climático del municipio de Arteixo	263
Fuentes públicas de agua potable ACASA	268
Proyecto <i>SeGuía</i>	269
Plan Emergencia Climática EMASESA	270
La adaptación al ciclo integral del agua en EMASESA	270
La experiencia de EMALCSA en la reducción del consumo urbano de agua	271
Una estrategia integral para un consumo más eficiente	271
Un modelo de gobernanza sostenible	272
Una buena práctica replicable	273
Digitalización del ciclo integral del agua en Vitoria-Gasteiz (Smart AMVISA)	274
Plan Local de Aguas Regeneradas de Chiclana de la Frontera	278
Ordenanza municipal de gestión sostenible de reutilización del agua en Calviá	279
Observatorio del Agua de Terrassa	280
Plan Depura, Badajoz	282
Los SUDS en Barcelona: hacia una gestión resiliente y sostenible del agua pluvial	283
Un cambio de paradigma en la gestión de las aguas pluviales	283
Soluciones adaptadas al contexto mediterráneo	284
Integración normativa y planificación urbana	285
Beneficios ambientales y climáticos	286
Reducción de la huella de carbono en Xabia	287
EMAYA impulsa la descarbonización del ciclo del agua	288
Barcelona impulsa la reutilización de aguas grises	291
Aljarafesa impulsa el proyecto: “Agua inteligente, futuro sostenible”	292
Anexo III. Bibliografía	295
Anexo IV. Acrónimos	305
Anexo V. Índice de tablas y figuras	311
V.I. Índice de tablas	313
V.II. Índice de figuras	315

PRÓLOGOS



Hugo Morán Fernández

Secretario de Estado de Medio Ambiente.

Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico.

El cambio climático no es una amenaza lejana, sino una realidad presente que afecta a todos los rincones del planeta sin excepción. Estamos viendo cómo sus impactos alteran de manera profunda nuestro entorno, transformando los patrones climáticos, intensificando los eventos meteorológicos extremos y poniendo en riesgo recursos esenciales como el agua. En España, un país con una realidad territorial diversa, una climatología altamente variable y con una presión creciente sobre los recursos hídricos, la adaptación al cambio climático no es una opción, sino una necesidad inaplazable.

La crisis climática nos ha colocado en una encrucijada en la que no podemos seguir gestionando el agua con los mismos criterios de hace 30 años. Los modelos tradicionales de planificación hidrológica han de evolucionar hacia enfoques que incorporen la incertidumbre climática como un elemento central en la toma de decisiones. Esto implica revisar cómo captamos, distribuimos, utilizamos y depuramos el agua, garantizando la protección de los ecosistemas acuáticos y las masas de agua, que son nuestras fuentes de suministro. En un contexto de que cada gota cuente en un contexto en el que la escasez se convierte en un factor estructural de nuestra realidad.

Uno de los grandes retos es la necesidad de transitar hacia un modelo de gestión hídrica más resiliente, capaz de anticiparse a los problemas en lugar de reaccionar a ellos cuando ya es tarde. Debemos adelantarnos a las crisis mediante una planificación proactiva que nos permita adaptarnos a los efectos de las sequías y las inundaciones antes de que se conviertan en una crisis irreversible.

La gestión de la demanda de agua es un elemento esencial dentro de esta nueva visión. No podemos seguir centrando la gestión del agua únicamente en el aumento de la oferta en un contexto de recursos decrecientes, sino que debemos impulsar políticas que promuevan un uso más eficiente y racional del agua. Es imprescindible mejorar la eficiencia en todos los sectores, desde el regadío hasta los usos urbanos y la industria, fomentando tecnologías innovadoras, infraestructuras más eficientes y una cultura del ahorro de agua. El desarrollo de tarifas progresivas, el control de pérdidas en las redes de distribución y la implantación de sistemas inteligentes de monitorización del consumo son herramientas clave para garantizar que el agua disponible se utilice de manera sostenible y equitativa.

En este sentido, es fundamental reforzar las infraestructuras hídricas para hacerlas más eficientes, minimizar las pérdidas en la red de distribución y fomentar el uso de fuentes alternativas como la reutilización de aguas regeneradas. También es imprescindible apostar por soluciones basadas en la naturaleza, como la restauración de humedales o la protección de los ecosistemas fluviales, que desempeñan un papel esencial en la regulación natural del agua y en la recarga de los acuíferos.

No menos importante es el papel de la ciudadanía y los actores locales en esta transformación. La adaptación al cambio climático requiere la implicación de todos: administraciones públicas, empresas, comunidades locales y cada uno de nosotros como consumidores responsables. Es necesario consolidar un modelo de gobernanza que integre el conocimiento científico con la toma de decisiones políticas y la acción ciudadana. La ciencia nos ha mostrado con claridad los riesgos a los que nos enfrentamos; ahora nos corresponde consolidar políticas e inversiones que nos permitan garantizar un futuro sostenible en el ámbito del agua.

Esta guía es una herramienta esencial en este camino. Proporciona un marco de referencia para que los operadores de los sistemas de agua urbana puedan implementar estrategias de adaptación eficaces, promoviendo un uso más eficiente y sostenible de los recursos hídricos. Es el resultado de un esfuerzo colaborativo que refleja el compromiso del Gobierno de España y del conjunto de actores públicos y privados en asegurar la resiliencia de nuestros sistemas hídricos frente a los desafíos climáticos.

En este desafío, la única alternativa viable es la acción decidida y coordinada. La adaptación al cambio climático no es solo una tarea técnica o administrativa; es una responsabilidad colectiva para garantizar el derecho al agua y la sostenibilidad de nuestro entorno en un mundo que está cambiando aceleradamente. Esta guía nos ofrece un camino a seguir, y ahora nos corresponde a todos convertir sus propuestas en realidades tangibles.



Asociación Española de Operadores
Públicos de Abastecimiento y Saneamiento

Francisco Buenavista García
Presidente de la AEOPAS

Los sistemas urbanos de agua se encuentra en un momento crucial de transformación. Las presiones del cambio climático sobre los sistemas de abastecimiento y saneamiento son cada vez más evidentes: episodios de sequía más prolongados, fenómenos de lluvias torrenciales que desbordan infraestructuras, una creciente degradación de la calidad del agua y una demanda que sigue en aumento. Estos retos nos obligan a replantear por completo la gestión del agua en nuestras ciudades y pueblos, avanzando hacia un modelo basado en la resiliencia y la sostenibilidad.

Los operadores públicos de abastecimiento y saneamiento desempeñamos un papel clave en esta transición. Nuestra responsabilidad no se limita a garantizar el acceso al agua potable y el adecuado tratamiento de las aguas residuales, sino que debemos convertirnos en agentes activos de la adaptación al cambio climático. Ya no basta con mantener las infraestructuras existentes; es imprescindible adoptar enfoques innovadores que nos permitan anticiparnos a los problemas y garantizar la seguridad hídrica en un contexto de creciente incertidumbre.

Para ello, es necesario implementar nuevas estrategias basadas en la gestión del riesgo y la resiliencia. Esto significa desarrollar planes de adaptación específicos para cada municipio, optimizar la eficiencia de las redes de distribución para minimizar pérdidas, apostar por la reutilización del agua regenerada y fomentar la digitalización de los sistemas de gestión, de manera que podamos monitorizar en tiempo real el estado de los recursos hídricos y tomar decisiones más informadas.

El paradigma de la resiliencia nos invita a repensar el agua urbana como un sistema dinámico y adaptable, capaz de responder de manera flexible a los desafíos climáticos. En este sentido, es fundamental priorizar soluciones basadas en la naturaleza, como la recuperación de humedales urbanos, la restauración de ríos y la implantación de sistemas urbanos de drenaje sostenible (SUDS), que permiten gestionar mejor las lluvias torrenciales y reducir el impacto de las inundaciones.

También debemos avanzar hacia una mayor circularidad en la gestión del agua. La reutilización de aguas regeneradas para riego urbano, la captación de aguas pluviales y la reducción de consumos energéticos en las plantas de tratamiento son estrategias que no solo refuerzan la resiliencia del sistema, sino que también contribuyen a la sostenibilidad ambiental y económica de los servicios públicos.

Sin embargo, la adaptación al cambio climático de los sistemas de agua urbana no puede depender únicamente de avances tecnológicos o cambios en la infraestructura. Se necesita un enfoque integral que incluya una gobernanza más participativa, en la que las administraciones, los operadores públicos y la ciudadanía trabajemos juntos para construir modelos de gestión más democráticos y eficaces. La transparencia, la educación y la sensibilización social son pilares esenciales para lograr una transición justa hacia un nuevo modelo de gestión del agua.

Esta guía es una herramienta fundamental en este proceso. Proporciona un marco de referencia para que los operadores públicos de abastecimiento y saneamiento podamos implementar estrategias de adaptación eficaces, avanzando hacia un modelo de gestión del agua que no solo garantice el derecho al agua y al saneamiento, sino que también refuerce la capacidad de nuestras ciudades y pueblos para hacer frente a los impactos del cambio climático.

Estamos ante una gran oportunidad para transformar la manera en que gestionamos el agua en nuestros pueblos y ciudades. La adaptación no puede esperar; debemos actuar con decisión, innovación y una visión a largo plazo. Porque solo a través de una gestión resiliente y sostenible de los sistemas de agua urbana podremos garantizar que este recurso esencial siga estando disponible para las generaciones presentes y futuras.

1. INTRODUCCIÓN

1.1. Objeto de la guía

Esta guía tiene como objetivo proporcionar a los operadores y agentes interesados un marco de actuación para desarrollar estrategias y medidas de adaptación del cambio climático en la esfera de los sistemas de agua urbana. En efecto, el cambio climático ya está produciendo una serie de efectos sobre el planeta con incidencia directa sobre el ciclo hidrológico y, por consiguiente, en los sistemas de agua urbana. Se espera que durante las próximas décadas los impactos del cambio climático se agudicen e incrementen, por lo que resulta de gran interés contar con una guía de adaptación como ésta, máxime cuando se trata de un ámbito en el que, debido fundamentalmente a la naturaleza del marco competencial de carácter local y su aproximación a la escala supramunicipal, no suelen contar con este tipo de documentos.

De ahí el interés y la necesidad de editar una guía que contribuya a tratar las complejas relaciones entre las políticas municipales y los sistemas de agua urbana, donde se plantee un marco de gestión y planificación para hacer frente al reto de la emergencia climática mediante el buen uso del agua en los sistemas urbanos y las zonas rurales adyacentes, con una visión clara de adaptación con propuestas de directrices, objetivos y orientaciones al tiempo que se ofrece experiencias de referencia que puedan ser de utilidad para los operadores públicos.

¿A quién va dirigida la guía? Esta guía está dirigida a los operadores públicos responsables de los servicios municipales del ciclo integral del agua de uso urbano, que quieran poner en marcha medidas y acciones de adaptación al cambio climático basadas en la gestión del riesgo. La guía ofrece un conjunto de herramientas para poner en marcha distintas actuaciones a diversas escalas en el ámbito del abastecimiento, el saneamiento y la depuración.

1.2. Contenido de la guía

La presente guía aborda las principales relaciones entre los sistemas urbanos del agua y los efectos del cambio climático en clave de adaptación. Desde la perspectiva del ciclo hidrológico, los ecosistemas acuáticos, los riesgos climáticos como las sequías o las inundaciones son temas profusamente estudiados, si bien, en el ámbito del ciclo urbano del agua y bajo una perspectiva integral, no se han identificado muchas experiencias recientes.

La gestión del ciclo urbano del agua en el contexto del cambio climático requiere una comprensión clara de los riesgos hidroclimáticos. El concepto central sobre el que pivota la Guía se basa en la definición de riesgo climático realizada por el IPPC (2022) y la Oficina Española de Cambio Climático (OECC, 2022), ampliando y desarrollando los componentes, desde la propia definición de *peligro hidroclimático* (las lluvias torrenciales, sequías o temperaturas extremas) hasta la noción de *vulnerabilidad*, adoptando la definición ya empleada por muchos autores a partir de Adger (2006).

Aplicado al ciclo urbano del agua, la Guía realiza una primea aportación a la identificación y caracterización de los posibles impactos del cambio climático con perspectiva integradora. Si bien existen multitud de trabajos que abordan de manera sectorial las relaciones entre peligros climáticos y elementos del ciclo urbano (fuentes de suministro, infraestructuras, servicio de abastecimiento, etc. no hemos encontrado trabajos actualizados que aborden este planteamiento a escala del ciclo urbano del agua e integrando los riesgos hidroclimáticos. La guía sistematiza una propuesta de caracterización de los posibles riesgos asociados a las lluvias torrenciales y las inundaciones, las sequías y la escasez y las temperaturas extremas y olas de calor, identificando **grupos de impactos** (servicios ecosistémicos, infraestructuras y usuarios), **factores de vulnerabilidad** (estado de las masas de agua, ocupación de zonas inundables, sectores productivos dependientes de recursos en contextos de escasez, etc.), **interacciones** (contaminación de fuentes de abastecimiento por desbordamientos de las redes de

saneamiento y escorrentía urbana, daños en infraestructuras, interrupciones y cortes de servicios, etc.) e **impactos principales** (deterioro de la calidad del agua, disminución de recursos hídricos, pérdida de vidas humanas, cortes de suministro, daños económicos y materiales, etc.).

1.2.1. Nuevos paradigmas para la adaptación del cambio climático del ciclo urbano del agua

La adaptación al cambio climático en la esfera del ciclo urbano del agua, en los términos que plantea la guía, implica transitar desde sistemas de gestión a *salvo de fallos* – “*fail-safe*” – (Nikolopoulos et al., 2022) a sistemas *preparados para fallar* – “*safe to fail*” – (Ahern, 2011; Butler et al., 2017). En efecto, los primeros se corresponden con sistemas robustos, que ponen énfasis en el control de los fenómenos físicos y que están diseñados para afrontar cualquier evento extremo, actual o futuro. Frente a este planteamiento, el enfoque “*safe to fail*” está centrado en generar una mayor *resiliencia* y permite incrementar *la capacidad de adaptación* frente a las situaciones de riesgo, incorporando en los análisis de escenarios cierto grado de incertidumbre (Fletcher et al., 2017; Nikolopoulos et al., 2022; Stakhiv, 2011).

Bajo este enfoque, las estrategias de adaptación avanzan hacia modelos que introducen la comprensión de las dimensiones ambientales, sociales e institucionales, en lo que se conoce como el **paradigma de la resiliencia**, donde la *vulnerabilidad*, la *exposición* y la *adaptación* emergen como conceptos clave (Ahern, 2011; IPCC, 2022; Nikolopoulos et al., 2022).

Esta visión se completa con la incorporación de una serie de grandes orientaciones alrededor de la Directiva Marco del Agua y los principios de la restauración ambiental, la garantía del Derecho Humano al Agua y el Saneamiento, el marco de las ciudades sensibles al agua, los servicios ecosistémicos y las soluciones basadas en la naturaleza (Figura 1).

1.2.2. Propuesta de un marco de referencia inicial para la adaptación del ciclo urbano del agua



Figura 1. Orientaciones de la Guía de Adaptación al Cambio Climático en el Ciclo Urbano del Agua. Elaboración propia.

El marco institucional de adaptación del ciclo urbano del agua está definido por una serie de planes, programas y estrategias, como el Pacto Verde Europeo, el Plan Nacional de Adaptación al Cambio Climático (PNACC) o las Orientaciones Estratégicas Agua y Cambio Climático, así como un amplio conjunto de normas, entre ellas la Directiva Marco del Agua (DMA), la Directiva de Inundaciones, las Directivas sobre Aguas de Consumo y el Reglamento de Calidad del Agua de Consumo. La Guía realiza una propuesta de síntesis de este

marco, estableciendo un conjunto de objetivos, directrices y orientaciones que configuran la arquitectura para definir estrategias de adaptación. No obstante, su implementación enfrenta importantes dificultades.

Una de las principales barreras es la ausencia de un marco legislativo estatal en España que concrete estos principios en la gestión del ciclo urbano del agua. A pesar de la existencia de instrumentos como los Planes de Sequía, los Planes Integrales de Gestión de los Sistemas de Saneamiento, los Planes Estructurales de Control de Fugas o los Planes Sanitarios del Agua, estos se aplican de forma desarticulada y sin una visión unificada de adaptación y resiliencia. La falta de una regulación específica que estructure la planificación hídrica urbana desde un enfoque de integral, de riesgo y sostenibilidad, impide una implementación efectiva de medidas que integren los desafíos climáticos, comprometiendo la capacidad de adaptación de los sistemas urbanos de agua.

A partir de aquí, la elaboración de un marco de actuación para afrontar la necesaria adaptación del ciclo urbano del agua al cambio climático se entiende como la oportunidad para proponer un nuevo paradigma de planificación de actuaciones desde una perspectiva integral del ciclo urbano del agua (Franco-Torres et al., 2021), adoptando para ello un enfoque de mejora de la resiliencia frente al cambio climático (Kirshen et al., 2018).

Basándose en estos principios, la Guía, tomando como referencia las bases metodológicas de la Directiva Marco del Agua, la Gestión Integrada del ciclo urbano del agua, la evaluación de riesgos, la participación y la gobernanza, realiza una propuesta de marco de actuación para la adaptación al cambio climático. La propuesta se estructura en base a las cinco fases identificadas como los pasos fundamentales de un proceso de planificación integral para la adaptación al cambio climático del ciclo urbano del agua, incluyendo una serie de sesiones de participación que habrán de incorporarse sucesivamente en el transcurso del proceso de planificación. De este modo, se modifica el reparto convencional de atribuciones propio del enfoque tecnocrático de gestión, evolucionando hacia una toma de decisiones participada que incorpore una nueva cultura de organización capaz de afrontar el principio de incertidumbre como elemento esencial de la gestión de riesgos (Fletcher et al., 2017; Nikolopoulos et al., 2022; Stakhiv, 2011).

El cambio climático impone nuevos desafíos a la gestión del ciclo urbano del agua, exigiendo un enfoque de adaptación que priorice la protección de las fuentes de suministro, la resiliencia de los sistemas urbanos y la sostenibilidad de los recursos hídricos. En este contexto, la Guía de AEOPAS se presenta como una herramienta para la planificación de estrategias de adaptación, proporcionando un marco metodológico basado en la evaluación de riesgos hidroclimáticos, la integración de soluciones basadas en la naturaleza y el fortalecimiento de la gobernanza en la gestión del agua. Su enfoque reconoce la interdependencia entre fenómenos extremos, vulnerabilidad y capacidad de respuesta, planteando un modelo que trasciende la lógica tradicional de infraestructura rígida para adoptar una planificación flexible ante la incertidumbre.

A pesar de la existencia de un potente marco institucional a nivel europeo y nacional, la ausencia de un marco regulador específico para la planificación hidrológica del ciclo urbano del agua en España dificulta la implementación de estas estrategias de forma coordinada y efectiva. La Guía propone superar esta fragmentación mediante un enfoque integral de gestión del agua, en el que la recuperación de las masas de agua, la planificación del riesgo, la participación social y la resiliencia sean ejes centrales.

2. AGUA Y CAMBIO CLIMÁTICO

Las relaciones entre el cambio climático y el agua han sido ampliamente estudiadas y analizadas en informes y trabajos de referencia a nivel internacional. Documentos como los informes de evaluación del Panel Intergubernamental sobre Cambio Climático (IPCC, por sus siglas en inglés), los estudios temáticos de diversos organismos de Naciones Unidas¹², la Evaluación Europea de Riesgos Climáticos (EUCRA) o las *Orientaciones Estratégicas de Agua y Cambio Climático* elaboradas por el Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico ofrecen un marco de análisis detallado sobre los impactos del cambio climático en los sistemas hídricos.

Sin embargo, en el ámbito de los sistemas de agua urbana, la evaluación del impacto del cambio climático se ha abordado de manera fragmentada, enfocándose en su incidencia sobre elementos aislados del ciclo. Los estudios y documentos existentes suelen centrarse en riesgos específicos, como sequías, inundaciones o temperaturas extremas, y en sus efectos sobre aspectos concretos, como el abastecimiento, las infraestructuras o la salud pública. Esta aproximación sectorial ha dificultado una visión integrada del problema, impidiendo comprender las interacciones entre los distintos componentes de los sistema de agua urbana y limitando el desarrollo de estrategias de adaptación eficaces frente a los desafíos climáticos.

Por ello, este capítulo aborda las relaciones entre el agua y el cambio climático con una visión estructurada y desde una perspectiva sistémica. En primer lugar, se realiza una caracterización de los riesgos hidroclimáticos, definiendo sus componentes clave y su evolución en el tiempo. A continuación, se define la situación de partida, fundamentada en los datos más recientes del Sexto Informe de Evaluación del IPCC (IPCC, 2022) y la evaluación europea del riesgo climático³, que permite contextualizar los impactos del cambio climático en la esfera del agua. Finalmente, se analizan las implicaciones concretas de estos cambios sobre el sistema de agua urbana, identificando los principales efectos sobre los servicios ecosistémicos, las infraestructuras y servicios y los usuarios.

1 Informe Mundial de las Naciones Unidas sobre el Desarrollo de los Recursos Hídricos 2020: agua y cambio climático de la UNESCO.

2 Climate Change Adaptation and Integrated Water Resources Management (2015) del Programa de las Naciones Unidas Para el Desarrollo.

3 European Climate Risk Assessment, 2024.

2.1. Riesgos hidroclimáticos: conceptos centrales

La diversidad, complejidad y dinámica en la definición y aplicación de los conceptos relacionados con los riesgos hidroclimáticos (vulnerabilidad, exposición y sensibilidad), se han reflejado en la evolución de estos términos tanto en los debates académicos, como en la bibliografía oficial de referencia elaborada por las instituciones competentes, desde el IPCC a la Oficina Española de Cambio Climático (en adelante OECC).

De este modo, para poder profundizar adecuadamente en las consecuencias del cambio climático en la esfera del agua, es condición necesaria realizar un breve análisis de la evolución y definición de estos conceptos clave relativos a la perspectiva de riesgo aplicada al cambio climático.

2.1.1. Definición de riesgo desde la perspectiva del cambio climático

El riesgo climático ha sido definido tradicionalmente en la literatura más técnica como una combinación del **peligro** y de la **vulnerabilidad**. La primera como el fenómeno climático que representa una amenaza (lluvias torrenciales, sequías, olas de calor, etc.), y la segunda identificada con la *exposición* física de personas y/o bienes a estos fenómenos naturales (Saurí, 2003). A finales de los 80s y principios de los 90s aparecen los primeros trabajos que incorporan la denominada **sociología del riesgo** (Beck, 1992), en los que, sin negar que el riesgo está vinculado a fenómenos físicos, se plantea que el desastre resulta de la combinación del riesgo con factores sociales, institucionales y políticos (Hewitt, 1997; Mileti, 1999).

El riesgo comienza entonces a interpretarse más como un proceso histórico que como la consecuencia de un fenómeno natural aislado en el tiempo y en el espacio (Hewitt, 1997), y que surge incluso antes que el agente climático que

desencadena el desastre, de la interacción entre el sistema natural y el sistema humano (Saurí, 2003). El IPCC, ya en su informe especial de 2012 señalaba:

“La naturaleza y la gravedad de los impactos debidos a fenómenos climáticos extremos no dependen solo de los propios fenómenos sino también de la exposición y la vulnerabilidad. (...) Los fenómenos climáticos extremos, la exposición y la vulnerabilidad están influenciados por una amplia gama de factores, incluidos el cambio climático antropogénico, la variabilidad natural del clima y el desarrollo socioeconómico. La gestión de riesgos de desastre y la adaptación al cambio climático se centran en la reducción de la exposición y la vulnerabilidad y el aumento de la resiliencia a los posibles impactos adversos de los fenómenos climáticos extremos.”
(IPCC, 2012, p.2)

Este informe reconoce, además, que los fenómenos relacionados con el cambio climático producen eventos extraordinarios, pero no necesariamente desastres; estos se dan cuando estos eventos afectan a población vulnerable expuesta a ellos, avanzando en la necesidad de enfocarse en los procesos de desarrollo y sus implicaciones sobre la vulnerabilidad (Birkmann 2013; Vargas y Paneque, 2017).

Actualmente, el IPCC (2022) y la OECC (2022) definen el **riesgo** como la posibilidad de que se produzcan consecuencias adversas para los sistemas humanos o ecológicos, siendo esas consecuencias lo que denominamos *impactos*. Las consecuencias adversas incluyen impactos sobre la vida, los medios de subsistencia, la salud y el bienestar, los activos económicos, sociales y culturales, la infraestructura, los servicios, los ecosistemas y las especies. Tal y como se refleja en las figuras 1 y 2, en el contexto del cambio climático, el **riesgo climático** puede entenderse como el resultado de interacciones dinámicas entre los **peligros** relacionados con el clima y la **exposición** y la **vulnerabilidad** de los sistemas humanos y ecológicos afectados por aquellos. El 6º informe del IPCC (2022) presta especial atención a la naturaleza intrínsecamente compleja del **riesgo climático** y sus componentes, que incluyen retroalimentaciones, efectos en cascada, comportamientos no lineales y potenciales imprevistos. La naturaleza dinámica del

riesgo y de sus determinantes es una dimensión importante de la complejidad, introduciéndose ahora también como nuevo factor las **respuestas** (IPCC, 2022). Para poder comprender adecuadamente esta conceptualización, definiremos y analizaremos cada una de las componentes del riesgo climático.

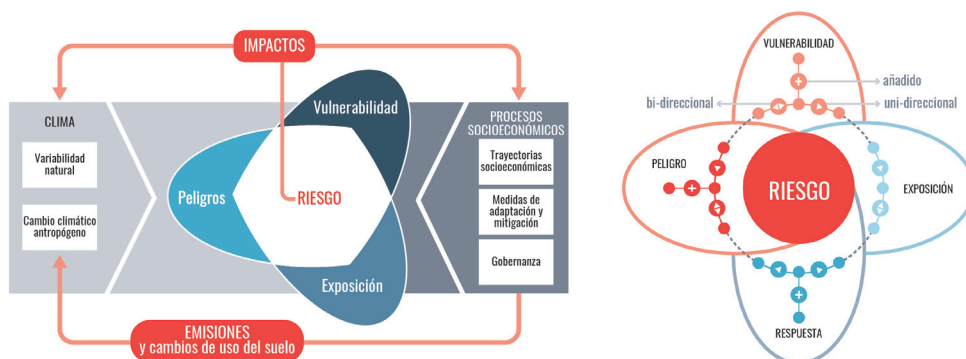


Figura 2 y 3. Esquemas explicativos de los componentes del riesgo. Fuente: IPCC (AR5, 2014) / (AR6, 2022).

2.1.2. Componentes de los riesgos hidroclimáticos

El **peligro o amenaza** se define como la ocurrencia potencial de un evento o tendencia física, natural o inducida por el ser humano, que puede causar la pérdida de vidas, daños u otros impactos. En nuestro caso, el término se refiere a **peligros hidroclimáticos**, como las lluvias torrenciales, sequías o temperaturas extremas. Los peligros se ven afectados por los cambios actuales y futuros del clima, incluida la alteración de la variabilidad climática y los cambios en la frecuencia e intensidad de los fenómenos extremos. El **peligro climático** suele provenir de un evento extremo, de carácter coyuntural, que puede ser característico del clima de una zona, ahora intensificado por el cambio climático. Sobre el **peligro** carecemos de capacidad de intervenir, más allá de las políticas de mitigación del cambio climático a largo plazo.

La interacción de estos **peligros climáticos** con condiciones de **vulnerabilidad** y **exposición** de los sistemas humanos será lo que genere posibles

impactos. Como hemos indicado previamente, el concepto de **vulnerabilidad** ha ido evolucionando en el tiempo, definiéndose actualmente, en este contexto, como la propensión o predisposición de las personas, ecosistemas y los bienes y servicios (económicos, sociales o culturales) a ser afectados negativamente por el cambio climático (IPCC, 2022). A partir de Adger (2006) muchos autores definen la **vulnerabilidad** como combinación de tres componentes:

- **exposición a la amenaza climática**, que se refiere a la presencia de personas, ecosistemas, funciones, servicios o activos en lugares y entornos que podrían verse afectados negativamente (como por ejemplo la localización de urbanizaciones en zonas inundables);
- **sensibilidad o susceptibilidad al daño**, entendida como las condiciones propias de los sistemas que condicionan el grado en que pueden verse afectados por el cambio climático (relacionadas, por ejemplo, con las condiciones socio-económicas de la población);
- **capacidad de afrontar el daño y de adaptarse**, entendiendo la primera como los recursos y habilidades para la gestión del riesgo a corto y medio plazo (como planes de emergencia o infraestructuras de defensa); y la segunda, como el proceso de ajuste al clima real o previsto y a sus efectos para moderar los daños o aprovechar las oportunidades beneficiosas (como actuaciones de restauración fluvial).

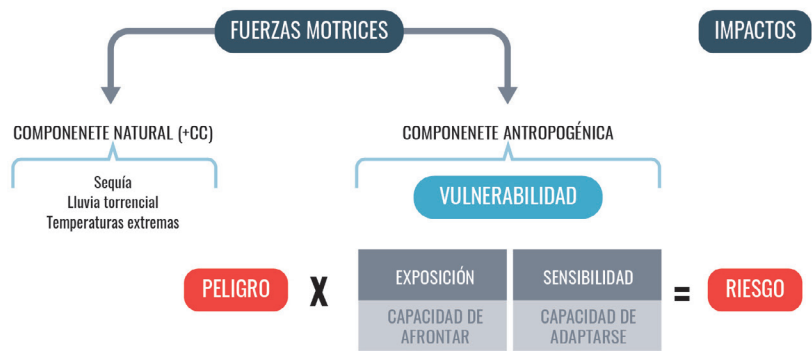


Figura 4. Componentes del riesgo frente al cambio climático. Fuente: adaptado de Martín y Paneque (2022).

Estas componentes, a su vez, se caracterizan a través de sus dimensiones social, física, institucional, económica y tecnológica, cuya concreción dependerá en gran medida del **riesgo** respecto al que estemos realizando este análisis. Como se observa en la figura 2 y 3, desde el 5º informe del IPCC (2014), este organismo identifica la **exposición** como componente diferenciado respecto a la **vulnerabilidad**, si bien el último informe insiste en las interacciones entre estos factores (IPCC, 2022).

En cualquier caso, la **vulnerabilidad** y la **exposición** suelen tener un carácter estructural, agravado a veces por procesos socio-económicos y relacionados con el uso del territorio y los recursos. Los procesos de expansión urbana, por ejemplo, han implicado en las últimas décadas una mayor **exposición** a riesgos hidroclimáticos, debido al incremento de la demanda de agua o la ocupación de zonas inundables. A la vez, y muy especialmente tras la crisis de 2008, se han intensificado situaciones de **vulnerabilidad** socio-económica, tanto en la población como a nivel institucional, donde la capacidad de inversión se ha visto mermada. Todo ello, combinado con la intensificación de los **peligros** como consecuencia del cambio climático, ha contribuido a un incremento generalizado de los **riesgos** hidroclimáticos y sus **impactos**.

Para poder analizar estos fenómenos resulta clave, y no siempre sencillo, distinguir claramente entre **peligro**, **vulnerabilidad**, **riesgo** e **impactos**. De lo expuesto hasta ahora se deduce que los **impactos** pueden derivarse de la ocurrencia de **riesgos** hidroclimáticos. Estos resultan de una combinación del fenómeno natural, el **peligro**, intensificado ahora por el cambio climático, y de la componente antropogénica del riesgo, relacionada con factores de **vulnerabilidad** (y como parte de ella la **exposición**), de carácter estructural, y sobre la cual sí existe capacidad de intervención. Sin pretender ser exhaustivos, en la tabla 1 se proporcionan algunos ejemplos que podrían ayudar a ilustrar estos conceptos.

Peligro	Factores de vulnerabilidad	Riesgo	Impactos
Sequía	Nivel de pérdidas en la red. Demandas por encima de los recursos disponibles Pobreza hídrica.	Escasez de agua.	Deterioro de la calidad del agua. Incremento de los costes de explotación. Cortes de suministro. Afecciones a la salud humana.
Lluvias torrenciales	Ocupación de zonas inundables. Impermeabilización de suelos.	Inundación fluvial. Inundación pluvial.	Pérdida de vidas humanas. Daños económicos. Transmisión de enfermedades por desbordamientos del saneamiento.
Temperaturas extremas	Efecto Isla de Calor Urbana. Edad, género, pobreza, enfermedades... Exposición al sol.	Olas de calor.	Incremento de la evapotranspiración. Disminución de recursos hídricos disponibles. Deterioro de la calidad del agua. Afecciones a la salud humana (Golpes de calor, etc).

Tabla 1. Ejemplos de factores de vulnerabilidad e impactos de cada uno de los riesgos hidroclimáticos.

Como resultado de la combinación de los factores de **vulnerabilidad**, los **riesgos** pueden variar entre comunidades y también entre personas dentro de las sociedades, dependiendo, por ejemplo, de las desigualdades que se superponen y de factores específicos del contexto como la cultura, el género, la discapacidad o las redes socio-institucionales (Carr & Thompson, 2014), así como de las condiciones geográficas y de la distribución espacial.

De este modo, las políticas de **adaptación** al cambio climático se enfocarán especialmente en la reducción de las condiciones de **exposición y vulnerabilidad** de aquellos elementos susceptibles de sufrir un mayor **impacto** como consecuencia de determinados **riesgos**. Resulta clave, por lo tanto, realizar una adecuada evaluación de la **vulnerabilidad** y la **exposición** para poder identificar y priorizar aquellas áreas y grupos para los que las medidas de **adaptación** resultan más necesarias y urgentes.

Por otra parte, la naturaleza compleja del riesgo hace que las **respuestas** que se den puedan generar a su vez nuevos riesgos, incrementar los existentes o generar efectos no deseados en otras partes del sistema, en el fenómeno que conocemos como la **maladaptación**. Esta **maladaptación** puede incluir el aumento de las emisiones de gases de efecto invernadero, el aumento de la vulnerabilidad al cambio climático, mayor desigualdad o disminución del bienestar actual o futuro (OECC, 2022). Ejemplos de ello serían los aires acondicionados, por su alto consumo energético debido, entre otros factores, a un bajo aislamiento de las edificaciones, o la intensificación del riesgo de inundación sobre poblaciones aguas abajo como consecuencia de la canalización de cursos de agua.

Del mismo modo, también se pueden producir interacciones entre las **respuestas** que generen co-beneficios para otros objetivos, tales como la salud y el bienestar, a la vez que mejoran la adaptación al cambio climático (IPCC, 2022), como podrían ser los tejados verdes o la restauración de cauces fluviales.

2.2. Cambio climático: situación de partida a la luz del Sexto informe del IPCC

El cambio climático constituye una de las mayores amenazas globales, con efectos observados y proyectados que transforman el sistema climático y los recursos hídricos. Según el Sexto Informe del IPCC, las emisiones antropogénicas de gases de efecto invernadero (GEI) han elevado las temperaturas globales en 1.09°C desde la era preindustrial. Este aumento, acelerado desde la década de 1970, ha desencadenado cambios profundos en la temperatura, las precipitaciones, los ecosistemas y la criosfera.

El año 2023 fue el más cálido registrado en más de 100,000 años, con una temperatura media 1.48°C por encima de los niveles preindustriales. Europa, el continente que se calienta más rápido, muestra un ritmo de incremento térmico doble que la media global desde los años 80. Este calentamiento ha intensificado eventos extremos como olas de calor, sequías y lluvias torrenciales, y ha alterado la distribución de las precipitaciones. Estas tendencias se reflejan en un aumento del nivel del mar (3.7 mm/año entre 2006-2018) y en la acidificación de los océanos.

En España, las temperaturas medias han aumentado en 1.7°C desde la era preindustrial. Los años más cálidos han ocurrido en el siglo XXI, con eventos extremos cada vez más frecuentes. Entre 1961-1990 y 1981-2010, las áreas con clima semiárido crecieron en 30,000 km², afectando regiones como Castilla-La Mancha, el sureste peninsular y el valle del Ebro.

La precipitación ha mostrado una reducción global moderada, con un adelanto de las lluvias primaverales y una disminución significativa en verano. Además, la temperatura superficial del Mediterráneo ha aumentado 0.34°C por década desde los años 80, mientras que el nivel del mar en las costas españolas ha subido hasta 3.6 mm/año.

Otro de los principales indicadores de cambio tiene que ver con la disminución de los caudales medios de los ríos, que en el período 1966-2005, ha sido de 1,45% por año, con reducciones que se concentran durante la primavera y el verano (PNACC 2021-2030).

Tal como se reconoce en el informe de evaluación de riesgos de la UE, Europa se enfrenta a fenómenos climáticos extremos peores de lo previsto, en un contexto de importantes cambios sociales y económicos y aumento de la exposición y la vulnerabilidad.

Nos enfrentamos a un futuro incierto y complejo.

Las distintas simulaciones climáticas indican que el clima global seguirá cambiando en el futuro y el ritmo del cambio dependerá de la evolución de las emisiones globales de gases de efecto invernadero, que estará vinculado a su vez a los supuestos socioeconómicos, los niveles de control de la contaminación del aire y los niveles de mitigación del cambio climático (figura 5).

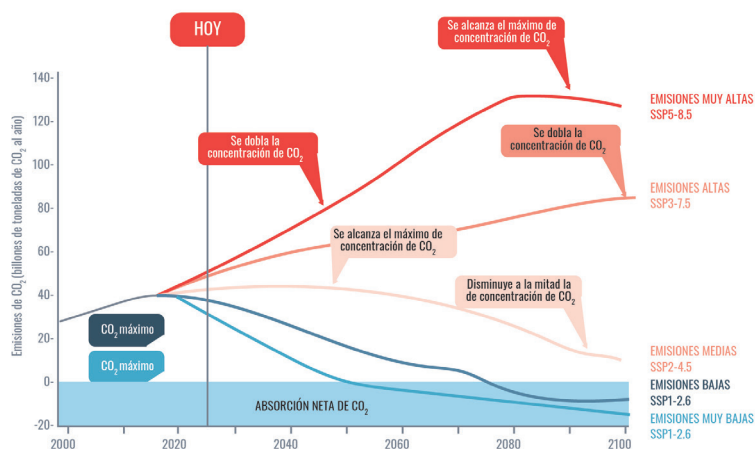


Figura 5. Evolución de las emisiones futuras. Fuente: Elaboración propia a partir de la Guía Resumida del Sexto Informe de Evaluación del IPCC, Grupo I.

Los cambios proyectados en escenarios futuros exacerbaban aquellos que se han observado y registrado durante décadas. La temperatura global en un futuro próximo aumentará en el mejor de los casos en 1,5 °C (2021-2040), mientras que en el largo plazo (2081-2100) el aumento se sitúa entre los 1.4 °C y 2.7 °C y hasta los 4.4 °C en el peor de los escenarios.

En el peor de los escenarios, los cambios proyectados dibujan un escenario climático en España en el que se extenderá el clima desértico y semiárido de tipo cálido por la mitad oriental de la Península Ibérica y en la cornisa cantábrica se generalizará el clima mediterráneo.

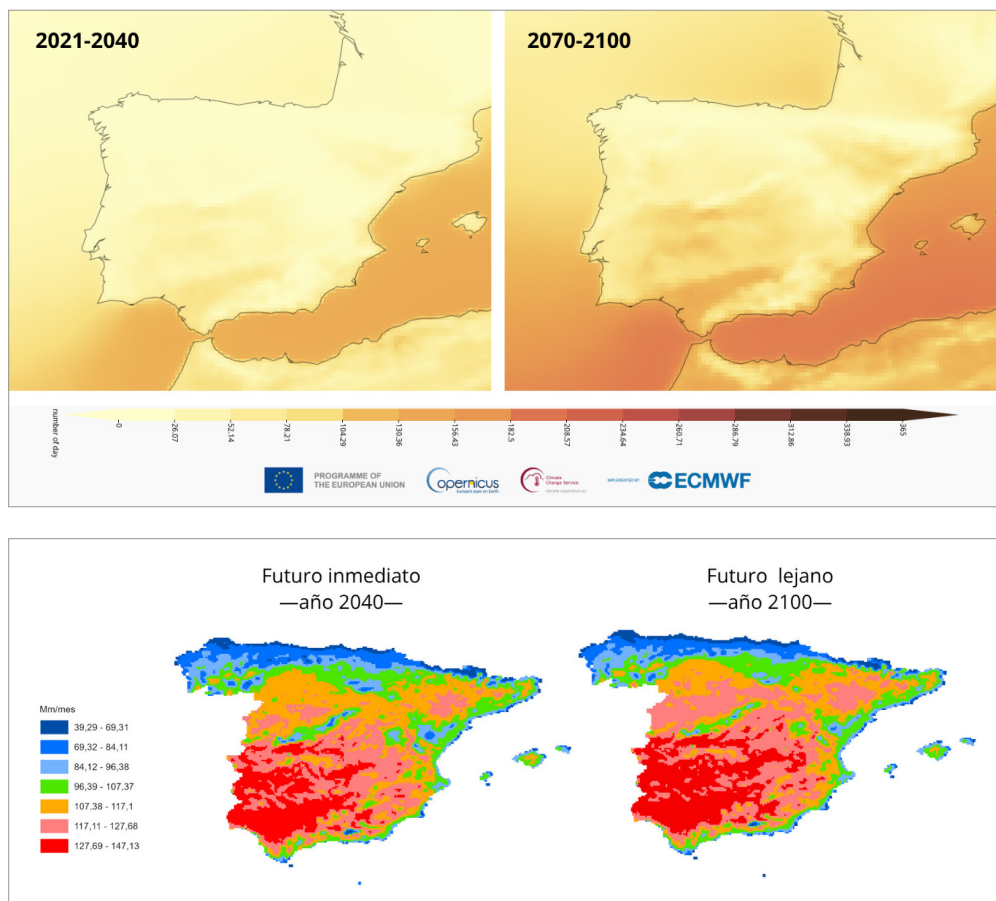


Figura 6. Imagen superior: Evolución del número de noches tropicales en la península ibérica 2040-2100. Cordex -EUR-II-Climatology-RCP8.5. Fuente: Atlas Climático Interactivo Copernicus y elaboración propia. Imagen inferior: Evolución de la evapotranspiración entre 2040-2100 en la España peninsular y las Islas Baleares. Cordex -EUR-II-Climatology-RCP8.5. Fuente: Visor de escenarios de cambio climático de la Adaptatecca y elaboración propia.

En la situación actual el cambio climático ya está provocando impactos sobre ecosistemas, el sistema socioeconómico y la calidad de vida de los seres humanos y en un futuro a medio plazo ¿cuáles serán los riesgos e impactos predecibles?

Los peligros relacionados con el clima, como lluvias torrenciales, sequías o temperaturas extremas, interactúan con factores de riesgo no climáticos, tales como la fragmentación de ecosistemas, la contaminación, prácticas agrícolas insostenibles, el actual modelo de gestión y uso del agua, los patrones de uso del suelo, la creciente urbanización o las desigualdades sociales (figura 7). Esta interacción pone en riesgo la seguridad alimentaria, la salud pública, los ecosistemas, la infraestructura y la economía de Europa. Los impactos climáticos pueden propagarse en cascada de un sistema o región a otro, afectando tanto a Europa como al resto del mundo, y viceversa. Estas cascadas de riesgo climático pueden generar desafíos a nivel sistémico que afectan a sociedades enteras, siendo los grupos sociales vulnerables los más afectados.

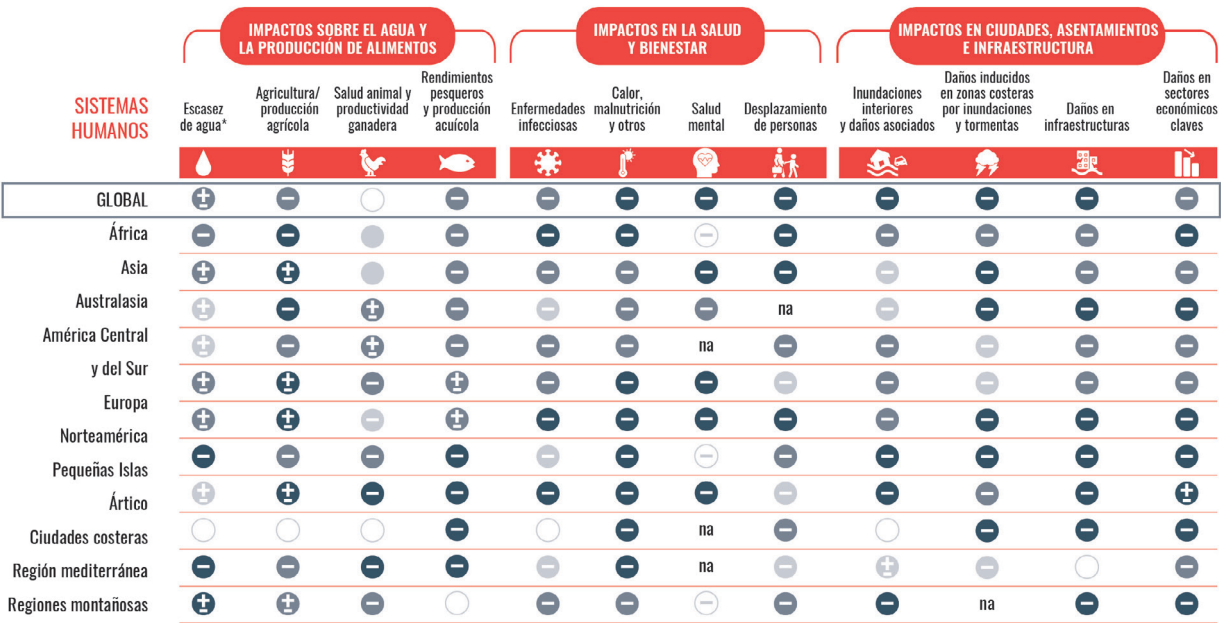


Figura 7. Impactos observados del cambio climático en sistemas humanos. Fuente: Elaboración propia a partir del Informe Grupo de Trabajo II del IPCC (2022).

2.3. El cambio climático sobre la esfera del agua

El ciclo hidrológico del agua es el movimiento natural y continuo de este recurso a través del sistema climático en sus varias formas, líquida, sólida y gaseosa entre el océano, la atmósfera, criosfera y el suelo, que constituyen las reservas de agua de la tierra.

El cambio climático puede alterar el ciclo hidrológico de varias maneras como un aumento en la nubosidad y cambio en los flujos de calor, que resultan en mayor evapotranspiración y eventos de precipitaciones extremas, más frecuentes e intensas (sequía, tormentas e inundaciones). Además, el cambio climático puede resultar en un cambio significativo en la distribución espacial y temporal de las precipitaciones, que se traducen en importantes desafíos, sin precedentes, en la gestión de la disponibilidad de los recursos hídricos a escala global, regional y local.

El sexto informe del IPCC (AR6) conecta los elementos climáticos y el ciclo hidrológico (Figura 8) como se visualiza en la siguiente figura (Fuente: datos del IPCC y elaboración propia).

Los cambios proyectados sobre la esfera del agua de acuerdo con el sexto informe del IPCC (AR6) incluyen un aumento de la humedad atmosférica ya que el calentamiento del aire contribuye a la retención de humedad, 2-3% por cada aumento de grado centígrado. Esto resulta en precipitaciones extremas, pero que no necesariamente se traducen en una frecuencia de precipitaciones regular. Al contrario, el cambio climático alterará los patrones de distribución de las precipitaciones, con zonas más secas y otras más húmedas. El cambio de temperatura también afectará a la evaporación y a la humedad del suelo. El cambio proyectado en la humedad del suelo aumentará y disminuirá dentro del rango del 20%, aunque se espera el predominio de la tendencia a suelos más secos, respecto a suelos más húmedos. Por su parte, la criosfera (glaciares, nieve, permafrost), es uno de los indicadores más sensibles al cambio climático, y la tendencia desde finales del siglo XX a inicios del siglo XXI ha mostrado una rápida disminución de estos recursos.

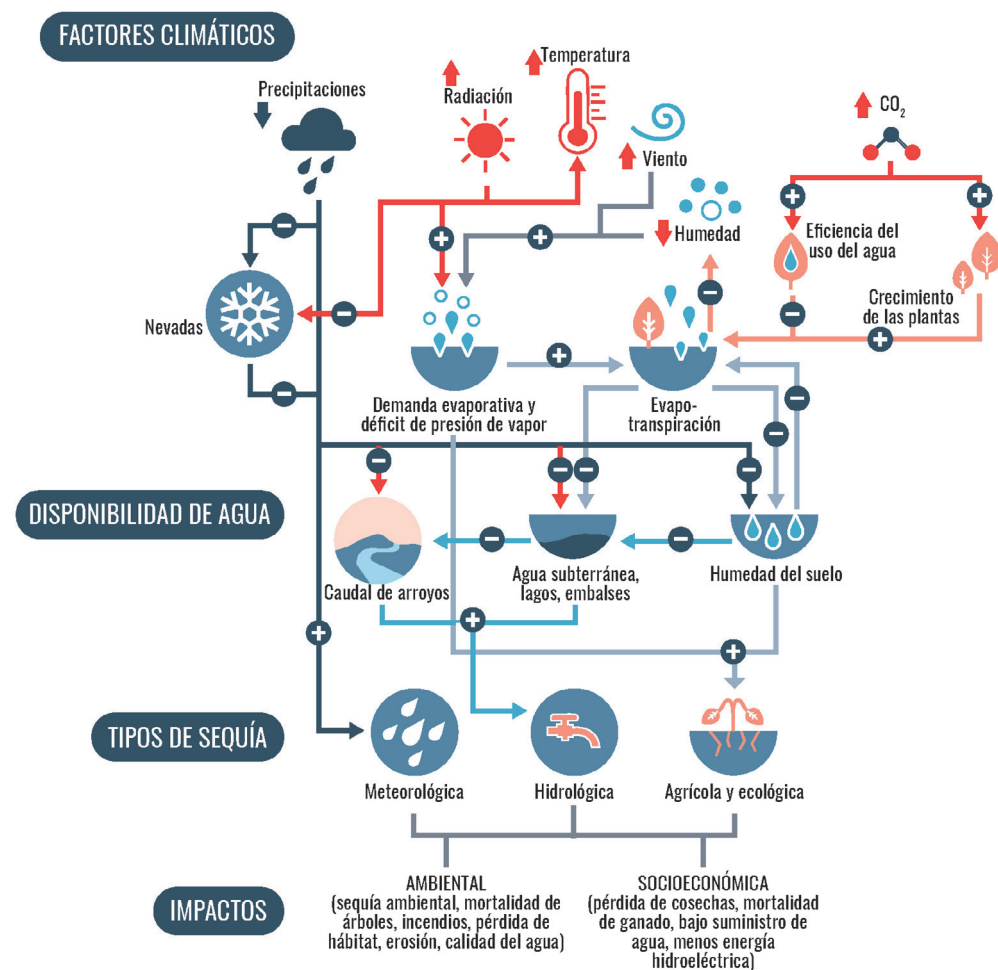


Figura 8. Factores climáticos que impulsan la sequía, efectos sobre la disponibilidad de agua e impactos. Adaptado del adaptado del Sexto Informe IPCC, 2021.

Estos cambios afectan a elementos claves del ciclo hidrológico como son:

- i los caudales de los ríos, que son fundamentales para mantener los ecosistemas acuáticos y de ribera;
- ii la escasez de recursos hídricos para el consumo humano y para las actividades económicas y sociales que dependen de la disponibilidad de este recurso, como la agricultura y
- iii el aumento del riesgo y la frecuencia de eventos extremos como las inundaciones y las sequías.

Dentro del territorio español, las proyecciones sobre el ciclo del agua no difieren de las resultantes del AR6 del IPCC. Alimentando los modelos hidrológicos con los datos derivados de las proyecciones de cambio climático, las principales tendencias identificadas sobre el ciclo del agua de acuerdo con lo analizado en el PNACC son:

- **Aumento de la evapotranspiración potencial en todo el territorio.**
- **Disminución de los caudales medios de los ríos**, con disminuciones para la mayoría de las cuencas, mayores a medida que avanza el siglo y en los escenarios de mayores emisiones. Las proyecciones resultan más desfavorables en las cuencas andaluzas y en las islas.
- **Disminución de la recarga de los acuíferos:** según un estudio realizado por la Comisión Europea, se estima que, para un calentamiento global de 2°C, la recarga de los acuíferos en el país podría reducirse en 3.272 hm³/año, lo que equivaldría a un 15% de la cantidad de agua que anualmente se extrae para los regadíos desde ríos y acuíferos.
- **Incremento de sequías:** las proyecciones climáticas muestran un futuro en el que las sequías serían más largas y frecuentes. Las sequías de 2 años de duración serían más frecuentes y lo mismo ocurriría con las sequías de 5 años de duración.

- **Lluvias torrenciales e inundaciones:** la reducción de las precipitaciones medias anuales no conlleva necesariamente una disminución de los extremos, de hecho, se prevé un aumento de los episodios de lluvias torrenciales e inundaciones en algunas zonas. Estas precipitaciones, debido a su escasa duración, no favorecen la recarga de acuíferos, lo que reduce su efecto regulador del ciclo hidrológico.

Los cambios producidos sobre el ciclo hidrológico a causa del cambio climático, han resultado en una serie de impactos ambientales, sociales y económicos (figura 9). Algunos de estos impactos ya se están observando en el presente, mientras que otros, a través de varios modelos y análisis, se proyectan y/o intensifican en el futuro.

Los impactos proyectados relacionados al ciclo hidrológico, según el sexto informe del IPCC (AR6) se clasifican en impactos sobre los ecosistemas acuáticos y biodiversidad, la seguridad hídrica, la salud y el bienestar, las ciudades, asentamientos e infraestructuras, y los sectores socioeconómicos.

El cambio climático está transformando, sin lugar a duda, el ciclo del agua, con consecuencias tanto para los ecosistemas y la biodiversidad, como también para la sociedad.

El calentamiento global resulta en un aumento de la evaporación que se traduce en eventos extremos como las lluvias torrenciales en algunas regiones, mientras que en otras ocurre lo opuesto y se exponen a períodos de sequía cada vez más duraderos.

Los ecosistemas acuáticos se ven alterados en sus propiedades biológicas, químicas y físicas, produciendo un desplazamiento de especies y una alteración de hábitats significativa. Ello va acompañado de una alteración de los caudales de los ríos del cual depende el equilibrio del ecosistema acuático y los servicios ecosistémicos que ofrece.

La escasez de los recursos hídricos trae consecuencias devastadoras para la población, con el aumento de la inseguridad hídrica, la reducción en la disponibilidad de alimentos, el aumento de enfermedades relacionadas al agua, y también la pérdida económica en varios sectores. Por otra parte, el exceso de precipitaciones expone a la población, sobre todo a los grupos más vulnerables, a mayores riesgos de inundaciones y sus consecuencias ambientales, sociales y económicas.

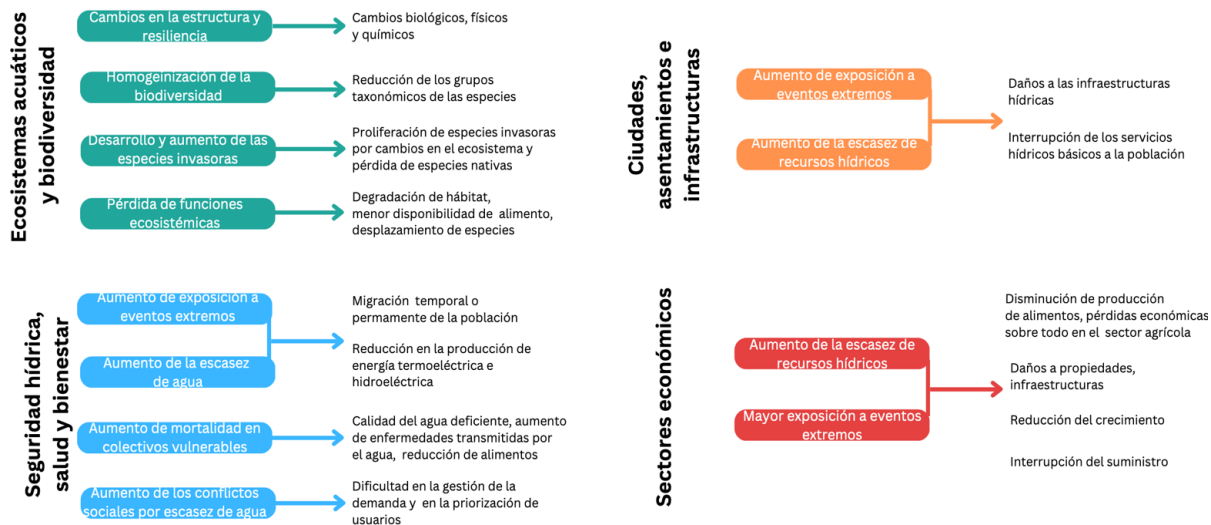


Figura 9. Principales interacciones e impactos del cambio climático en los grupos de evaluación del Sexto Informe del IPCC (AR6) y sus vínculos con el agua. Elaboración propia.

Abordar estos impactos requiere de un enfoque multi-disciplinar y de coordinación entre todos los actores involucrados, para desarrollar las medidas de adaptación necesarias para hacer frente a lo que ya estamos observando y a lo que está proyectado por venir con relación a los impactos sobre el ciclo del agua.

RECURSOS DE INTERÉS

IPCC Sexto Informe (AR6) <https://www.ipcc.ch/assessment-report/ar6/>

European Climate Risk Assessment- Orientaciones Estratégicas https://adaptecca.es/sites/default/files/documentos/european_climate_risk_assessment_report_unedited.pdf

Plan Nacional de Adaptación al Cambio Climático (PNACC) 2021-2030 <https://www.miteco.gob.es/es/cambio-climatico/temas/impactos-vulnerabilidad-y-adaptacion/plan-nacional-adaptacion-cambio-climatico.html>

UNESCO Desarrollo de los Recursos Hídricos – Agua y Cambio Climático 2020 <https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000373611>

2.4. Implicaciones del cambio climático en el sistema de agua urbana

La disponibilidad de agua, la provisión y uso de recursos hídricos y su correcto tratamiento y depuración en los asentamientos urbanos es una condición fundamental para garantizar el pleno disfrute de la vida y de todos los derechos humanos, así como contribuir al desarrollo socioeconómico y mejorar la salud y el bienestar social de las poblaciones.

El sistema de agua urbana, entendido como el complejo proceso que garantiza el acceso al agua y el saneamiento en los sistemas urbanos y los asentamientos y su correcta depuración, está igualmente expuesto a los efectos del cambio climático sobre el ciclo hidrológico y los impactos asociados (figura 10). Efectivamente, los actuales cambios en el régimen de temperaturas y en los patrones de precipitación que afectan a la escorrentía superficial, la evapotranspiración y recarga subterránea tienen implicaciones directas en las fuentes de abastecimiento y en la disponibilidad de recursos hídricos, que se agudizan con los fenómenos meteorológicos extremos (sequías, lluvias torrenciales y temperaturas extremas) y las presiones e impactos ya existentes en las distintas masas de agua.

Todo ello se manifiesta en una serie de impactos de diversa consideración sobre el sistema de agua urbana y sus distintas fases, desde la captación, tratamiento y distribución en alta, el abastecimiento en baja, el saneamiento y la depuración, hasta vertido final al medio. Consecuentemente, los efectos del cambio climático sobre el agua también se manifiestan en la provisión de los servicios del ciclo y los distintos usos urbanos.

Tal como ya se mencionó en los apartados precedentes, los principales peligros climáticos y riesgos asociados que impactarán sobre el sistema de agua urbana están vinculados con la agudización de los fenómenos meteorológicos extremos, lluvias torrenciales e inundaciones fluviales y pluviales, por un lado, y sequías y escasez de recursos, por otro, y los episodios de altas temperaturas que dan como lugar a episodios de olas de calor.

Para abordar los efectos del cambio sobre el sistema de agua urbana, la presente Guía propone un esquema de análisis que se basa y toma como referencia los grupos de impacto definidos en el Sexto Informe del IPCC y en la Evaluación de los Efectos del Cambio Climático en Europa y que se sintetiza de la siguiente manera:

- **Masas de agua y ecosistemas:** se corresponden con las fuentes de captación y suministro de recursos hídricos, representadas por las distintas masas de agua recogidas en la planificación hidrológica como lagos, ríos y aguas subterráneas.
- **Infraestructuras, ciudades y asentamientos urbanos:** se incluyen las infraestructuras y los servicios de los sistemas de agua urbana vinculados con la captación y potabilización, el abastecimiento en baja, el saneamiento, la depuración, reutilización y vertido al medio y sus vínculos con el diseño urbano.
- **Usuarios del agua:** se corresponde con los usos del agua vinculados al ciclo urbano, que comprenden el abastecimiento doméstico, las distintas actividades económicas, los usos vinculados a los equipamientos y zonas verdes públicas y, de forma particular, los colectivos vulnerables y la población en riesgo de exclusión social.

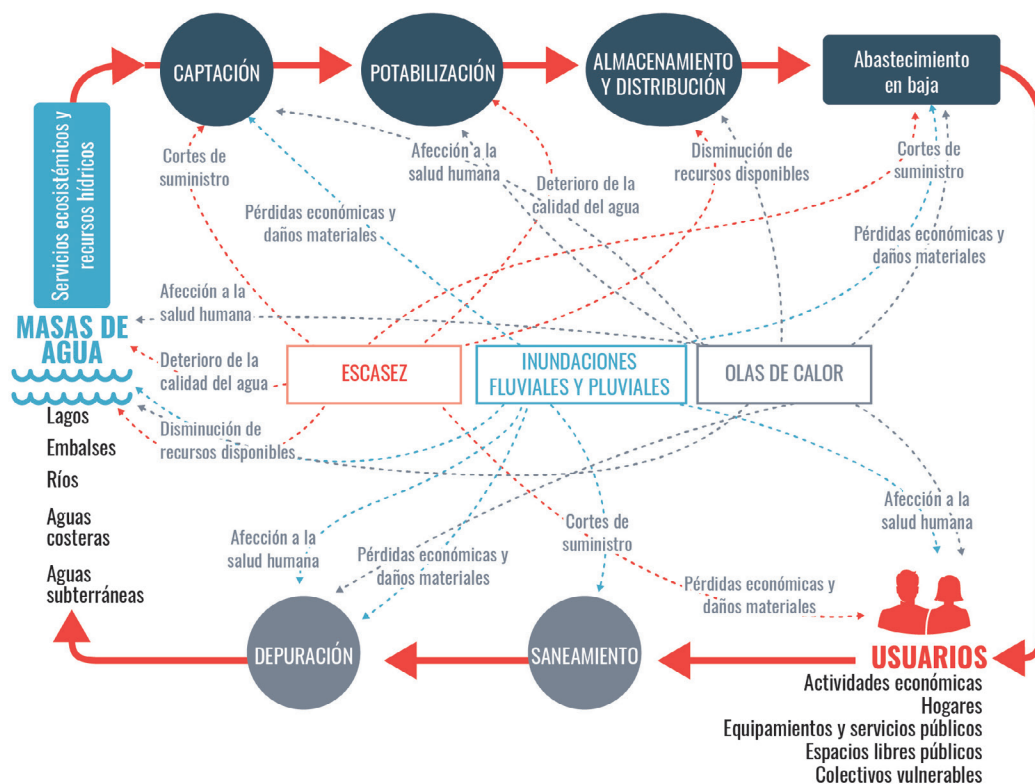


Figura 10. Relaciones de los riesgos hidroclimáticos con el sistema de agua urbana. Elaboración propia.

2.4.1. Impactos del cambio climático asociados a lluvias torrenciales e inundaciones

Las inundaciones derivadas de fenómenos meteorológicos extremos representan una de las principales amenazas del cambio climático para los sistemas hídricos y urbanos (tabla 2). Su impacto va más allá del aumento del caudal de los ríos o la acumulación de agua en entornos urbanos, ya que generan una serie de efectos en cascada que comprometen la calidad del agua, la funcionalidad de

las infraestructuras y la salud pública. En el contexto de los sistemas de agua urbana, estas inundaciones pueden alterar significativamente el abastecimiento, el saneamiento y la depuración, exponiendo a la población y a los ecosistemas a riesgos ambientales y sanitarios.

Las inundaciones de carácter pluvial y fluvial vinculadas a fenómenos meteorológicos extremos pueden tener un impacto severo en los ecosistemas acuáticos y terrestres. La carga contaminante procedente de sedimentos, aguas residuales urbanas y otras sustancias tóxicas que llega a ríos, lagos, embalses o aguas subterráneas durante episodios de inundaciones es un factor clave de deterioro de la calidad del agua, afectando a la biodiversidad y la salud de los ecosistemas acuáticos. Además, los ecosistemas costeros y de humedales pueden ser particularmente vulnerables, ya que las inundaciones alteran sus ciclos naturales y pueden llevar a la pérdida de hábitats críticos.

En el ámbito de los sistemas de agua urbana, las lluvias torrenciales, en función de la intensidad, la duración y las condiciones locales pueden causar inundaciones pluviales y fluviales significativas que afectan directamente a las infraestructuras críticas, como estaciones de potabilización, redes de distribución de agua potable y sistemas de saneamiento. Las infraestructuras urbanas, en particular, son vulnerables a la sobrecarga durante estos eventos, lo que puede llevar al fallo de estaciones de bombeo, la obstrucción de alcantarillas y la contaminación de los suministros de agua potable. Estos daños incrementan los costes de reparación y mantenimiento, además de interrumpir los servicios básicos, afectando la vida cotidiana de la población.

Además de los daños a infraestructuras, otro de los efectos de las inundaciones está vinculado con el corte y la interrupción de servicios básicos como el abastecimiento de agua potable y la depuración. Estas interrupciones pueden afectar tanto a usuarios domésticos como a servicios públicos y actividades económicas, además de afectar negativamente a los ecosistemas receptores (ríos, humedales, aguas costeras) de aguas residuales no depuradas debido a los daños en las infraestructuras.

Otro de los potenciales efectos de las inundaciones extraordinarias está relacionado con la salud pública y la propagación de enfermedades transmitidas por el agua. Las infraestructuras de saneamiento que se ven afectadas por inundaciones pueden liberar aguas residuales no tratadas en las fuentes de agua

potable, lo que aumenta el riesgo de brotes de enfermedades e infecciones gastrointestinales. Además, las condiciones húmedas y los estancamientos de agua que resultan de las inundaciones pueden favorecer la proliferación de vectores como mosquitos, aumentando la incidencia de enfermedades.

Grupo de impacto	Factores de vulnerabilidad	Interacción	Impacto principal
Servicios ecosistémicos.	Masas de agua en mal estado.	Contaminación de los recursos hídricos causada por el desbordamiento de las infraestructuras de agua y saneamiento.	Deterioro de la calidad del agua y afecciones a la salud humana.
		Contaminación de las aguas superficiales y subterránea asociada a episodios extraordinarios de inundaciones y/o escorrentía urbana.	Deterioro ecológico de ecosistemas acuáticos y masas de agua.
Infraestructuras y servicios.	Infraestructuras de abastecimiento, saneamiento y depuración en zonas inundables. Sistemas de drenaje inadecuados.	Daños y averías en sistemas de captación en alta.	Cortes de suministro
		Daños y averías en el sistema de abastecimiento.	Cortes de suministro.
		Afección a la movilidad urbana debido al aumento de las incidencias en las redes de saneamiento.	
		Daños en EDAR y EBAR causados por los arrastres de los materiales retenidos en los colectores.	Pérdidas económicas y daños materiales.
		Incremento en el consumo de energía (aireación, bombeos de elevación y pluviales) y de reactivos asociados al proceso.	
		Inundaciones ante el fallo de suministro eléctrico o la falta de la capacidad de bombeo.	Deterioro del servicio.
		Interrupción en servicios y daños en infraestructuras urbanas.	
		Incremento de los costes por los daños materiales en las infraestructuras (fallos electromecánicos, etc.).	Pérdidas económicas y daños materiales.
		Contaminación de las aguas superficiales y subterránea asociada a episodios extraordinarios de inundaciones y/o escorrentía urbana.	

Grupo de impacto	Factores de vulnerabilidad	Interacción	Impacto principal
Usuarios	Ubicación de edificaciones en zonas de riesgo.	Daños en edificaciones residenciales por inundaciones.	
	Localización de servicios esenciales en zonas inundables.	Daños a propiedades e infraestructuras urbanas.	Pérdidas económicas y daños materiales.
	Exposición de colectivos vulnerables.	Interrupción de servicios esenciales (colegios, hospitales, centros de día, etc.).	Afecciones sobre la salud y la calidad de vida.
		Accidentes.	Afecciones sobre la salud y pérdidas humanas.

Tabla 2. Relación de peligros, grupos de impacto e interacciones de las inundaciones con los sistemas de agua urbana.

2.4.2. Impactos del cambio climático asociados a la sequía y escasez de agua

Las sequías y la escasez de agua son fenómenos cada vez más frecuentes e intensos en el contexto del cambio climático, con consecuencias significativas tanto para los ecosistemas acuáticos como para los sistemas de abastecimiento urbano. La reducción de los recursos hídricos no solo compromete la cantidad de agua disponible, sino que también deteriora su calidad, afectando la biodiversidad y los servicios ecosistémicos esenciales. En el ámbito de los sistemas de agua urbana, la disminución de caudales y reservas impacta directamente en la capacidad de abastecimiento, el saneamiento y la calidad del agua potable, generando desafíos tanto para la gestión de infraestructuras como para la garantía del suministro a la población y las actividades económicas. Se recoge a continuación una breve caracterización de los riesgos climáticos asociados a las sequías en el sistema de agua urbana (tabla 3).

Las sequías prolongadas y las situaciones de escasez pueden ejercer una presión importante sobre los ecosistemas acuáticos, disminuyendo la calidad y cantidad de agua disponible, que afecta negativamente a la biodiversidad y la salud de los hábitats naturales. La disminución de los niveles de agua en ríos y embalses puede llevar a una mayor concentración de nutrientes, lo que promueve la eutrofización y el crecimiento de algas nocivas, tal como se ha observado en muchas zonas destinadas a abastecimiento urbano. Estos procesos pueden alterar la estructura y función de los ecosistemas, reduciendo su capacidad para proporcionar servicios esenciales como la purificación del agua, la regulación del clima y la protección de la biodiversidad.

La sequía prolongada también puede afectar gravemente las infraestructuras de abastecimiento de agua y saneamiento. La disminución del caudal de los ríos y las reservas en embalses junto con el agotamiento de las reservas de agua subterránea pueden limitar el suministro de agua para las plantas de tratamiento, reduciendo su capacidad operativa.

Los servicios del ciclo urbano también pueden experimentar impactos de gran relevancia. La escasez de agua tiene un impacto directo en la capacidad de abastecer de agua potable a los usuarios domésticos y las actividades económicas. Además, la reducción del volumen de agua disponible puede comprometer la calidad del agua potable, ya que las fuentes de agua se ven más afectadas por la contaminación.

Grupo de impacto	Factores de vulnerabilidad	Interacción	Impacto principal
Servicios ecosistémicos	Masas de agua en mal estado.	Incremento de la contaminación de las masas de agua por procesos de eutrofización y desarrollo de algas	Deterioro de la calidad del agua
		Proliferación de algas en embalses y ríos con zonas de captación para consumo humano	
		Afección a la fauna y a la flora por la disminución de los recursos embalsados	Disminución de recursos hídricos
		Incremento del uso de aguas subterráneas	
		Disminución de la cantidad de agua disponible por la reducción de los niveles piezométricos de los acuíferos	

Grupo de impacto	Factores de vulnerabilidad	Interacción	Impacto principal
Infraestructuras y servicios	Fuentes de suministro en mal estado cuantitativo y cualitativo. Infraestructuras de abastecimiento y tratamiento en precario.	Aumento de la concentración de contaminantes gaseosos en las EDAR y redes de saneamiento, incrementando la corrosión, los impactos por olores y los costes económicos para su control	Daños en infraestructuras
		Proliferación de fitoplancton y la propagación de patógenos, restringiendo el uso de embalses para agua potable y recreación.	Deterioro de la calidad del agua y afecciones a la salud humana
		Disminución de la calidad del agua por alteración de los recursos en embalses (aumento metales pesados, turbidez, materia orgánica, etc.)	
		Establecimiento de restricciones en el uso de agua para familias, comercios e industrias por la reducción del volumen de agua embalsado	Incumplimiento DHA
		Incremento de los costes de explotación (potabilización, controles analíticos, consumos energéticos de bombeos, etc.)	Pérdidas económicas y daños materiales
		Disminución de la cantidad de agua disponible por la reducción de los niveles piezométricos de los acuíferos	
Usuarios	Ausencia de instrumentos de planificación del riesgo. Existencia de sectores económicos hidro-intensivos. Dependencia de sectores estratégicos como la agricultura o el turismo..	Aumento de enfermedades transmitidas por el agua.	Afecciones a la salud humana
		Reducción de la disponibilidad de agua	Cortes de suministro
		Aumento de la demanda de riego	Disminución de recursos hídricos
		Tensiones sociales por las diferentes demandas urbanas del recurso	Incumplimiento DHA

Tabla 3. Relación de peligros, grupos de impacto e interacciones de las sequías y la escasez con los sistemas de agua urbana.

2.4.3. Efectos del cambio climático asociados a las temperaturas extremas y las olas de Calor

Las temperaturas extremas y las olas de calor, cada vez más frecuentes e intensas debido al cambio climático, ejercen un impacto profundo en las fuentes de abastecimiento, las infraestructuras hídricas y la salud humana (tabla 4). Estos eventos no solo alteran la estabilidad de los ecosistemas acuáticos, sino que también afectan la calidad del agua y la capacidad de los sistemas urbanos para garantizar un suministro seguro y eficiente. En el ámbito de los sistemas de agua urbana, el aumento de temperaturas intensifica la evaporación, reduce la disponibilidad de recursos hídricos y genera condiciones propicias para la proliferación de microorganismos nocivos. Además, los efectos en la salud pública y la demanda energética agravan la presión sobre los sistemas de abastecimiento y saneamiento.

Las temperaturas extremas y las olas de calor pueden desestabilizar los ecosistemas acuáticos, alterando las temperaturas del agua y provocando estratificación en lagos y embalses. Estos cambios pueden afectar negativamente a las especies acuáticas sensibles y favorecer el crecimiento de cianobacterias y algas verdiazules, que no solo deterioran la calidad del agua, sino que también pueden ser tóxicas para la fauna y flora locales. Además, la evaporación intensificada durante las olas de calor puede reducir significativamente los volúmenes de agua disponibles, exacerbando la escasez hídrica y afectando a los ecosistemas dependientes del agua.

En el caso de las infraestructuras, este fenómeno puede contribuir al deterioro de plantas de potabilización y depuración de aguas residuales. Así, el aumento de la temperatura puede acelerar la proliferación de patógenos y algas en las plantas de tratamiento de agua, lo que compromete la calidad del agua tratada. Además, las temperaturas extremas pueden afectar la eficiencia de los procesos de tratamiento, obligando a las plantas a utilizar más energía para mantener los niveles de servicio. Esto puede aumentar los costos operativos y la vulnerabilidad de las infraestructuras a fallos técnicos.

Otra importante dimensión de las temperaturas extremas y las olas de calor es su impacto en la salud humana mediante un aumento en la incidencia de enfermedades, que además pueden exacerbar las condiciones de salud preexis-

tentes, especialmente en poblaciones vulnerables como la población anciana y las personas con enfermedades crónicas. Además, el calor extremo favorece la propagación de enfermedades transmitidas por vectores. La combinación de estrés térmico y mayor exposición a enfermedades puede tener un impacto grave en la salud pública.

El aumento de las temperaturas y las olas de calor también puede contribuir a elevar la demanda de agua, lo que puede poner una presión adicional sobre los sistemas de suministro de agua, especialmente en áreas ya afectadas por la escasez. Los usuarios urbanos pueden enfrentar restricciones en el uso del agua para actividades no esenciales, lo que puede afectar la calidad de vida. Además, las olas de calor pueden aumentar los costes de la energía debido al mayor uso de sistemas de refrigeración, lo que afecta tanto a los hogares como a las empresas. Los sectores económicos que dependen del agua, como la agricultura y la industria, también pueden enfrentar desafíos significativos debido a la combinación de escasez de agua y temperaturas extremas.

Grupo de impacto	Factores de vulnerabilidad	Interacción	Impacto principal
Servicios ecosistémicos	Masas de agua en mal estado.	Desarrollo de algas verdi-azules	Deterioro de la calidad del agua y afecciones a la salud humana
		Cambios en la tª y estratificación en lagos	
		Alteración del régimen de caudales e impactos en ecosistemas asociados	
		Eutrofización y oscurecimiento de las aguas	
		Aumento de la presencia de cianobacterias en los embalses	Disminución de recursos hídricos
		Aumento de la evaporación y salinidad del agua	

Grupo de impacto	Factores de vulnerabilidad	Interacción	Impacto principal
Infraestructuras y servicios		Aumento de patógenos en plantas de tratamiento de agua y redes de distribución	Afecciones a la salud humana
		Aceleración de la transmisión de enfermedades infecciosas	
		Aumento de la distribución de huéspedes y vectores	
		Aumento de la transmisión y propagación de la resistencia los antimicrobianos	
Usuarios		Incremento de la demanda de recursos hídricos	Disminución de recursos hídricos

Tabla 4. Relación de peligros, grupos de impacto e interacciones de las temperaturas extremas y las olas de calor con los sistemas de agua urbana.

RECURSOS DE INTERÉS

Climate Change Adaptation and Integrated Water Resources Management <https://unepdhi.org/wp-content/uploads/sites/2/2020/05/Cap-Net-CCA-and-IWRM-December-2018.pdf>

Responding to climate change impacts on human health in Europe: focus on floods, droughts and water quality <https://www.eea.europa.eu/publications/responding-to-climate-change-impacts/>

Water resources across Europe — confronting water stress: an updated assessment <https://www.eea.europa.eu/publications/water-resources-across-europe-confronting>

Guía para la evaluación de riesgos asociados al cambio climático https://adaptecca.es/sites/default/files/documentos/miteco_guia_evaluacion_riesgos_cambio_climatico_2023.pdf

Plataforma sobre adaptación al cambio climático en España <https://adaptecca.es/>

Guía sobre análisis de vulnerabilidad en el ciclo industrial del agua https://www.itccanarias.org/web/images/pdfs/Publicaciones/MACCLIMA_-_Guia_sobre_analisis_de_vulnerabilidad_ciclo_industrial_del_agua.pdf

2.5. Nuevos paradigmas para la adaptación al cambio climático de los sistemas de agua urbana

La gestión de los sistemas de agua urbana se enfrenta en la actualidad a importantes retos que el entorno social y biofísico imponen, especialmente aquellos que se producen como consecuencia de los procesos de urbanización del territorio. Entre ellos, cambios en la capacidad de infiltración del suelo, aparición de nuevas demandas o focos de contaminación puntual, que degradan el estado de las masas de agua y por ende de los ecosistemas acuáticos, afectando a los servicios ecosistémicos que estos proporcionan. En un contexto de cambio climático, donde se evidencia la intensificación del riesgo de inundaciones, escasez de agua y olas de calor, se hace necesaria la adopción de estrategias que mejoren la resiliencia de las ciudades, como elemento fundamental en la adaptación climática, donde la gestión del agua resulta un vector clave (Arrojo & Del Moral, 2023).

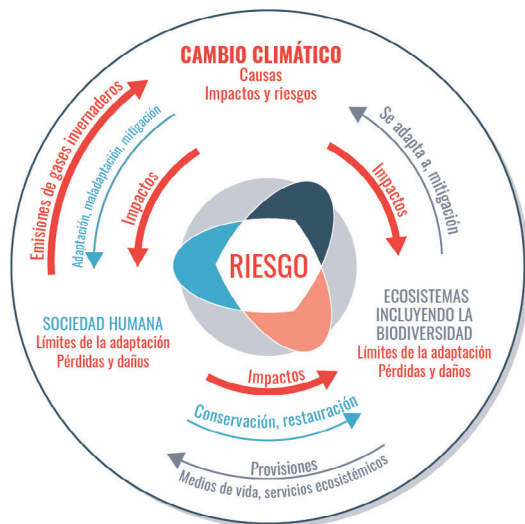
Los sistemas de agua experimentan constantes variaciones en las condiciones de contexto (cambio climático, crecimiento urbano, patrones de consumo o incluso tecnologías disponibles), que introducen un importante grado de incertidumbre respecto al futuro. Esto afecta especialmente al caso que nos ocupa, el sistema de agua urbana, cuyas infraestructuras cuentan con ciclos de vida que se prolongan a lo largo de décadas, en los que deben operar bajo estas condiciones cambiantes.

Hasta ahora, se han realizado grandes esfuerzos por tratar de diseñar sistemas de gestión de los sistemas de agua urbana **a salvo de fallos** – “*fail-safe*” – (Nikolopoulos et al., 2022), es decir, preparados para afrontar cualquier evento extremo, actual o futuro. Para ello, se ha planificado un importante sistema de infraestructuras dimensionado en base a la previsión de la evolución de las condiciones de contorno. Este enfoque se basa, por un lado, en previsiones que, como hemos mencionado, resultan cada vez más inciertas, especialmente en lo que se refiere a la intensidad y recurrencia de los fenómenos climáticos. Por otra parte, estas soluciones suponen grandes inversiones para proporcionar la sufi-

ciente robustez al sistema que permita afrontar con garantía estas situaciones de riesgo (Butler et al., 2017a; Özerol et al., 2020). Estas actuaciones, que requieren importantes esfuerzos de financiación en los grandes sistemas, no pueden ser acometidas por sistemas medianos y pequeños, que suelen resultar así más vulnerables al riesgo (Birkmann et al., 2016). Por todo ello, se hace cada vez más necesario adoptar medidas que permitan a los sistemas estar **preparados para fallar** –“*safe to fail*”– (Ahern, 2011a; Butler et al., 2017b), es decir, que generen una mayor **resiliencia** y permitan incrementar la **capacidad de adaptación** frente a las situaciones de riesgo, incorporando en los análisis de escenarios cierto grado de incertidumbre (Fletcher et al., 2017; Nikolopoulos et al., 2022; Stakhiv, 2011).

Bajo este enfoque, las estrategias para afrontar las consecuencias de los riesgos climáticos, basadas en el control de los fenómenos físicos y en la robustez de los sistemas, avanzan hacia modelos que introducen la comprensión de las dimensiones ambientales, sociales e institucionales (figura 11), en lo que se conoce como el paradigma de la **resiliencia**, donde la **vulnerabilidad**, la **exposición** y la **adaptación** emergen como conceptos clave (Ahern, 2011b; Cutter, 1996; IPCC, 2014, 2022; Nikolopoulos et al., 2022; Short et al., 2012). La literatura científica relativa a la definición del riesgo está avanzando en relación con las interacciones de factores climáticos, medioambientales y humanos que pudieran traducirse en impactos y desastres, prestando especial atención al importante papel que desempeñan los factores no climáticos en la determinación del riesgo y los impactos que derivan del mismo.

(A) Principales interacciones y...



La hélice de riesgo muestra que el riesgo surge de la superposición de:

■ Riesgos climáticos ■ Vulnerabilidad ■ Exposición

...de los sistemas humanos, los ecosistemas y su biodiversidad

(B) Opciones para reducir los riesgos climáticos y generar resiliencia ...

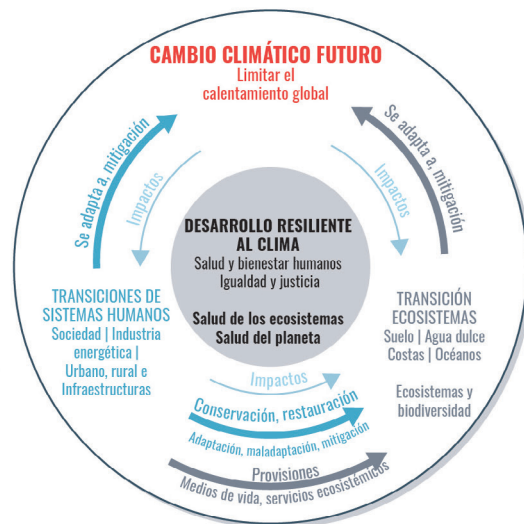


Figura 11. Transición hacia el modelo de gestión resiliente del cambio climático: clima, ecosistemas y sociedad como sistemas acoplados. Fuente: Elaboración propia a partir del Informe Grupo de Trabajo II del IPCC (2022).

Aplicando estos principios al sistema de agua urbana, desde el enfoque de las **ciudades sensibles al agua** (Brown et al., 2016) se propone que las intervenciones que se realicen en el espacio urbano incorporen nuevos objetivos encaminados a la protección de los ecosistemas acuáticos, mediante la integración de sistemas urbanos de drenaje sostenible (SUDS) o la gestión integrada de los recursos hídricos. La incorporación de procesos de participación proporciona además conocimiento local y una mayor democratización en la toma de decisiones, crucial en un contexto de incertidumbre. Son estos principios, orientados a mejorar la **resiliencia** del sistema gracias al incremento de la flexibilidad y adaptación a las condiciones del medio, los que rigen el modelo de gestión propuesto en este trabajo, cuyos fundamentos se exponen a continuación.

2.5.1. La Directiva Marco del Agua y los principios de restauración ambiental

La gestión de los recursos naturales, y más concretamente el agua, viene experimentando un importante cambio de paradigma en las últimas décadas, resultado de una reorientación de objetivos, metodologías, aproximaciones conceptuales y profundos cambios institucionales (agentes implicados, marco normativo), que se han venido aplicando de manera cada vez más generalizada (Pita López et al., 2014).

Estos cambios se concretan en lo que podríamos denominar un modelo de gestión socio-ecosistémica del agua (Madrid et al., 2013). En este modelo, los recursos naturales no se entienden desde una perspectiva meramente productivista, de máxima explotación y aprovechamiento, sino como parte de un ecosistema a conservar y restaurar, que proporciona el capital natural necesario para satisfacer las necesidades humanas a través de los servicios ecosistémicos, entendidos estos como todos los beneficios que las poblaciones humanas obtienen de estos ecosistemas (Millennium Ecosystem Assessment, 2005).

En el caso del agua, este cambio de modelo ha venido motivado, entre otros, por la aprobación de la Directiva 2000/60/CE, conocida como la Directiva Marco de Agua (DMA). Ante el deterioro progresivo de los ecosistemas acuáticos en Europa como consecuencia de las presiones a las que se ven sometidos, la DMA establece en su artículo 1 como objetivo fundamental el establecimiento de un marco de protección de las aguas que: **“a) prevenga todo deterioro adicional y proteja y mejore el estado de los ecosistemas acuáticos y, con respecto a sus necesidades de agua, de los ecosistemas terrestres y humedales directamente dependientes de los ecosistemas acuáticos; b) promueva un uso sostenible del agua basado en la protección a largo plazo de los recursos hídricos disponibles; (...) e) contribuya a paliar los efectos de las inundaciones y sequías”**. Con ello, la norma pretende que se garantice **“el suministro suficiente de agua superficial o subterránea en buen estado, tal como requiere un uso del agua sostenible, equilibrado y equitativo”**. Estos principios se encuentran también reflejados en la trasposición de esta norma al ordenamiento jurídico español a través del TR de la Ley de Aguas (2001). No obstante, se hace necesaria una adaptación de esta Ley de cara a una mejor incorporación del enfoque de riesgo, y más concretamente, de los retos que el cambio climático impone.

La DMA entiende que es primordial alcanzar el buen estado ecológico de los ecosistemas acuáticos como mecanismo para garantizar que estos sigan proporcionando los servicios ecosistémicos necesarios para la sociedad, tales como el abastecimiento de agua, en términos de cantidad y de calidad, pero también la protección frente a los riesgos de sequía e inundación, cada vez más intensificados por el cambio climático. La DMA se convierte así en uno de los primeros instrumentos normativos que incorpora un enfoque de riesgo, y consecuentemente, frente a la incertidumbre, los principios de prudencia, participación, anticipación y adaptación.

Se apuesta, por tanto, por la recuperación del buen estado de los ecosistemas acuáticos como estrategia de resiliencia para la adaptación a los riesgos derivados del cambio climático (sistemas “preparados para fallar”), frente al enfoque más tradicional, basado en la predicción de los fenómenos y la transformación los sistemas hídricos de cara a alcanzar el objetivo de un mayor control y robustez (sistemas “a salvo de fallos”) (Nikolopoulos et al., 2022). Este enfoque de la DMA es el marco de lo que se conoce como el **nuevo paradigma** para la gestión del agua urbana (Franco-Torres et al. 2021).

Para alcanzar estos objetivos, la DMA aplica el marco metodológico de análisis causal denominado por sus siglas en inglés FPSIR (fuerzas motrices, presión, estado, impacto y respuesta), que ha sido desarrollado por la Agencia Europea de Medio Ambiente (2006) para describir las interacciones entre la actividad humana y el medio ambiente. Según este marco de análisis, las actividades humanas ejercen presiones sobre el ambiente que modifican la cantidad y calidad de los recursos naturales, pudiendo así provocar cambios en el estado del recurso. El programa de medidas a adoptar, las **respuestas**, no se destinan únicamente a tratar de paliar los **impactos**, sino que se basan en la identificación previa de las actividades que generan presiones sobre las masas de agua, explicando así el posible origen de su deterioro por los efectos de las actividades humanas. De este modo, se adopta una estrategia que prioriza la reducción de las presiones, como mecanismo para la mejora del estado de las masas de agua y así reducir los posibles **impactos**.

Aplicar este marco al estudio de los **riesgos hidroclimáticos** supone identificar aquellas fuerzas motrices y presiones que se traducen en una intensificación de la **exposición** y la **vulnerabilidad** frente a estos riesgos (figura 15).

De este modo, desde el paradigma de la robustez, donde las **respuestas** del sistema tienen como objetivo hacer frente a los **impactos**, el marco FPSIR avanza hacia el paradigma de la **resiliencia**, donde las **respuestas** están centradas en la reducción de las **presiones** y sus **fuerzas motrices**, adoptando estrategias de **adaptación** que mejoran el estado de las masas de agua y por tanto la capacidad del sistema de mantener los servicios ecosistémicos cuando se enfrenta a una situación de **peligro** climático, reduciendo así desde el origen la consecución de posibles **impactos**, en la línea con el art.1e de la DMA (figura 12).



Figura 12. Transición a la gestión resiliente mediante la aplicación del marco FPSIR a la gestión de riesgos hidroclimáticos.

Este enfoque de preservación de los ecosistemas orientado a la prevención para la gestión de riesgos está cada vez más presente en la legislación europea, y a través de su trasposición, en la de los estados miembros como España. Ejemplos de ello son la Directiva 2007/60/CE relativa a la Evaluación y Gestión de los Riesgos de Inundaciones, la Directiva 2020/2184 de Calidad de las Aguas Destinadas al Consumo Humano, la revisión de la Directiva sobre el Tratamiento de Aguas Residuales Urbanas o la reciente Ley de Restauración de la Naturaleza (2023) (ver capítulo 3).

No obstante, la ausencia hasta ahora de un marco legal a nivel estatal para la regulación de los sistemas de agua urbana hace que los principios y procedimientos de la DMA no se hayan concretado para su aplicación en la escala urbana. Si bien existen ciertas obligaciones relacionadas, por ejemplo, con situaciones excepcionales, como los Planes de Emergencia por Sequía, no existe un marco legal que defina los procesos para la planificación integral de los sistemas de agua urbana desde una perspectiva de gestión del riesgo.

En este sentido, la elaboración de planes para la adaptación al cambio climático de la gestión de los sistemas de agua urbana supone una oportunidad única para la incorporación de la perspectiva del riesgo y la implementación de los principios de la DMA en el caso de los sistemas de gestión de los sistemas de agua urbana.

2.5.2. Garantía del derecho humano al agua y el saneamiento en el contexto de cambio climático

El acceso básico al agua potable y al saneamiento es un componente esencial del derecho a un nivel de vida adecuado y una condición indispensable para el disfrute de otros derechos como el derecho a la alimentación, a la salud, a la vivienda o a un medio ambiente sano. Así lo reconoció la Asamblea General de Naciones Unidas en su Resolución A/RES/64/292, de julio de 2010, que establece que **“el derecho al agua potable y el saneamiento es un derecho humano esencial para el pleno disfrute de la vida y de todos los derechos humanos”**, convirtiéndose los derechos humanos al agua y el saneamiento (DHAS) en obligaciones jurídicamente vinculantes para todos los estados partes en el Pacto Internacional de Derechos Económicos, Sociales y Culturales (PIDESC), como es el caso de España.

En este marco, en diciembre de 2020 se aprobó la Directiva (UE) 2020/2184 del Parlamento europeo y del Consejo relativa a la Calidad de las Aguas Destinadas al Consumo Humano, más conocida como Directiva de Aguas Potables (DAP). Si bien es cierto que la directiva no menciona de manera explícita los DHAS, adopta los principios normativos de calidad, disponibilidad, accesibilidad, asequibilidad y aceptabilidad que el reconocimiento de estos derechos implica.

El Relator Especial de la ONU para los DHAS, Pedro Arrojo, viene insistiendo en la necesidad de asumir un enfoque de derechos humanos en la gestión de aguas, que garantice sostenibilidad y gobernanza democrática, sobre la base de garantizar la prioridad en el uso de los recursos disponibles de mayor calidad y menor coste para el abastecimiento de la población (Arrojo & Del Moral, 2023). En esta línea, la protección de las masas de agua de las que se obtiene el recurso para el consumo humano es una pieza fundamental en la DAP. Siguiendo recomendaciones de la OMS, la nueva normativa apuesta por la adopción de un enfoque orientado a la gestión de riesgos, basado en la acción preventiva tanto de protección de las zonas de captación, como de todo el proceso de almacenamiento, potabilización y transporte hasta el consumidor, debiendo favorecer la disminución de la contaminación de los territorios en los que se sitúan las captaciones (Del Moral, 2018). Su transposición al ordenamiento jurídico español se realiza a través del RD 3/2023 por el que se establecen los criterios técnico-sanitarios de la calidad del agua de consumo, su control y suministro, que ha permitido la mejora de algunos aspectos de la DAP relacionados con los criterios normativos para la implementación del DHAS, incluido su reconocimiento explícito.

En España, aunque los avances técnicos y organizativos de los sistemas de agua urbana han sido importantes en las últimas décadas y los servicios de agua y saneamiento están prácticamente garantizados, determinados usos productivos generan, directa o indirectamente, ciertos impactos sobre la calidad y la cantidad de las fuentes de agua, que ponen en riesgo su garantía y afectan a su condición de Derecho Humano, especialmente en el caso de pequeñas y medianas poblaciones (Schmidt et al., 2022).

Todo ello, a pesar de que, en la Ley de Aguas (2001) y el resto de normativa vigente, está claramente establecida la prioridad del abastecimiento urbano frente al resto de usos del agua, si bien dicha prioridad legal en muchos casos no se cumple (Schmidt et al., 2022). Y son estas circunstancias las que afectan especialmente a pequeñas y medianas poblaciones, con sistemas de abastecimiento menos robustos, cuyas zonas de captación frecuentemente no están adecuadamente identificadas o protegidas en los planes hidrológicos, y donde la

capacidad de interlocución de los municipios con los organismos de cuenca es a veces insuficiente.

Las respuestas por parte de las administraciones se dirigen principalmente a hacer frente a los impactos, por medio de la instalación de plantas desnitrificadoras, la conexión con sistemas de abastecimiento regionales, o el cambio o reprofundización de los pozos de captación (Arrojo & Del Moral, 2023). Por otra parte, los costes de las medidas a adoptar son aplicados habitualmente sobre las tarifas urbanas, en lugar de cargarlos sobre los causantes de los problemas, ignorando el principio de “quien contamina paga” de la DMA y poniendo en riesgo el principio de asequibilidad que implica el enfoque del DHAS. En pocos casos se aplica un enfoque de prevención y resiliencia, con medidas dirigidas a las presiones y a las fuerzas motrices.

El cambio climático en curso está agravando el impacto de estos procesos de sobreexplotación y contaminación de las fuentes de agua sobre los DHAS de las poblaciones que se han venido abasteciendo de ellos. Por ello, en el informe que el Relator publicó en 2022 sobre los DHAS bajo las perspectivas vigentes de cambio climático, insistió en la importancia de acabar con la sobreexplotación de los recursos hídricos, especialmente de los acuíferos, no sólo para garantizar su sostenibilidad, sino para integrar en la gestión de los mismos su función como reserva estratégica para gestionar ciclos extraordinarios de sequía, asumiendo un enfoque de derechos humanos que ponga y gestione en máxima prioridad los abastecimientos de agua potable (Arrojo, 2022).

En esta misma línea, adoptar el principio de prevención del riesgo de la DMA y la DAP implicaría un cambio de enfoque en la gestión de esta problemática en cuanto al tipo de medidas que se aplican, que deberían dirigirse preferentemente hacia las fuerzas motrices, con el fin de resolver los problemas de forma eficaz, eficiente y duradera. Según Arrojo y Del Moral (2023), para garantizar la prioridad real del abastecimiento urbano frente al resto de usos, especialmente en el actual contexto de cambio climático, es necesario aplicar medidas que vayan dirigidas a las **fuerzas motrices** (preferentemente) y a las **presiones**. Los autores proponen en concreto las siguientes medidas:

- Mejora en la gobernanza de los abastecimientos.
- Establecimiento y aplicación de perímetros de protección adecuados.
- Control estricto sobre fuentes contaminantes.
- Reducción de la presión sobre la cantidad de agua.
- Medidas basadas en la naturaleza.
- Aplicación del principio de quien contamina paga.
- Fomento de buenas prácticas agrícolas y ganaderas.

2.5.3. Las ciudades sensibles al agua

Actualmente asistimos a un proceso en el cual la gestión de los sistemas de agua urbana están viendo comprometida su capacidad para hacer frente a los nuevos retos a los que debe enfrentarse la gestión del agua en las ciudades, como la presión sobre los recursos hídricos, el crecimiento de la población urbana y la expansión de los procesos urbanizadores o el envejecimiento de las infraestructuras, todos ellos agravados como consecuencia de los impactos del cambio climático (Sharma et al., 2016). En el caso de las ciudades medianas y pequeñas, estas se enfrentan además a retos específicos en comparación con las grandes ciudades (Birkmann et al., 2016; Özerol et al., 2020):

- Recursos humanos insuficientes para desarrollar y aplicar una estrategia integral de adaptación al cambio climático.
- Falta de estudios especializados para abordar los retos climáticos de forma integrada.

- Escaso presupuesto y pocas oportunidades para abordar grandes inversiones.
- Capacidad limitada de acceso a los programas de investigación y financiación relacionados con el clima.
- Menor autonomía debido a la dependencia y menor capacidad de incidencia en los niveles superiores de la administración.

No obstante, en los últimos años se han realizado interesantes avances en relación con las propuestas que, desde una perspectiva innovadora, afrontan los nuevos retos de la gestión de los sistemas de agua urbana, y que se han reflejado en investigaciones y documentos estratégicos a nivel europeo. Entre ellos destacan los proyectos SWITCH (***Managing water for the city of the future***) coordinado por el *Institute of Water Education* (UNESCO-IHE) entre 2006 y 2011, el proyecto TRUST (***Transition to the urban water services of the future***), liderado por el *IWW Water Centre* (Alemania) entre 2011 y 2015, o más recientemente el proyecto CATCH (***Water sensitive Cities: the Answer To CHallenges of extreme weather events***), un proyecto del *Interreg North Sea Region* (2017-2023). Estos trabajos pretenden así replantear los antiguos paradigmas de la gestión del agua urbana y desarrollar nuevas estrategias y herramientas metodológicas, así como soluciones tecnológicas, adaptadas a los requerimientos propios del momento actual.

Estos proyectos comparten el objetivo principal de generar una base de conocimiento para alcanzar la sostenibilidad y minimizar los efectos ambientales de los sistemas de agua urbana sin comprometer la calidad del servicio. Estos enfoques a menudo se basan en conceptos como la Gestión Integrada de Recursos Hídricos (GIRH), la Gestión Integrada de Aguas Urbanas (GIAU), o el Diseño Urbano Sensible al Agua (WSUD en inglés).

El marco de **Ciudades Sensibles al Agua** se presenta así como perspectiva global de la resiliencia urbana enfocada en el agua en donde se integran todos estos conceptos (Brown et al., 2016; Lara, 2018; Özerol et al., 2020; Sharma et al., 2016; Suárez López et al., 2014). Este marco impulsa un nuevo modelo de planifi-

cación urbana que se adapte a las características de su contexto natural y social, protegiendo los ecosistemas naturales y optimizando el uso de los recursos hídricos. Con este objetivo, se trata de rescatar y preservar los procesos propios del ciclo natural del agua para ser reproducidos, en la medida de lo posible, en el ciclo urbano, manteniendo los niveles de calidad del servicio a la vez que se minimizan los impactos hidrológicos del proceso de urbanización (Lara, 2018; Suárez López et al., 2014)

Las Ciudades Sensibles al Agua funcionan bajo tres principios, o «pilares», de acción (Özerol et al., 2020):

- Las ciudades como comunidades y redes sensibles al agua.
- Las ciudades como cuencas hidrográficas. El sistema hídrico urbano suele formar parte de una cuenca hidrográfica mayor, y el proceso urbanizador provoca la impermeabilización y transformación del sistema hídrico natural en detrimento de la región circundante.
- Las ciudades como proveedoras de servicios ecosistémicos. Los recursos hídricos y las infraestructuras verdes urbanas sirven para múltiples propósitos y funciones, proporcionando servicios ecosistémicos.

Para la consecución de los objetivos de la Ciudad Sensible al Agua, se debe desarrollar un nuevo enfoque del diseño urbano que integre espacios dedicados al agua y promueva la implantación de alternativas tecnológicas sostenibles, fortaleciendo así una nueva cultura del agua en el ámbito urbano que ponga en valor y proteja este recurso, de manera que esa transformación cultural llegue tanto a las instituciones como a la sociedad. Todo ello implicará enfrentar las limitaciones y barreras existentes a nivel socio-cultural, institucional, administrativo, educativo, técnico y financiero, para superar los arraigados paradigmas urbanos y de gestión del agua del siglo XX (Brown & Farrelly, 2009; Ferguson et al., 2013; Franco-Torres, Kvålshaugen, et al., 2021; Nikolopoulos et al., 2022).

Para ello se propone fomentar una perspectiva multidisciplinar, donde la participación de un amplio espectro de profesionales permita la cooperación de

distintas capacidades y saberes en el ámbito de la gestión participada, el diseño de infraestructuras y la arquitectura del paisaje.

El nuevo enfoque propuesto se caracteriza por potenciar los siguientes rasgos:

- Incorporación del enfoque de riesgo y el principio de prudencia, que implica actuar sobre las fuerzas motrices y las presiones, con el objetivo de preservar el buen estado de las masas de agua y garantizar así los servicios ecosistémicos, especialmente el abastecimiento humano.
- Consolidación del principio, ya actualmente bien establecido, de gestión integrada de las fases de abastecimiento y saneamiento, a lo que se añade mayor atención a la integración de las aguas pluviales, la red de drenaje, los espacios públicos, la vegetación, la infiltración y las aguas subterráneas.
- Consideración de todos los componentes de los sistemas de agua urbana como partes de un conjunto único, y énfasis en que todas las administraciones e instituciones interesadas deben involucrarse en garantizar que esa integración se consiga.
- Sustitución, como resultado de esta integración reforzada, de los diseños lineales de entrada y salida del sistema por funcionamientos circulares, de reutilización y recirculación, que reducen entradas y salidas a este mismo sistema.
- Aplicación del principio de adaptación de calidades, incorporando recursos alternativos para la satisfacción de demandas menos exigentes (inodoros, riesgo de zonas verdes, limpieza, etc.).
- Preferencia por las tecnologías innovadoras y flexibles, con especial énfasis en las soluciones basadas en la naturaleza, seleccionadas en base a una evaluación integral del ciclo del agua y a la sostenibilidad a largo plazo del sistema en conjunto.

- Potenciación de la integración de los ciclos del agua y la energía –producción mediante energías renovables, reducción de consumos energéticos, captación de CO₂–.
- Integración en la gestión del sistema de agua urbana de criterios de eficiencia y responsabilidad de costes, combinados con los principios normativos del DHAS: calidad, disponibilidad, accesibilidad, asequibilidad y aceptabilidad.
- Puesta en práctica de nuevas formas de participación pública que garanticen transparencia y participación ciudadana efectiva y proactiva.
- Adopción de un enfoque de resiliencia de los sistemas frente al cambio climático, especialmente en lo que se refiere a la gestión de riesgos hidrológicos, adaptando el conjunto de las estrategias anteriores a las condiciones del contexto físico y social del área de trabajo.

2.5.4. Servicios ecosistémicos y soluciones basadas en la naturaleza

La planificación para la adaptación del CUA al cambio climático pasa por la aplicación de los principios de la DMA al ámbito urbano, referidos principalmente a la protección y mejora de las masas de agua para garantizar los servicios ecosistémicos, tales como el abastecimiento humano o la protección frente a los riesgos, que se concreta en el enfoque de las Ciudades Sensibles al Agua.

Según establece la Ley Europea del Clima, aprobada en junio de 2021, en su Consideración 32:

“La mejora de las capacidades de adaptación y de resiliencia, teniendo en cuenta los Objetivos de Desarrollo Sostenible de las Naciones Unidas, contribuye a minimizar las consecuencias del cambio climático, a abordar los efectos inevitables de manera

socialmente equilibrada y a mejorar las condiciones de vida en las zonas afectadas. Prepararse con suficiente tiempo a dichas consecuencias es eficiente en términos de costes y también puede reportar considerables beneficios colaterales para los ecosistemas, la salud y la economía. En concreto, las soluciones basadas en la naturaleza pueden ser beneficiosas para la mitigación del cambio climático, la adaptación a este y la protección de la biodiversidad.”

Las soluciones basadas en la naturaleza (SbN) se sitúan de este modo como apuesta prioritaria de las instituciones nacionales e internacionales para mejorar la resiliencia de las ciudades frente a los riesgos hidrológicos (UICN, 2020; EC, 2013; UN-CBD, 2016; WHO 2016, EC, 2016; Faivre et al.2017). En esta línea se encuentran la mencionada **Ley europea de Restauración de la Naturaleza** (2023), así como la **Estrategia Europea de Infraestructura Verde: mejora del capital natural de Europa** (2013), o en el caso español, la **Estrategia Nacional de Infraestructura Verde y de la Conectividad y Restauración Ecológicas** (2020).

Las SbN están inspiradas y respaldadas por la naturaleza y utilizan o imitan los procesos naturales para contribuir a la gestión mejorada del agua. Una SbN puede implicar la conservación o rehabilitación de los ecosistemas naturales y/o la mejora o creación de procesos naturales en ecosistemas modificados o artificiales, proporcionando simultáneamente beneficios a los seres humanos y a la biodiversidad (UICN 2020). La renaturalización de cauces urbanos, los sistemas de drenaje urbano sostenible o la depuración mediante humedales artificiales son ejemplos claros de la contribución de las SbN a la recuperación del ciclo hidrológico en las ciudades y a la adaptación del sistema de agua urbana frente a los riesgos hidrológicos (Bowler et al., 2010; Bush & Doyon, 2019; Frantzeskaki & McPhearson, 2022; Guerrero et al., 2016; Gutiérrez et al., 2017; Juvillà Ballester, 2019; Kabisch et al., 2017; Yang & Lee, 2021).

Además de los beneficios directos, las SbN tienen un impacto social transformador y contribuyen a la innovación social en las ciudades, cambiando la percepción y las relaciones entre los seres humanos y la naturaleza en los contextos urbanos contribuyendo a acelerar las transiciones ecológicas en las ciudades (Frantzeskaki et al., 2017; Gutiérrez et al., 2017).

Pero siendo sus ventajas generalmente aceptadas, la realidad es que su implementación se encuentra con dificultades que se enmarcan en las que afronta el proceso más general de transición ecológica (Davies & Laforzezza, 2019; Frantzeskaki et al., 2017; Kabisch et al., 2017). Si bien existen experiencias en la aplicación de SbN en todo el mundo, y en muchos casos se demuestran incluso como más rentables en términos de coste-eficiencia (Davies & Laforzezza, 2019; European Commission, 2015; Lique et al., 2016), la mayoría de las ciudades siguen realizando grandes inversiones en sistemas convencionales y los planes de acción frente al cambio climático siguen priorizando medidas infraestructurales para mejorar la robustez del sistema frente a estos riesgos. No obstante, existen múltiples estudios que demuestran que las barreras para la implementación de estos nuevos sistemas son mucho más fuertes a nivel socio-institucional que tecnológico, y que recomiendan estrategias de trabajo coordinado con el conjunto de actores sociales e institucionales para generar visiones compartidas sobre la ciudad del futuro (Brown & Farrelly, 2009; Doménech et al., 2021; Ferguson et al., 2013).

Algunas de las barreras detectadas en este proceso están relacionadas con problemas de inercia y fragmentación institucional, falta de visión común, falta de definición de responsabilidades, dependencia de patrones tecnológicos, ausencia de incentivos desde el punto de vista político, capacidad limitada de participación activa por parte de la sociedad, y falta de experiencia en la gestión de procesos integrales (Brown & Farrelly, 2009; Davies & Laforzezza, 2019; Kabisch et al., 2017; Lara & Moral, 2022). Para facilitar la incorporación de SbN se requiere de enfoques de gobernanza colaborativa, la puesta en valor de conocimientos locales y el impulso colectivo de iniciativas de transición, así como de la participación de agentes de cambio que sirvan de catalizadores de estos procesos de transformación (Frantzeskaki et al., 2017).

En este sentido, avanzar hacia un nuevo modelo de gestión del CUA desde este enfoque adaptativo implica apostar por mejorar la gobernanza del agua, con especial atención a la colaboración entre administraciones (confederaciones hidrográficas, gobiernos autonómicos, ayuntamientos, entidades gestoras del CUA...), así como entre diferentes departamentos de una misma administración, permitiendo coordinar políticas urbanísticas, ambientales, de gestión del verde urbano con las del CUA.

3. MARCO INSTITUCIONAL DE LA GESTIÓN URBANA DEL AGUA Y EL CAMBIO CLIMÁTICO

La adaptación del sistema de agua urbana a los efectos del cambio climático se inserta dentro de un complejo y amplio marco institucional que establece las bases para poner en marcha distintas acciones y medidas. Desde principios de la década del 2000 instituciones como las Naciones Unidas, la Unión Europea o el Gobierno de España han venido formulado una serie de planes, programas, estrategias y normas que en su conjunto definen la arquitectura para el desarrollo de las políticas de adaptación al cambio climático en la esfera del sistema de agua urbana.

Conscientes del valor y la oportunidad de darle cuerpo y materialidad a este conjunto, la Guía hace una propuesta de análisis y revisión de este marco institucional, que se traduce en una serie de objetivos y orientaciones que podrán servir de base para definir las políticas de adaptación en el ámbito del sistema de agua urbana.

En el Anexo I la guía se incorpora el análisis detallado del marco estratégico y legal, cuyas principales conclusiones se resumen a continuación.

3.1. Fundamentos estratégicos y legales de la adaptación

3.1.1. La arquitectura estratégica de la adaptación de los sistemas de agua urbana

El marco estratégico para la adaptación al cambio climático en la gestión del agua se fundamenta en un conjunto de iniciativas internacionales, comunitarias y nacionales que establecen las bases para la resiliencia hídrica.

A nivel internacional, la **Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible** establece en su **ODS 6** la necesidad de garantizar la disponibilidad y gestión sostenible del agua y el saneamiento para todos. Este objetivo no solo contempla el acceso equitativo al recurso, sino también la protección de los ecosistemas hídricos, la eficiencia en su uso y la implementación de prácticas de gestión sostenible.

En el ámbito europeo, el **Pacto Verde Europeo** se configura como una hoja de ruta para lograr la neutralidad climática en 2050, integrando la dimensión hídrica en sus estrategias. Si bien no aborda directamente la gestión del agua, establece principios clave como la reducción de emisiones, la economía circular, la preservación y restablecimiento de los ecosistemas y la descarbonización de sectores estratégicos, todos ellos con implicaciones directas en el ciclo del agua.

El Pacto Verde subraya los servicios de los ecosistemas como herramientas de adaptación y destaca como la protección y conservación de las fuentes de suministro de agua es la mejor manera de garantizar los servicios de aprovisionamiento y regulación vinculados con los sistemas de agua urbana.

También resulta especialmente relevante el objetivo del Pacto de aspirar a una contaminación cero para un entorno sin sustancias tóxicas. Conseguir un entorno sin sustancias tóxicas exige más medidas, tanto para evitar que se genere la contaminación como para eliminarla y ponerle remedio. Los entornos urbanos juegan un papel importante en el cumplimiento del objetivo de contaminación cero, especialmente en las grandes aglomeraciones y las zonas sensibles, tanto por los vertidos directos como por la contaminación difusa.

Complementariamente, la **Estrategia de Adaptación al Cambio Climático de la Unión Europea** refuerza la necesidad de garantizar la disponibilidad y sostenibilidad del agua dulce como medida de resiliencia ante el cambio climático. Para ello, plantea la reducción del consumo mediante planes de gestión de sequías, el aumento de la capacidad de retención hídrica de los suelos y el impulso de la reutilización segura del agua. Asimismo, enfatiza la importancia de fortalecer la cooperación entre las autoridades responsables de la adaptación climática y la gestión del agua, promoviendo un enfoque transfronterizo.

Por su parte, el **Plan de Acción de Economía Circular de la UE** establece la necesidad de reducir el consumo de agua en un 30% para 2030 y mejorar su calidad a través de la reducción de la contaminación. Este enfoque se alinea con la premisa de transición hacia un modelo de gestión hídrica más eficiente y resiliente, promoviendo la reutilización del recurso y la adopción de tecnologías avanzadas para la reducción del desperdicio de agua.

A nivel nacional, se ha desarrollado un conjunto de planes y estrategias que buscan consolidar la adaptación de los sistemas de agua urbana al cambio climático. En este contexto, los distintos instrumentos de planificación convergen en un enfoque multidimensional que abarca la seguridad hídrica, la restauración de ecosistemas acuáticos y la resiliencia de las infraestructuras hídricas.

El Plan Nacional de Adaptación al Cambio Climático (PNACC) 2021-2030 es el documento marco para la adaptación al cambio climático en España, estableciendo una estrategia de acción coordinada para reducir la vulnerabilidad de los sistemas hídricos ante los impactos climáticos. El PNACC enfatiza la equidad social y territorial en la gestión del agua, asegurando el derecho universal al recurso y promoviendo estrategias de gobernanza participativa que incluyan a todos los actores involucrados.

- Gestión integrada del agua y el territorio, promoviendo la protección y restauración de los ecosistemas acuáticos como medida de resiliencia climática.
- Desarrollo de infraestructura urbana resiliente, incorporando soluciones basadas en la naturaleza y tecnologías innovadoras en la gestión del agua.
- Reducción de la contaminación y reutilización del agua, impulsando una economía circular en el sector hídrico.

Tabla 5. Principales líneas de acción del PNACC relacionadas con los sistemas de agua urbana.

La **Estrategia Española de Economía Circular (España Circular 2030)** establece objetivos clave para reducir el consumo de agua y mejorar su calidad. El impulso a la economía circular en la gestión del agua contribuye a mejorar la seguridad hídrica y la sostenibilidad del recurso en entornos urbanos.

- Disminuir la demanda de agua en un 30% para 2030.
- Reutilizar hasta un 10% del agua consumida.
- Reducir la contaminación del agua por nutrientes y sustancias químicas.
- Adaptar la gestión del agua a fenómenos extremos como sequías e inundaciones.

Tabla 6. Principales metas de la Estrategia relacionadas con los sistemas de agua urbana.

En el ámbito del saneamiento y la depuración, el **Plan DSEAR** es el instrumento de planificación estatal que busca garantizar una gestión sostenible del agua en el ámbito urbano. Este instrumento refuerza la necesidad de infraestructuras de saneamiento adaptadas al cambio climático, con tecnologías que permitan la reutilización del agua y la mejora de la eficiencia hídrica.

- Mejorar la depuración de las aguas residuales y garantizar el cumplimiento de las normativas europeas.
- Fomentar la reutilización del agua regenerada, con especial atención a su uso en sectores industriales y urbanos.
- Reducir el consumo de agua en todos los sectores, optimizando los sistemas de abastecimiento y distribución.
- Fortalecer la gobernanza del agua, garantizando una planificación más eficiente y coordinada entre los distintos niveles administrativos.

Tabla 7. Principales objetivos del Plan DSEAR relacionados con la adaptación del ciclo urbano.

Otro documento de gran relevancia son las **Orientaciones Estratégicas sobre Agua y Cambio Climático**, que establecen un conjunto de directrices para la seguridad hídrica en España, articulando estrategias para la adaptación del sector hídrico a los efectos del cambio climático. El enfoque de esta estrategia refuerza la necesidad de vincular la adaptación al cambio climático con la recuperación de los ecosistemas hídricos y la eficiencia en el uso del recurso.

- Restaurar ríos, lagos, acuíferos y zonas húmedas, promoviendo la Estrategia Nacional de Restauración de Ríos.
- Garantizar la seguridad hídrica, mediante la reducción del consumo y la protección de las masas de agua.
- Fomentar el saneamiento y la reutilización del agua, en línea con el Plan DSEAR.
- Avanzar en la gestión de riesgos hídricos, a través de Planes de Gestión del Riesgo de Inundaciones y Planes Especiales de Sequía.
- Desarrollar sistemas de monitoreo e innovación, para mejorar el conocimiento sobre los efectos del cambio climático en los recursos hídricos.
- Modernizar la gobernanza del agua, promoviendo un modelo participativo y equitativo

Tabla 8. Principales objetivos de las orientaciones estratégicas relacionadas con la adaptación del ciclo urbano

Marco internacional		
Declaración DHAS	Agenda 2030	
• Reconocimiento como derecho humano • Principios fundamentales • Gestión, beneficios y oportunidades	• Agua y saneamiento para todos • Recursos hídricos resilientes • Responsabilidad compartida	
Marco comunitario		
Pacto Verde	Estrategia de Adaptación al Cambio Climático	Plan Zero Pollution
• Neutralidad climática • Contaminación cero • Circularidad	• Gestión y sostenibilidad • Recurso resiliente • Ahorro y eficiencia	• Contaminación cero • Vertidos • Plásticos y micro plásticos
Plan de Acción de Economía Circular		
• Calidad del agua • Reducción de consumo • Reutilización		
Marco nacional		
PNACC 2021-2030	Estrategia Española de Economía Circular	Plan DSEAR
• Economía y sociedad resilientes • Gestión integrada del agua y territorio • Infraestructura urbana resiliente	• Estrategias integrales de gestión • Reducción de contaminación • Reutilización	• Depuración • Reutilización • Reducción de consumo
Plan de Recuperación, Transformación y Resiliencia	Orientaciones Estratégicas sobre Agua y Cambio Climático	Agenda Urbana Española
• Infraestructura verde • Conservación y restauración • Gestión y planificación de recursos	• Seguridad hídrica • Restauración • Resiliencia	• Infraestructuras verdes • Conectividad ecológica • Eficiencia y reutilización

Tabla 9. Ideas claves del marco estratégico de adaptación de los sistemas de agua urbana al cambio climático.

3.1.2. Claves del marco legal de la adaptación de los sistemas de agua urbana

El marco normativo que regula la relación entre **los sistemas de agua urbana y el cambio climático** en España y la Unión Europea es un **entramado de normas y regulaciones** que, si bien no conforman una única legislación específica, establecen directrices clave para la adaptación del sector hídrico a los efectos del cambio climático. Este marco juega además un papel central en la adaptación de los sistemas de agua urbana al cambio climático, ya que define las determinaciones, responsabilidades y oportunidades.

Si bien no existe una normativa específica que regule los sistemas de agua urbana en clave climática, la interacción entre distintas legislaciones nacionales e internacionales establece un marco de referencia que orienta su evolución hacia una mayor sostenibilidad y resiliencia. A través de la convergencia de principios como la eficiencia hídrica, la restauración de ecosistemas y la protección de la calidad del agua, el ordenamiento jurídico permite que los sistemas de ciclo urbano desarrollen estrategias de adaptación alineadas con los compromisos climáticos globales y europeos.

El reconocimiento del agua como derecho humano fundamental, establecido por la Resolución A/RES/64/292 de Naciones Unidas (2010), marca un punto de inflexión en la gobernanza del recurso. Este principio pone en la agenda los Estados la necesidad de asegurar la disponibilidad, accesibilidad, asequibilidad y calidad del agua para todos, lo que implica un compromiso directo con la seguridad hídrica en contextos de crisis climática. La igualdad en el acceso al agua se convierte, por tanto, en una premisa ineludible para la planificación de los sistemas de agua urbana.

En el plano internacional, el Acuerdo de París (2015) establece un marco vinculante para la acción climática, impulsando estrategias de reducción de emisiones y adaptación a los impactos del cambio climático. Dentro de este esquema, la gestión del agua debe alinearse con los objetivos de neutralidad climática y resiliencia, lo que genera oportunidades para incorporar medidas como la reutilización del agua regenerada, la optimización del consumo y la digitalización de infraestructuras hídricas. Sin embargo, a pesar de su importancia, el Acuerdo no define una estrategia específica para el agua, lo que obliga a los Estados a desarrollar sus propias regulaciones en este ámbito.

En la Unión Europea, la legislación en materia de aguas ha sido una de las más avanzadas, aunque con un enfoque que ha evolucionado de la protección ambiental hacia la integración con la agenda climática. Normativas como la Directiva Marco del Agua (2000/60/CE) han establecido principios fundamentales para la gestión sostenible de los recursos hídricos, garantizando su calidad y disponibilidad a largo plazo. A pesar de no haber sido diseñada con un enfoque climático explícito, esta directiva ha servido de base para la incorporación de medidas de adaptación, promoviendo la protección de los ecosistemas acuáticos y la mitigación del impacto de fenómenos extremos como sequías e inundaciones.

En la misma línea, la reciente actualización de la Directiva de Aguas Residuales (2024) representa un avance significativo, ya que incorpora por primera vez una perspectiva climática en la gestión del saneamiento y la depuración. Al establecer nuevas reglas para reducir la contaminación hacia el vertido cero, la reducción de emisiones de gases de efecto invernadero en el tratamiento del agua y el fomento de la eficiencia energética en el sector, esta norma permite que los sistemas de agua urbana se alinee con los compromisos climáticos europeos.

Uno de los avances más relevantes en el plano normativo es la Ley Europea del Clima (Reglamento UE 2021/1119), que establece la meta de neutralidad climática para 2050. Aunque su alcance es transversal, esta legislación representa una oportunidad para redefinir el papel de los sistemas de agua urbana dentro de las estrategias de adaptación y mitigación, fomentando la descarbonización del sector hídrico mediante la integración de energías renovables en sus infraestructuras.

Por otro lado, la Ley de Restauración de la Naturaleza, actualmente en proceso de implementación en la UE, refuerza el enfoque de adaptación basado en la restauración de ecosistemas hídricos. Esta normativa reconoce la importancia de los ríos urbanos, acuíferos y humedales como infraestructuras naturales que contribuyen a la resiliencia climática, proporcionando beneficios como la regulación térmica, la filtración de contaminantes y la reducción del riesgo de inundaciones. Su aplicación representa una ventaja estratégica para las ciudades, ya que permite integrar soluciones basadas en la naturaleza en la planificación hídrica urbana.

Dentro del marco normativo estatal, si bien se carece de legislación básica nacional reguladora de los sistemas de agua urbana, encontramos un conjunto de normas que aportan argumentos para el desarrollo de estrategias de adaptación al cambio climático.

La **Ley de Cambio Climático y Transición Energética** es el principal marco legal en España en materia de cambio climático. Su objetivo principal es facilitar la descarbonización de la economía, promover la transición hacia un modelo circular basado en el uso racional y equitativo de los recursos, y fomentar la adaptación a los impactos del cambio climático. Asimismo, busca implantar un modelo de desarrollo sostenible que genere empleo digno y contribuya a la reducción de las desigualdades (Art. 1).

Entre los principios fundamentales de la ley se encuentran la protección del medio ambiente, la preservación de la biodiversidad y la aplicación del principio de “quien contamina paga”. Además, se prioriza la resiliencia, la promoción de la salud pública y la protección de colectivos vulnerables, con especial énfasis en la infancia.

La ley establece las bases para la integración del cambio climático en la planificación hidrológica. Aunque no menciona explícitamente los sistemas de agua urbana, sus objetivos están alineados con la seguridad hídrica, la reducción de la exposición y vulnerabilidad al cambio climático, y el incremento de la resiliencia. Estos elementos forman un marco unificado dentro de la gestión integrada del agua.

Otro aspecto clave regulado por la ley es la planificación y gestión territorial y urbanística, que incide directamente en los sistemas de agua urbana. En este sentido, el artículo 21 establece que las intervenciones en el medio urbano y la edificación deben considerar los riesgos climáticos, integrando medidas de adaptación y resiliencia en los instrumentos de planificación.

La legislación del agua en España presenta una integración climática desigual. Mientras que el Texto Refundido de la Ley de Aguas (TRLA), aunque alineado con la Directiva Marco del Agua, carece de un enfoque climático explícito, el Reglamento del Dominio Público Hidráulico (RDPH) ha ido incorporando medidas de adaptación a través de sucesivas modificaciones. Por su parte, el Real Decreto 3/2023, con un enfoque basado en la gestión del riesgo, introduce herramientas clave para la protección de la salud humana y el acceso equitativo al agua, alineándose con las estrategias de adaptación al cambio climático. Algunas de estas medidas se sintetiza en la tabla 10.

Gestión del riesgo de inundaciones y ordenación territorial

- Se establecen limitaciones de uso en zonas inundables (Art. 14 bis RDPH), priorizando la protección de infraestructuras esenciales.
- Se promueve la restauración fluvial y la continuidad de los cauces, estableciendo criterios para el diseño de obras de protección que minimicen la inundabilidad y los riesgos aguas arriba y abajo (Art. 126 ter RDPH).
- Se fomenta el uso de sistemas urbanos de drenaje sostenible (SUDS) en nuevos desarrollos urbanos e industriales (Art. 126 ter 7. RDPH).
- Las actuaciones de conservación de cauces deben basarse en soluciones basadas en la naturaleza (Art. 126 quater RDPH).

Protección de fuentes de abastecimiento y calidad del agua

- Se otorga protección especial a los usos del dominio público hidráulico vinculados al abastecimiento humano, evitando actividades contaminantes en zonas protegidas.
- Se regulan los perímetros de protección de captaciones de agua para consumo humano, prohibiendo actividades contaminantes y estableciendo restricciones a nuevas concesiones (Art. 243 ter RDPH).
- El Real Decreto 3/2023 introduce un enfoque de gestión del riesgo, obligando a evaluar y gestionar los riesgos en fuentes de abastecimiento, infraestructuras de distribución y edificios prioritarios (Art. 51, 59-61).

Gestión de sequías:

- El Plan Hidrológico Nacional establece el deber para las administraciones responsables del abastecimiento urbano de elaborar **Planes de Emergencia ante Sequías** para poblaciones de más de 20.000 habitantes (Art. 27.3).

Saneamiento y control de vertidos

- Se introducen medidas para mitigar los desbordamientos del saneamiento en episodios de lluvia, exigiendo tratamientos primarios en sistemas unitarios y pretratamientos en sistemas separativos (Art. 259 ter RDPH).
- Se regulan los Planes Integrales de Gestión del Sistema de Saneamiento (PIGSS) para mejorar la planificación de vertidos urbanos (Art. 259 quinquies RDPH).

En relación a la protección de la salud y el acceso al agua, el **Real Decreto 3/2023**, como pilar de la adaptación dlos sistemas de agua urbana, establece medidas clave:

- Dotación mínima de agua: Garantiza un consumo medio de 100 litros por habitante y día (Art. 9.1).
- Acceso a poblaciones vulnerables: Obliga a las administraciones locales a identificar y atender a personas sin acceso al agua (Art. 16).
- Control de fugas: Se exige evaluar y corregir pérdidas de agua en las redes de distribución (Art. 47).
- Evaluación de riesgos: Introduce un enfoque preventivo para garantizar la calidad y disponibilidad del agua, considerando los efectos del cambio climático (Art. 51).
- Planes Sanitarios del Agua (PSA): Implementa una estrategia integral de evaluación y control del abastecimiento, desde la captación hasta el consumo final (Art. 59-61).

Tabla 10. Aspectos claves del marco legal de la adaptación de los sistemas de agua urbana.

En clave de adaptación se distinguen tres grandes líneas. Por un lado, las relacionadas con la gestión del riesgo de inundaciones y la ordenación y limitación de los usos del suelos y las actividades en las zonas inundables (Art. 14 bis), con especial atención al establecimiento de servicios o equipamientos sensibles o infraestructuras públicas esenciales. Por otro, define un marco de actuación para la restauración fluvial y la gestión del riesgo de inundaciones, promoviendo el respeto a la continuidad longitudinal y lateral de los cauces y definiendo una serie de criterios generales para el diseño y conservación de las obras de protección en los cauces frente a inundaciones en la que se tenderá, en lo posible, a aumentar el espacio del cauce y no agravar la inundabilidad y el riesgo preexistente aguas arriba y aguas abajo de la actuación (Art. 126 ter).

- Además de estas cuestiones, el reglamento introduce el uso de sistemas urbanos de drenaje sostenible, tales como superficies y acabados permeables (Art. 126 ter 7.), en las nuevas urbanizaciones, polígonos industriales y desarrollos urbanísticos.
- En las actuaciones de conservación y mantenimiento de cauces (Art. 126 quater) se priorizarán aquellas actuaciones basadas en la naturaleza.
- En relación a la contaminación, el reglamento calificación como objeto de especial protección aquellos usos posteriores del dominio público hidráulico que correspondan al abastecimiento de aguas de consumo humano que impliquen afección a la salud humana o estén asociados a masas de agua incluidas en el registro de zonas protegidas.
- El reglamento incorpora la protección de las fuentes de abastecimiento mediante la regulación de los perímetros de protección de captaciones de agua destinadas al consumo humano, que deberán ser determinados por las administraciones competentes en el abastecimiento urbano y los organismos de cuenca (Art. 243 ter). Dentro de los perímetros queda prohibido el ejercicio de actividades potencialmente contaminantes y también se podrán poner limitaciones y condicionantes a nuevas concesiones y otros usos y actividades.

En el ámbito de los vertidos, el reglamento avanza algunas de las cuestiones planteadas en la revisión de la Directiva de Aguas Residuales, como los desbordamientos del sistema de saneamiento en episodios de lluvia (Art. 259 ter) o los Planes Integrales de Gestión del Sistema de Saneamiento (PIGSS) para determinadas situaciones (Art. 259 quinquies). En el primer caso, el reglamento establece una serie de determinaciones para reducir la contaminación en episodios de lluvia, que serán, al menos, un tratamiento primario en los sistemas de saneamiento unitario o un pretratamiento en sistemas de saneamiento separativo.

La Ley del Plan Hidrológico Nacional regula el conjunto de materias a las que se refiere el art. 43 del TRLA. [Enlace](#). Aunque es una norma de orientación estratégica y que contiene un conjunto de determinaciones vinculadas con la planificación hidrológica, incluye dos importantes aspectos que tienen incidencia en la adaptación de los sistemas de agua urbana al cambio climático.

En relación con la gestión de las sequías, establece la obligatoriedad de disponer de un Plan de Emergencia ante situaciones de sequía para las Administraciones públicas responsables de sistemas de abastecimiento urbano que atiendan, singular o mancomunadamente, a una población igual o superior a 20.000 habitantes (Art. 27.3.). La ley indica que estos planes debían estar operativos en un plazo máximo de cuatro años tras su entrada en vigor.

Otro elemento vinculado con la adaptación al cambio climático hace referencia a las actuaciones en cauces públicos situados en las zonas urbanas, que corresponderá a los ayuntamientos, por ser competentes en materia de ordenación del territorio y urbanismo (Art. 28.4).

El Real Decreto 3/2023 es una norma de gran calado e importancia en las políticas de adaptación de los sistemas de agua urbana al cambio climático. En efecto, este real decreto *establece el marco jurídico para proteger la salud humana de los efectos adversos de cualquier contaminación del agua de consumo al garantizar que sea salubre y limpia. Por otra, facilita el acceso a la misma siguiendo lo indicado por Naciones Unidas en el derecho humano al agua y saneamiento en el Reino de España.*” (parte II del preámbulo). La protección de la salud y la garantía de acceso al agua son estrategias claves en las políticas de adaptación al cambio climático definidas en instrumentos como el Pacto Verde, la Estrategia de Adaptación al Cambio Climático de la Unión Europea o el Plan Nacional de Adaptación:

- El real decreto se basa en el enfoque de gestión del riesgo, integrando la evaluación y gestión del riesgo de las zonas de captación de aguas de consumo humano; la evaluación y gestión del riesgo en la zona de abastecimiento, desde la captación hasta la entrega al usuario y, por último, la evaluación y gestión del riesgo de las instalaciones interiores en edificios prioritarios.
- Establece una dotación diaria neta de consumo medio de, al menos, 100 litros por habitante y día (Art. 9.1.) así como el deber de los operadores de contabilizar el recurso captado, tratado y distribuido (Art. 9.2).
- Se promueve el agua de grifo, tanto en dependencias y equipamientos públicos, como en establecimientos del sector de hostelería y restauración.
- Acceso al agua y población vulnerable. Establece que las administraciones locales deberán adoptar las medidas necesarias para mejorar el acceso al agua de consumo a toda la población, en especial para los grupos vulnerables o en riesgo de exclusión social. Para ello se deberá identificar a las personas que no tienen acceso al agua, evaluar posibilidades de mejora, informar sobre mecanismos de acción social y elaborar un informe sobre la situación de acceso al agua en el municipio.
- Los operadores de las zonas de abastecimiento tipo 3, 4, 5 y 6 deberán realizar una evaluación de los niveles de fugas estructurales de agua de consumo y agua bruta y el propietario de las infraestructuras afectadas deberá tomar las medidas correctoras y preventivas necesarias para reducir las fugas evitables (Art. 47).
- Se debe realizar la evaluación del riesgo de las zonas de captación destinada a la producción de agua de consumo se realizará siempre que proporcionen un volumen medio de, al menos, 10 metros cúbicos diarios o abastezca a más de cincuenta personas (Art. 51). El real decreto establece los elementos y el alcance de la evaluación, incluyendo la de-

tección de peligros y las medidas de gestión del riesgo. En el proceso de evaluación de riesgos se considerarán de forma específica los riesgos derivados del cambio climático, con el objeto de identificar las medidas de adaptación más adecuadas para hacerles frente.

- Define la evaluación y gestión del riesgo en las zonas de abastecimiento y edificios prioritarios a través de los planes sanitarios del agua (PSA) (Art. 59, 60 y 61). El PSA es una metodología con un planteamiento integral de evaluación y gestión de los riesgos que abarca todas las etapas del abastecimiento, desde la toma de captación, potabilización, almacenamiento y distribución hasta el punto de cumplimiento y las instalaciones interiores (Art. 59.1).

3.2. Objetivos y líneas estratégicas de adaptación de los sistemas de agua urbana al cambio climático

La gestión del ciclo urbano de agua en las próximas décadas va a estar determinada por los efectos de cambio climático, que tendrán especial proyección en aspectos como la disminución de la cantidad y calidad de los recursos hídricos, el incremento de la degradación de los ecosistemas acuáticos y las fuentes de suministro y el aumento de los fenómenos meteorológicos extremos.

Los distintos planes y programas y normas analizadas configuran un marco estratégico e institucional que sienta las bases para la planificación y gestión de los sistemas de agua urbana y en el que la adaptación es una componente fundamental de la respuesta al cambio climático.

En los términos reflejados en el Acuerdo de París, el fin que se persigue con la adaptación es proteger a las personas, los medios de vida y los ecosistemas y debe llevarse aplicando un enfoque basado en las cuestiones de género, la participación y la transparencia, tomando en consideración a la población vulnerable y los ecosistemas, inspirándose en la mejor información científica disponible y los sistemas de conocimientos locales.

El agua, por su papel fundamental en el sostenimiento de los ecosistemas y los medios de vida de los seres humanos, es un componente clave en la adaptación al cambio climático. Es por ello que la piedra angular de la gestión de los sistemas de agua urbana debe sustentarse sobre el gran objetivo de conseguir la seguridad hídrica para las personas, la protección de la biodiversidad como medida fundamental para aumentar la capacidad de adaptación, fortalecer la resiliencia y reducir la vulnerabilidad. Partiendo de esta base, el marco de adaptación de los sistemas de agua urbana al cambio climático engloba una serie de objetivos fundamentales (tabla II) que, en su conjunto, definen una estrategia de transición hídrica.

Objetivos

1. **Garantizar el Derecho Humano al Agua y el Saneamiento** bajo los principios de disponibilidad, accesibilidad, asequibilidad, calidad y seguridad y aceptación, con especial atención a la protección de la contaminación y la sobreexplotación de las fuentes de abastecimiento.
2. **Incrementar la seguridad hídrica** garantizando la prioridad legal de los abastecimientos urbanos mediante el uso eficiente y racional de los recursos, la reducción de la demanda y la protección de las masas de agua y los ecosistemas asociados.
3. **Priorizar el enfoque de resiliencia en las estrategias de actuación**, interviniendo preferentemente sobre las fuerzas motrices y presiones, mejorando la capacidad de adaptación frente a los riesgos y reduciendo así al máximo los impactos.
4. **Extender la circularidad en los sistemas de agua urbana**, impulsando la reutilización y el aprovechamiento de los materiales y recursos generados en los procesos de depuración.
5. **Alcanzar la contaminación cero** para un entorno sin sustancias tóxicas y reducir la contaminación del agua por nutrientes, sustancias químicas y residuos.
6. **Garantizar la protección de la salud** de las personas de los efectos adversos derivados de cualquier tipo de contaminación de las aguas; defendiendo su acceso, salubridad, calidad y limpieza, en todos y cada uno de sus usos.

Objetivos

7. **Promover la gestión integral de los sistemas de agua urbana**, apoyada en nuevo modelo de gobernanza y en un enfoque multidisciplinar, aplicando el principio de precaución, integrando conocimiento científico-técnico y el componente social y político.
8. **Contribuir a la renaturalización urbana** en el marco de las ciudades sensibles al agua, priorizando las soluciones basadas en la naturaleza y la adopción de sistemas urbanos de drenaje sostenibles y sistemas de uso eficiente del agua
9. **Avanzar en la modernización del ciclo de agua a través de la digitalización**, la innovación y la formación, mejorando el conocimiento de los usos del agua y la eficiencia hídrica, incrementar la transparencia y la información disponible.
10. **Desarrollar un modelo de gobernanza del agua transparente, equitativo y participativo** actualizando los mecanismos de gobernanza del agua para dar diálogo y respuesta coordinada a los retos entre los responsables de la gestión del agua y de políticas sectoriales, integrando a todos los agentes sociales (usuarios, empresas y administración) en la toma de decisiones y potenciando la divulgación a la ciudadanía y su capacitación social en relación con los problemas y retos de la gestión del agua.

Tabla 11. Objetivos de adaptación al cambio climático de los sistemas de agua urbana.

A partir de estos grandes objetivos, derivados del marco estratégico y normativo se pueden establecer una serie de orientaciones o líneas estratégicas de adaptación a cada una de las fases de los sistemas de agua urbana que se resumen en las tablas 12 y 13.

Fase	Orientación
Captación	a) Avanzar en la restauración de los ecosistemas acuáticos y contribuir a la recuperación del buen estado de todas las masas de agua. b) Implementar proyectos de restauración y conservación de ríos, acuíferos, lagos y humedales que actúan como fuentes de captación, en línea con los planes hidrológicos y la Estrategia Nacional de Restauración de Ríos (ENRR). c) Promover la creación de infraestructuras verdes, como humedales artificiales y buffers de vegetación, y territorios esponja que ayuden a filtrar contaminantes y estabilizar los caudales de agua. d) Promover la delimitación de perímetros de protección de captaciones de agua destinadas al consumo humano, así como la evaluación del riesgo en las zonas de captación. e) Desarrollar un sistema de protección efectiva de las fuentes de suministro a través de la ordenación de los usos y actividades en la zonas de captación. Garantía de cumplimiento de la prioridad legal de los abastecimientos urbanos. f) Reducir la presión extractiva, integrando prácticas de gestión eficiente del agua en la captación, promoviendo el uso sostenible de las fuentes mediante la reducción de la demanda y el fomento de la eficiencia hídrica. g) Desarrollar e implementar sistemas avanzados de monitoreo que permitan evaluar continuamente la calidad y cantidad de agua en las fuentes de captación. h) Establecer indicadores de alerta temprana que permitan tomar decisiones rápidas ante la detección de contaminantes o disminución de caudales, garantizando la continuidad y seguridad del suministro de agua.

Fase	Orientación
Potabilización	a) Reservar las fuentes de agua de mayor calidad al abastecimiento humano para minimizar las necesidades de tratamiento. b) Reducir el uso de productos químicos para el tratamiento de potabilización. c) Impulsar la reutilización del agua tratada en el proceso de potabilización, especialmente en contextos urbanos, para reducir la presión sobre las fuentes de agua dulce y mejorar la resiliencia frente a la escasez hídrica. d) Mejorar de la eficiencia energética en el tratamiento y suministrar energías renovables en los procesos de tratamiento. e) Desplegar tecnologías de sensorización, Internet de las Cosas (IoT) e inteligencia artificial para monitorear en tiempo real la calidad del agua y la eficiencia de los procesos de potabilización, mejorando la capacidad de respuesta ante variaciones climáticas. f) Adoptar tecnologías avanzadas de tratamiento, como la filtración por membranas o la oxidación avanzada, para garantizar la eliminación de contaminantes emergentes y ajustar el tratamiento a la calidad variable del agua bruta. g) Desarrollar planes de contingencia específicos para las plantas de potabilización, que contemplen eventos climáticos extremos como sequías prolongadas o inundaciones, asegurando la continuidad del suministro de agua potable.

Fase	Orientación
Abastecimiento	a) Garantizar el acceso al agua a la población vulnerable y los grupos en riesgos de exclusión social, identificando los colectivos y las personas que no tienen acceso al agua, evaluando posibilidades de mejora, informando sobre mecanismos de acción social y elaborando un informe sobre la situación de acceso al agua en el municipio. b) Promover el agua de grifo, tanto en dependencias y equipamientos públicos, como en establecimientos del sector de hostelería y restauración. c) Implementar un programa integral de detección y reparación de fugas en la red de distribución, utilizando tecnologías avanzadas como sensores, análisis de big data e inteligencia artificial para identificar rápidamente puntos críticos y reducir las pérdidas de agua. d) Mejorar la infraestructura de distribución, priorizando la renovación de tuberías y sistemas antiguos que son más propensos a fugas, con el fin de optimizar el uso del agua captada y proteger las fuentes de suministro. e) Promover el uso de contadores inteligentes que permitan un monitoreo más preciso del consumo de agua y faciliten la implementación de tarifas variables según el uso, incentivando el ahorro y la eficiencia hídrica. f) Establecer un sistema de monitoreo continuo de la calidad del agua en toda la red de distribución para detectar y corregir rápidamente cualquier contaminación que pueda afectar la seguridad del suministro. g) Realizar evaluaciones periódicas de las zonas de abastecimiento para identificar vulnerabilidades frente a eventos climáticos extremos, contaminación o sobreexplotación, con el fin de implementar medidas preventivas y correctivas adecuadas.

Fase	Orientación
Abastecimiento	h) Adaptar la infraestructura de distribución para ser resiliente frente a fenómenos climáticos extremos, como inundaciones o sequías prolongadas, asegurando que el sistema pueda operar de manera efectiva bajo condiciones adversas. i) Desarrollar planes de contingencia que incluyan el suministro alternativo de agua potable en situaciones de emergencia, garantizando que la población tenga acceso al agua. j) Fomentar el uso de fuentes alternativas, como la captación de agua de lluvia y las aguas regeneradas, para complementar el suministro de agua potable y reducir la presión sobre las fuentes tradicionales. k) Impulsar medidas de adaptación de calidades para satisfacer demandas menos exigentes, como inodoros, riego de áreas verdes y limpieza urbana, disminuyendo así la demanda sobre el agua de alta calidad destinada al consumo humano. l) Promover prácticas de jardinería hidroeficiente, incluyendo planes de gestión del riesgo, la implantación de especies adaptadas climáticamente, y la xerojardinería. m) Integrar el uso de energías renovables en las infraestructuras de abastecimiento y distribución de agua, como la instalación de paneles solares en estaciones de bombeo y plantas de tratamiento. n) Desarrollar programas de optimización energética en el sistema de distribución, incluyendo la implementación de tecnologías más eficientes y la automatización de procesos, para reducir el consumo de energía y disminuir la huella de carbono del ciclo del agua.

Fase	Orientación
Saneamiento	a) todas las fases del proceso, desde la recolección y transporte de aguas residuales hasta su tratamiento y disposición final. Estos planes deben incluir estrategias para la mejora continua de la infraestructura, la optimización del uso de recursos y la minimización de impactos ambientales. b) Integrar la planificación de saneamiento con otras áreas clave de gestión urbana, como el uso del suelo, la gestión de aguas pluviales, y la protección de fuentes de agua, asegurando un enfoque holístico y coordinado que maximice la eficiencia y la sostenibilidad. c) Implementar sistemas separativos para la gestión de las aguas residuales y pluviales. d) Promover la implantación de sistemas de reciclaje de aguas grises en la edificación. e) Implementar estrictos controles y regulaciones para los vertidos industriales y de actividades económicas contaminantes, asegurando que las aguas residuales sean pre-tratadas antes de ser vertidas en el sistema de alcantarillado, minimizando la carga contaminante que llega a las plantas de depuración. f) Elaborar Planes Integrales de Gestión del Sistema de Saneamiento que aborden Promover la reducción del uso de productos químicos tóxicos y fomentar alternativas ecológicas en actividades industriales y actividades económicas contaminantes, reduciendo así la presencia de contaminantes persistentes en las aguas residuales. g) Establecer sistemas de monitoreo para identificar y controlar las fuentes de contaminación difusa de origen urbano, como residuos sólidos, productos químicos y aceites que pueden ser arrastrados por las lluvias hacia el sistema de alcantarillado y cuerpos de agua. h) Implementar tecnologías de eficiencia energética en las estaciones de bombeo y plantas de tratamiento de aguas residuales, como motores de alta eficiencia, sistemas de control avanzados y la automatización de procesos.

Fase	Orientación
Saneamiento	i) Realizar auditorías energéticas periódicas para identificar oportunidades de mejora y optimizar el uso de energía en las operaciones de saneamiento y depuración. j) Introducir prácticas de gestión que reduzcan el consumo de energía en la operación diaria de las instalaciones de saneamiento, como la optimización de horarios de bombeo según la demanda de energía y la utilización de procesos biológicos de bajo consumo energético. k) Desarrollar e implementar soluciones basadas en la naturaleza, como humedales artificiales, para el tratamiento de aguas residuales y pluviales, mejorando la calidad del agua tratada y proporcionando beneficios adicionales como la biodiversidad y el secuestro de carbono. DRENAJE URBANO l) Aplicación de los principios del diseño urbano sensible al agua, imitando las condiciones previas al desarrollo urbano, disminuyendo los impactos que la urbanización produce sobre la cantidad y calidad del agua de escorrentía y promoviendo la recuperación de los balances hídricos naturales. h) Planificando la red de drenaje integrada con el resto de elementos de la urbanización. Integrar zonas verdes y humedales en el entorno urbano para gestionar las aguas pluviales, especialmente en las zonas más bajas, reduciendo la escorrentía y promoviendo la infiltración natural. i) Protección y mantenimiento de las condiciones naturales, preservando los elementos de la red natural, especies vegetales autóctonas, cursos de agua, etc. j) Disminuir la escorrentía, captando el agua de lluvia en el origen y favoreciendo su tratamiento mediante la retención, sedimentación e infiltración. k) Usar cadenas de tratamiento para la eliminación de contaminantes: identificar el tipo de contaminantes que puede arrastrar la escorrentía, disponiendo elementos distintas etapas de tratamiento para asegurar una calidad de las aguas adecuada en su llegada al cuerpo receptor.

Fase	Orientación
Saneamiento	l) Promover la adopción de sistemas urbanos de drenaje sostenible (SUDS) en la planificación y diseño de infraestructuras urbanas, como techos verdes, pavimentos permeables, y estanques de retención, que gestionen de manera efectiva las aguas pluviales y mitiguen el riesgo de inundaciones.
Depuración y reutilización	a) Promover el desarrollo y la implementación de tecnologías no convencionales basadas en SbN, como humedales artificiales, filtros verdes, y sistemas de biofiltros, para el tratamiento de aguas residuales. b) Priorizar el uso de SbN en áreas rurales y pequeños núcleos de población donde las soluciones tecnológicas tradicionales puedan ser menos viables económicamente, asegurando que todos los núcleos poblacionales tengan acceso a sistemas de depuración eficientes. c) Extender la cobertura de sistemas de depuración a todos los núcleos de población, incluidos los pequeños asentamientos y edificaciones aisladas, asegurando que ninguna comunidad quede excluida del acceso a un tratamiento adecuado de aguas residuales. d) Fomentar la implementación de sistemas de depuración autónomos y descentralizados en áreas donde no es viable la conexión a redes de saneamiento centralizadas, utilizando tecnologías adaptadas a las características específicas de cada lugar. e) Fomentar la implementación de tecnologías y prácticas que reduzcan el consumo energético en las plantas de depuración, tales como la optimización de procesos de tratamiento biológico, el uso de sistemas de control avanzados y la modernización de equipos. f) Realizar auditorías energéticas regulares en las plantas de tratamiento para identificar oportunidades de mejora en la eficiencia energética y reducir la huella de carbono del proceso de depuración.

Fase	Orientación
Depuración y reutilización	g) Impulsar la implantación de fuentes de energía renovable en los sistemas de depuración, como la instalación de paneles solares o la utilización de biogás generado en la digestión anaeróbica de lodos, para alcanzar un mayor grado de autoconsumo y reducir la dependencia de fuentes de energía externas y no renovables. h) Promover la valorización de lodos generados en el proceso de depuración a través de su uso como fertilizantes en la agricultura, su conversión en biogás o su incorporación en la producción de materiales de construcción. i) Aplicar los mejores tratamientos disponibles para la eliminación de contaminantes emergentes, microplásticos y otros productos químicos nocivos, utilizando tecnologías avanzadas como la filtración por membranas, la oxidación avanzada, y sistemas de adsorción. j) Extender el uso de agua depurada en aplicaciones no potables, como el riego agrícola, el mantenimiento de espacios verdes urbanos e instalaciones deportivas, la recarga de acuíferos y el uso industrial, reduciendo la presión sobre las fuentes de agua potable y promoviendo la sostenibilidad hídrica. k) Desarrollar infraestructuras dedicadas para la distribución y almacenamiento de agua depurada, facilitando su reutilización a gran escala y asegurando la calidad del agua reutilizada conforme a los estándares de seguridad. l) Implementar programas de monitoreo continuo para vigilar el impacto de los vertidos de agua tratada en los cuerpos receptores, asegurando que las descargas cumplan con los estándares ambientales y no afecten negativamente la salud de los ecosistemas acuáticos. m) Realizar evaluaciones periódicas del estado de los cuerpos de agua receptores para detectar y mitigar cualquier deterioro de la calidad del agua que pueda estar asociado con las actividades de depuración.

Fase	Orientación
Depuración y reutilización	n) Proteger y garantizar los usos del agua ligados a espacios naturales y zonas protegidas por la planificación hidrológica, asegurando que las actividades de depuración y reutilización no comprometan la integridad de estos ecosistemas ni los servicios ecosistémicos que proporcionan.

Tabla 12. Orientaciones estratégicas de adaptación de los sistemas de agua urbana al cambio climático.

Fase	Orientaciones
Aspectos transversales vinculados con modelo de gestión de los sistemas de agua urbana	a) Establecer un órgano de gobernanza que incluya representantes de todos los niveles de gobierno (local, regional, nacional) así como de las comunidades, el sector privado, ONGs y expertos técnicos. b) Revisar y actualizar las normativas existentes para asegurar que estén alineadas con los objetivos de sostenibilidad, protección ambiental y adaptación al cambio climático, facilitando una implementación efectiva y coherente en todas las etapas del ciclo del agua. c) En la escala municipal, promover la aprobación de ordenanzas y planes específicos para la gestión eficiente del agua, adaptación de calidades, implementación de SUDS, etc. Desarrollar mecanismos que permitan una participación activa de la ciudadanía en la toma de decisiones relacionadas con la gestión del agua, incluyendo consultas públicas, foros participativos y plataformas digitales de participación. d) Promover la educación y sensibilización de la comunidad y la capacitación social sobre la importancia de la gestión integrada del agua, el uso sostenible de los recursos hídricos y los desafíos del cambio climático, empoderando a los ciudadanos para que se conviertan en actores clave en la gobernanza del agua.

Fase	Orientaciones
Aspectos transversales vinculados con modelo de gestión de los sistemas de agua urbana	e) Implementar sistemas de transparencia que aseguren que toda la información relevante sobre la gestión del agua, incluyendo datos sobre calidad, disponibilidad, y decisiones de inversión, esté accesible para el público y todas las partes interesadas. f) Desarrollar plataformas digitales que faciliten el acceso a la información en tiempo real, permitiendo un monitoreo continuo y una mayor rendición de cuentas por parte de las autoridades responsables de la gestión del agua. g) Promover la investigación y el desarrollo de nuevas tecnologías y prácticas innovadoras que mejoren la eficiencia del uso del agua, reduzcan la contaminación y faciliten la adaptación al cambio climático. h) Establecer colaboraciones con universidades, centros de investigación y el sector privado para desarrollar proyectos piloto y escalar soluciones efectivas en la gestión del ciclo del agua. i) Desarrollar programas de formación continua, incluyendo capacitación en nuevas tecnologías, mejores prácticas de gobernanza, y estrategias de adaptación al cambio climático. j) Fomentar la creación de redes de conocimiento y plataformas de intercambio de experiencias entre profesionales del agua, facilitando la difusión de innovaciones y soluciones efectivas.

Tabla 13. Orientaciones estratégicas de adaptación de carácter transversal relacionadas con los sistemas de agua urbana.

3.3. Agua, cambio climático y servicios: mapa competencial

En este apartado nos aproximamos a las responsabilidades de las entidades locales en la intersección entre la gestión del agua y el cambio climático. La adaptación de los sistemas de agua urbana (CUA) al Cambio Climático (CC) en el ámbito local, se enfrenta actualmente a importantes obstáculos estructurales que dificultan una respuesta eficaz:

1. La ausencia de instrumentos de planificación hídrica específicos a escala urbana. La falta de planes locales relacionados con las infraestructuras y servicios de los sistemas de agua urbana dificulta la gestión de los recursos hídricos frente a los desafíos climáticos.
2. La obsolescencia del marco competencial local en materia de adaptación al cambio climático. La necesaria actualización de la Ley de Bases de Régimen Local representa una oportunidad para desarrollar un marco normativo que facilite la integración efectiva de las competencias municipales con las nuevas exigencias derivadas del cambio climático.
3. Las limitaciones técnicas y financieras de los municipios medianos y pequeños. Esta escasez de recursos supone una dependencia significativa de “administraciones mayores” (Estado, Comunidad Autónoma, Diputación) para implementar muchas de las medidas de adaptación, incluso para abordar la planificación previa a escala local.

A pesar de estos obstáculos, el marco institucional internacional, europeo y nacional define orientaciones estratégicas que pueden incorporarse a la gestión municipal, como veremos a continuación.

3.3.1. Marco Internacional

La **Resolución A/RES/64/292 de la Asamblea General de Naciones Unidas** establece el **derecho al agua potable y al saneamiento como derecho humano esencial**. Aunque no define competencias locales directas, establece principios clave que deben regir la actuación municipal. Los municipios, como responsables del abastecimiento y saneamiento, deben garantizar la **disponibilidad** del suministro, la **accesibilidad** física de las instalaciones, la **asequibilidad** de los servicios, la **calidad y seguridad** del agua, y la **aceptabilidad** de las instalaciones.

La **Agenda 2030**, particularmente a través del **ODS 6**, configura el marco de actuación local en materia de agua y cambio climático. Las entidades locales son actores clave para alcanzar el acceso universal al agua potable a precio asequible y el acceso equitativo al saneamiento. También **son responsables directas del aumento de la eficiencia** en el uso del agua y de la implementación de una **gestión sostenible** de los recursos hídricos en el ámbito urbano.

El **Acuerdo de París** refuerza el papel de las entidades locales en la adaptación al cambio climático. Los municipios tienen un papel fundamental en el desarrollo de sistemas de alerta temprana, la preparación ante situaciones de emergencia, la gestión de riesgos climáticos y el fortalecimiento de la resiliencia comunitaria. El Acuerdo reconoce especialmente la importancia de la actuación local para la protección de las personas, los medios de vida y los ecosistemas.

Este marco internacional, si bien **no establece competencias directas para las entidades locales**, configura los **principios fundamentales** que deben guiar su actuación en la adaptación de los sistemas de agua urbana al cambio climático. La implementación efectiva de estos principios requiere su integración en las políticas y ordenanzas municipales.

3.3.2. Marco Europeo

La **Directiva de Aguas Residuales**, tanto en su versión actual como en su nueva propuesta, constituye uno de los pilares fundamentales que configuran las obligaciones municipales. Los ayuntamientos deben garantizar **sistemas de colección y tratamiento** adecuados para todas las aglomeraciones que superen los **2.000 habitantes-equivalentes**. La nueva propuesta refuerza estas obligaciones, introduciendo la necesidad de **planes de gestión integral** del agua residual urbana para las grandes aglomeraciones y estableciendo objetivos de **neutralidad energética** en las instalaciones de tratamiento.

La **Directiva Marco del Agua**, aunque no establece obligaciones directas para los municipios, define el marco general para la actuación local en la **protección de las masas de agua** y la **gestión sostenible** del recurso en el ámbito urbano. Este marco es especialmente relevante en la protección de las aguas destinadas al consumo humano. Las entidades locales pueden contribuir significativamente a la consecución de los objetivos ambientales de la DMA mediante actuaciones concretas como la gestión eficiente de la demanda, el control de la contaminación difusa urbana, la implementación de sistemas de drenaje sostenible y la sensibilización ciudadana sobre el uso responsable del agua, aspectos todos ellos que resultan esenciales para alcanzar el buen estado ecológico de las masas de agua.

La **Ley Europea del Clima** introduce para las entidades locales la necesidad de desarrollar **capacidades de adaptación** y fortalecer la **resiliencia urbana**. En este contexto, cobra especial importancia la promoción de **soluciones basadas en la naturaleza** y el fomento de la **participación pública** en la acción climática local.

La **Directiva de Aguas de Consumo** resulta particularmente relevante para la gestión municipal al establecer la obligatoriedad de **evaluar y gestionar los riesgos** en todo el sistema de suministro. Además, refuerza la responsabilidad local en la **garantía de acceso al agua**, especialmente para los **colectivos vulnerables**, y establece obligaciones específicas en materia de **transparencia e información pública** sobre la calidad del agua.

3.3.3. Marco Nacional

La **Ley 7/2021 de Cambio Climático y Transición Energética** constituye el principal instrumento normativo que afecta a las entidades locales en esta materia. La ley establece para los municipios la promoción del **aprovechamiento energético** en los sistemas de abastecimiento y saneamiento, y la obligación de considerar los **riesgos climáticos** en la planificación urbana, especialmente en lo referente a las infraestructuras del agua.

El **Texto Refundido de la Ley de Aguas** configura el marco básico de actuación municipal en la gestión del agua, especialmente en lo referente a la **protección de las aguas de consumo humano** y la **prevención de la contaminación urbana**. La norma refuerza el papel municipal en el fomento de la **reutilización de aguas regeneradas** como medida de adaptación al cambio climático.

La **Ley 10/2001 del Plan Hidrológico Nacional** introduce dos obligaciones específicas relevantes: la necesidad de contar con **Planes de Emergencia** ante sequías para poblaciones y sistemas que abastezcan a más de 20.000 habitantes y la responsabilidad municipal en las **actuaciones en cauces públicos** en zonas urbanas. Ambas obligaciones configuran áreas estratégicas donde la acción municipal resulta determinante para mejorar la capacidad adaptativa de las ciudades frente a los extremos hídricos:

1. Los Planes de Emergencia constituyen instrumentos fundamentales para la adaptación al cambio climático, ya que permiten a los municipios anticiparse y gestionar escenarios de escasez hídrica cada vez más frecuentes e intensos. Estos planes deben incluir protocolos de actuación escalonados, medidas de gestión de la demanda y alternativas de suministro, fortaleciendo así la resiliencia de los sistemas urbanos de abastecimiento.
2. Por otra parte, la responsabilidad municipal en las actuaciones en cauces públicos en tramos urbanos también cobra especial relevancia en el contexto de adaptación, pues permite a los ayuntamientos implementar soluciones basadas en la naturaleza, restaurar la morfología fluvial y crear espacios de laminación para reducir el impacto de las crecidas e inundaciones, fenómenos cuya frecuencia e intensidad se incrementan debido al cambio climático.

Especialmente significativo resulta el reciente **Real Decreto 3/2023** sobre criterios técnico-sanitarios del agua de consumo, que establece para los municipios obligaciones concretas en materia de **garantía de suministro, control de fugas, evaluación de riesgos climáticos** y atención a **poblaciones vulnerables**.

La base competencial de todas estas obligaciones se asienta en la **Ley 7/1985 Reguladora de las Bases del Régimen Local**, que atribuye a los municipios competencias en **abastecimiento de agua, alcantarillado y tratamiento de aguas residuales**, estableciendo así el marco fundamental para la actuación local en la adaptación de los sistemas de agua urbana al cambio climático.

3.4. Conclusiones

De todo lo anterior, se podría deducir que el marco competencial de las entidades locales en materia de cambio climático presenta una característica significativa: la ausencia de una regulación específica que establezca de manera clara y directa las competencias y obligaciones municipales en este ámbito.

Las actuaciones locales en materia de adaptación de los sistemas de agua urbana al cambio climático parecen fundamentarse principalmente en las competencias generales que las entidades locales tienen atribuidas en materia de medio ambiente urbano y gestión del ciclo integral del agua. El marco normativo examinado, aunque contiene diversas referencias al cambio climático, no parece establecer un conjunto sistemático de competencias locales específicas en esta materia.

Esta situación contrasta con la importancia que los distintos instrumentos de planificación otorgan al papel de las entidades locales en la adaptación al cambio climático. Es notable que, mientras estos instrumentos señalan la relevancia de la actuación municipal, el marco normativo no ha desarrollado todavía un esquema competencial específico que dé soporte adecuado a estas responsabilidades.

Por tanto, cabría considerar que la actuación municipal en materia de adaptación al cambio climático se configura más como una dimensión transversal que debe incorporarse en el ejercicio de las competencias existentes, que como un ámbito competencial propio y claramente diferenciado.

Para lograr una implementación efectiva de las estrategias de adaptación de los sistemas de agua urbana al cambio climático en una parte significativa del territorio, debe considerarse la particularidad señalada de municipios medianos y pequeños. Su escasez de recursos técnicos y económicos limita su capacidad tanto para elaborar instrumentos propios de planificación a escala local, como para implementar medidas efectivas de adaptación, especialmente aquellas que requieren inversiones sustanciales o conocimiento técnico especializado.

Como complemento al análisis realizado en los apartados anteriores, y con el fin de proporcionar una visión integral y estructurada de las competencias locales en la materia, se presenta a continuación una tabla que relaciona las principales áreas de responsabilidad municipal con sus vínculos específicos con el cambio climático y el marco normativo que las sustenta (tabla I4).

Esta sistematización permite visualizar la forma en que las diferentes normas e instrumentos, desde el ámbito internacional hasta el nacional, configuran o condicionan el marco de actuación de las entidades locales en la adaptación de los sistemas de agua urbana al cambio climático, tratando de facilitar así una comprensión global de las intersecciones entre competencias, desafíos climáticos y fundamentos normativos.

Competencia Principal	Áreas de Actuación	Principales Vínculos con Cambio Climático	Marco Normativo de Referencia
Abastecimiento de agua	Suministro de agua potable	Eficiencia energética en bombeos	RD 3/2023
	Garantía de disponibilidad	Reducción de pérdidas	Res. A/RES/64/292
	Control de calidad	Adaptación a sequías	Dir. 2020/2184
	Gestión de infraestructuras	Eficiencia en el uso	ODS 6
Alcantarillado	Mantenimiento de red	Adaptación a eventos extremos	Dir. 91/271/CEE
	Gestión de capacidad	Prevención de desbordamientos	Reglamento Dom. Pub. Hidr.
	Monitorización	Sistemas de alerta temprana	Estrategia UE Adaptación
Saneamiento y Depuración	Tratamiento de aguas residuales	Eficiencia energética en procesos	Dir. 91/271/CEE
	Gestión de lodos	Valorización de residuos	Nueva Dir. Aguas Residuales
	Control de vertidos	Reducción de emisiones GEI	Reglamento Dom. Pub. Hidr.
Planificación	Planificación estratégica	Adaptación al cambio climático	Ley 7/2021
	Planificación operativa	Planes de sequía	Ley 10/2001 PHN
	Planificación económica	Integración con otros planes	Pacto Verde Europeo
Gestión de Pluviales	Drenaje urbano	Sistemas urbanos de drenaje sostenible	Reglamento Dom. Pub. Hidr.
	Prevención de inundaciones	Adaptación a lluvias torrenciales	Reglamento Dom. Pub. Hidr.
Gestión de la Demanda	Control de consumos	Reducción de consumos energéticos	RD 3/2023
	Eficiencia	Adaptación a escasez	ODS 6
Calidad del Servicio	Control de calidad	Adaptación a nuevos riesgos	RD 3/2023
	Accesibilidad y asequibilidad	Smart water	Res. A/RES/64/292
	Innovación	Resiliencia del servicio	Pacto Verde Europeo
Ordenanzas y Regulación	Normativa local	Objetivos de reducción emisiones	Ley 7/2021
	Licencias	Criterios construcción sostenible	Ley 7/1985 RBRL

Tabla 14. Marco competencial del sistema de agua urbana y su relación con el cambio climático.

4. ACTUACIONES PARA LA ADAPTACIÓN DEL CAMBIO CLIMÁTICO EN LOS SISTEMAS DE AGUA URBANA

Como se ha puesto de manifiesto en capítulos anteriores, existe una importante carencia de instrumentos normativos que definan de manera clara las competencias municipales en relación a la adaptación al cambio climático. También se adolece de legislación estatal que regule de manera integral los sistemas de agua urbana y los procesos de planificación a los que este debería someterse.

Con el objetivo de tratar de cubrir estas carencias, este capítulo tiene el cometido de aportar herramientas útiles para facilitar la puesta en práctica de los principios, objetivos y orientaciones estratégicas descritas en los apartados anteriores que permitan una planificación integral para la adaptación al cambio climático de los sistemas de agua urbana.

En primer lugar, se desarrolla una propuesta de marco de actuación para la adaptación de los sistemas de agua urbana al Cambio Climático. En ella se describe una metodología, adaptable a cada situación y contexto, estructurada en cinco fases que incluyen: el diseño del proceso de intervención; la caracterización de la situación de partida; la evaluación de los riesgos hidroclimáticos; la elaboración del Plan de Adaptación; y la implementación y seguimiento de las actuaciones. Todo ello adaptando los sistemas de agua urbana el enfoque de planificación iterativa de la Directiva Marco del Agua, así como los principios de gestión integrada de los sistemas de agua urbana, de evaluación de riesgos, y de gobernanza participativa.

En segundo lugar, se plantean un conjunto de medidas de adaptación aplicables en la planificación a partir de la clasificación establecida por la [Guía para la elaboración de Planes Locales de Adaptación al Cambio Climático](#) (Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente, 2016). De este modo, las actuaciones propuestas se clasifican en acciones bandas, verdes y grises. Cada una de las medidas cuenta con una ficha descriptiva y referencias para su implementación.

4.1. Propuesta de un marco de actuación para la adaptación de los sistemas de agua urbana al cambio climático

Si bien la Directiva Marco del Agua define con claridad un marco de planificación para la gestión del agua en la escala de cuenca, no existe hasta ahora una legislación a nivel estatal en España que de algún modo traslade estos principios al ámbito de los sistemas de agua urbana.

La elaboración de un marco de actuación para afrontar la necesaria adaptación de los sistemas de agua urbana al cambio climático se entiende así como la oportunidad para proponer un nuevo paradigma de planificación de actuaciones desde una perspectiva integral de los sistemas de agua urbana (Franco-Torres, Rogers, et al., 2021), adoptando para ello un enfoque de mejora de la resiliencia frente al cambio climático (Kirshen et al., 2018), entendido este como uno de los principales retos a abordar en la actualidad.

En este sentido, la propuesta que se desarrolla a continuación se fundamenta en los principios metodológicos siguientes:

- 1. Directiva Marco del Agua.** Con un marcado carácter iterativo, plantea la implementación de sucesivos ciclos de planificación de 6 años de duración. El ciclo comienza con un diagnóstico de la situación, al que sigue la determinación de objetivos, el desarrollo de programas de medidas que nos ayuden a alcanzar estos objetivos, y el establecimiento de un programa de seguimiento y control que permita evaluar el avance hacia los objetivos propuestos y la revisión y modificación de los planes y las medidas en caso de que se produzcan desviaciones. En el centro del proceso están los ecosistemas acuáticos como generadores de agua y servicios ambientales, y a lo largo de las distintas fases existe la obligación de definir procesos de información, consulta y participación pública. Se trata pues, de un proceso orientado hacia la gestión adaptativa y caracterizado por la rigurosidad analítica, la racionalidad económica, y la transparencia y participación pública.

2. **Gestión integrada de los sistemas de agua urbana.** Inicialmente el objetivo principal de este enfoque se centraba en alcanzar la sostenibilidad y minimizar los efectos ambientales de los sistemas de agua urbana sin comprometer la calidad del servicio (Marsalek et al., 2014; Novotny et al., 2010). No obstante, en los últimos años se han ido introduciendo cada vez más objetivos encaminados a la adaptación al cambio climático, entendiendo el enfoque integral como el idóneo para afrontar los retos que el cambio climático impone a los sistemas de agua urbana (Kirshen et al., 2018). La propuesta que ahora se presenta evoluciona así a partir de la metodología propuesta por Lara (2018) para la implementación del diseño urbano sensible al agua.
3. **Evaluación de riesgos.** Entendido como instrumento para la planificación, identificación y priorización de actuaciones, la metodología de evaluación de riesgos para la adaptación al cambio climático se ha desarrollado ampliamente en los últimos años su aplicación en el ámbito urbano (*IPCC Intergovernmental Panel on Climate change*, 2012; OECC, 2022), si bien no hay aún una amplia experiencia en su aplicación en concreto a los sistemas de agua urbana.
4. **Participación y la gobernanza.** Existe ya una larga trayectoria de reconocimiento de estos principios como base para la planificación en el ámbito del agua, establecidos de manera expresa tanto por la ONU en la declaración del *Derecho Humano al Agua y el Saneamiento* (2010) como por la OCDE en los *Principios de Gobernanza del Agua* (2015). Así mismo, la participación se considera un instrumento fundamental en la adaptación al cambio climático (Unión Europea, 2023b), y más concretamente, en la definición de los principios de adaptación de los sistemas de agua urbana al cambio climático (Franco-Torres, Rogers, et al., 2021; Kirshen et al., 2018; Short et al., 2012).

Basándose en estos principios, el marco de actuación para la adaptación de los sistemas de agua urbana al cambio climático que se presenta a continuación pretende facilitar la labor de los actores llamados a liderar este proceso de planificación. La propuesta se estructura en base a las cinco fases identificadas como los pasos fundamentales de un proceso de planificación integral para la

adaptación al cambio climático de los sistemas de agua urbana, incluyendo una serie de sesiones de participación que habrán de incorporarse sucesivamente en el transcurso del proceso de planificación (figura 13). De este modo, se modifica el reparto convencional de atribuciones propio del enfoque tecnocrático de gestión, evolucionando hacia una toma de decisiones participada que incorpore una nueva cultura de organización capaz de afrontar el principio de incertidumbre como elemento esencial de la gestión de riesgos (Fletcher et al., 2017; Nikolopoulos et al., 2022; Stakhiv, 2011).

Es importante señalar que la metodología propuesta no pretende marcar un protocolo estricto de actuación, sino que en cada caso se deberá adaptar el proceso de intervención a las circunstancias y posibilidades del contexto en el que se sitúa y, sobre todo, definir el marco de participación, y por tanto el grado de implicación que corresponda a los actores involucrados.



Figura 13. Esquema del proceso de diseño de un marco de actuación para la adaptación de los sistemas de agua urbana al cambio climático.

4.1.1. Fase I. Diseño del proceso

Esta fase preliminar tiene como objetivo incorporar a todas las partes implicadas, y con ellas, alcanzar los acuerdos necesarios para la definición de la hoja de ruta del proceso de planificación. De cara a la inclusión de mecanismos de participación pública en esta fase, puede resultar de gran ayuda el documento elaborado por la UE (2023b) “Participación ciudadana en la adaptación al cambio climático: Manual práctico” (ver Anexo III).

En esta primera fase se deberán llevar a cabo las siguientes acciones:

- **Conformación del equipo técnico motor.** Se encargará de dinamizar el proceso completo de planificación. Este equipo debe contar con personas con conocimientos y experiencia diversos, al menos en los campos de los sistemas de agua urbana, la adaptación al cambio climático y la gobernanza y participación en procesos de planificación.
- **Mapeo de actores y sus relaciones.** Uno de los principales retos que afrontan las ciudades sensibles al agua está relacionado con la gobernanza de los diferentes actores competentes, que incluye no sólo a los gestores de los sistemas de agua urbana (donde a veces las diferentes fases son gestionadas por diferentes entidades), sino también a otros órganos municipales encargados de urbanismo, vegetación urbana o limpieza del viario, así como a otras administraciones, como la autoridad de cuenca (ver apartado 4.4). Esta complejidad hace que sea necesario identificar de partida al conjunto de agentes que intervienen, sus características y sensibilidad respecto a los sistemas de agua urbana. Es fundamental que se garantice además que todas las organizaciones y los grupos afectados e implicados de la gestión del agua sean considerados, permitiendo a todos aquellos que muestren interés, desarrollar un papel activo en el curso de las acciones. Los actores pueden ser clasificados en tres categorías: administraciones públicas, con competencias directas o indirectas en elementos relacionados con los sistemas de agua urbana; ciudadanía, ya sean usuarios u organizaciones; y los actores económicos, tanto empresas como sectores con mayores demandas de agua.

- **Definir los objetivos del proceso y el marco de participación.** Consiste en definir con claridad el marco general de planificación con los actores, así como clarificar cuál es el sentido de lo que se pretende conseguir y a qué nivel de participación pretendemos llegar. Será fundamental identificar adecuadamente los objetivos del proceso de participación y aquellos aspectos sobre los que se va a intervenir, recursos disponibles y agentes implicados inicialmente, así como establecer los compromisos propios de cada uno de ellos.

Sesión participada 1: hoja de ruta

- **Mapeo de actores:** realización de entrevistas individuales y grupales para establecer los primeros contactos con los actores sociales clave.
- **Presentación del proceso y marco de participación:** por parte del equipo técnico motor se presentarán a los actores implicados los objetivos y la propuesta para la puesta en marcha del proceso participativo. Será necesario comunicar de manera explícita el nivel de participación de los diferentes actores a lo largo del proceso, alcanzando los acuerdos respecto a la definición del marco de participación.

Resultados

- **Configuración del equipo de trabajo y espacios de coordinación.**
- **Mapeo de actores.**
- **Planificación de la hoja de ruta del proceso de planificación.**

4.1.2. Fase 2. Caracterización de la situación de partida

El objetivo de esta fase será generar un conocimiento en profundidad de todos los elementos de los sistemas de agua urbana y sus condiciones de contexto. Para ello se realizará una recopilación, sistematización y análisis de la información existente, así como un diagnóstico participado que incluya múltiples perspectivas. Se recopilará información al menos en relación a:

- **Contexto urbano-territorial.** Características ambientales (clima, red hidrológica, topografía, hidro-geología...); configuración del sistema urbano y usos del suelo; infraestructura verde, espacios naturales sensibles; planificación territorial y urbana.
- **Sistema hidrológico:** fuerzas motrices, presiones y estado de las masas de agua afectadas por los sistemas de agua urbana; planificación hidrológica, infraestructuras existentes, actuaciones previstas y en marcha; identificación de las zonas de captación para el abastecimiento (RD 3/2023); calidad y cantidad de desbordamientos y vertidos (RDL 11/1995; RD 1290/2012); impactos sobre las masas de agua receptoras.
- **Auditoría del estado de las infraestructuras y redes:** % pérdidas en redes de suministro; sectores de concentración de incidencias; capacidad de evacuación de la red de saneamiento y drenaje; rendimiento y estado de ETAP, EBAP y EDAR. Costes energéticos. Insumos y residuos (tratamiento de fangos).
- **Caracterización cuantitativa y cualitativa de la oferta y demanda:** recursos disponibles y otros potenciales (aguas pluviales, subterráneas, regeneradas...); caracterización de los usos del agua (tipos de usuarios, distribución de la demanda, requerimientos de calidad, consumos medios y factores condicionantes, grandes consumidores...).

- **La ciudad como cuenca hidrológica:** grado de impermeabilización; situación de los cursos de agua; zonas de concentración de flujos de escorrentía; sistema de drenaje; etc.
- **Marco y estructuras de gestión:** actores institucionales y sociales; estructuras y marcos de relación; marco normativo y conexiones con otros planes; reglas de operación.
- **Evaluación económica:** costes, tarifas, equilibrio financiero, mecanismos de financiación.
- **Consecución DHAS:** identificación de grupos vulnerables; mecanismos para garantizar la accesibilidad y asequibilidad; transparencia, rendición de cuentas, mecanismos de participación. Se considerarán al menos las obligaciones recogidas en el RD 3/2023.

4.1.3. Fase 3. Evaluación de riesgos hidroclimáticos

La evaluación de riesgos tiene como objetivo visibilizar y categorizar los riesgos relevantes a partir de los conocimientos existentes y las aportaciones de personas expertas. De este modo, se exploran y analizan, utilizando diferentes métodos, las componentes del riesgo (peligro, exposición y vulnerabilidad) y sus interrelaciones, identificando así los posibles impactos en cascada resultantes y los niveles de riesgo para los receptores seleccionados (MITERED, 2023).

Existen diferentes aproximaciones para la evaluación de los riesgos hidroclimáticos, dependiendo principalmente de la incorporación de metodologías más cuantitativas o cualitativas al proceso. Las metodologías híbridas, que combinan ambos enfoques con procesos de participación, suelen proporcionar resultados más precisos, si bien requieren también de más recursos para su realización.

Se recomienda en cualquier caso el seguimiento de alguna de las guías específicamente elaboradas para la aplicación de metodologías de evaluación de riesgos climáticos (Anexo III). Algunas referencias destacadas son:

- “Assessing climate change risks and vulnerabilities (climate risk assessment)” (Unión Europea, 2023a).
- “Guía para la evaluación de los riesgos asociados al cambio climático” (MITERD, 2023).
- “SeGuía - Guía metodológica para la elaboración participada de planes de gestión de riesgo por sequía en pequeñas y medianas poblaciones” (Hernández-Mora et al., 2018).
- “Evaluación de la resiliencia de los núcleos urbanos frente al riesgo de inundación: redes, sistemas urbanos y otras infraestructuras” (MITECO, 2019).

Más allá de la adopción de alguna de estas metodologías, se resumen a continuación algunas recomendaciones para llevar a cabo una evaluación de riesgos hidroclimáticos relacionados con los sistemas de agua urbana:

- **Peligro:** recopilación de datos históricos y previsión de escenarios de futuro que integren el cambio climático en relación a sequías, lluvias torrenciales y temperaturas extremas.
- **Identificación y caracterización de los receptores de cada categoría:** ecosistemas, asentamientos e infraestructuras, salud y sectores económicos.
- **Vulnerabilidad:**
 - **Mapas de exposición:** características físicas y ámbitos espaciales más expuestos a los riesgos. Sistema Nacional de Zonas Inundables, mapas térmicos, áreas y receptores especialmente expuestos a la sequía.
 - **Sensibilidad de los ecosistemas:** valor ecosistémico; dependencia de los recursos hídricos; servicios ecosistémicos aportados.

- **Sensibilidad de la población:** indicadores socio-demográficos (edad, renta, nivel de estudios), identificación de grupos y áreas con mayor vulnerabilidad social. Densidad de población.
 - **Sensibilidad de los asentamientos e infraestructuras:** usos del suelo; equipamientos e infraestructuras estratégicas; puntos críticos; impactos en cascada. Características del parque residencial (antigüedad, tipología, calidad de las construcciones...).
 - **Sensibilidad de los sectores económicos:** dependencia de la actividad de los recursos hídricos; peso en la economía y en el mercado laboral local; actividades estratégicas.
 - **Capacidad para afrontar el riesgo:** capacidad de las infraestructuras; mecanismos de alerta temprana; servicios de emergencia; planes de protección civil.
 - **Capacidad de adaptación:** cultura local; planes de adaptación y planes de gestión de riesgos; existencia y nivel de implantación de medidas de adaptación.
- **Modelización de escenarios de cambio climático:** en base a la información recopilada existe la posibilidad de realizar modelos en los que se puedan simular posibles situaciones futuras incorporando escenarios de cambio climático. No obstante, la capacidad para realizar estos modelos, así como la complejidad de los mismos, dependerá de la capacidad del sistema para hacer frente a estos procesos, ya que se requiere un conocimiento detallado de cada uno de los factores de riesgo, así como capacidad técnica y económica para llevar a cabo la modelización. No obstante, siempre debe considerarse un cierto nivel de incertidumbre sobre los resultados de dichos modelos, puesto que desconocemos cuáles serán las condiciones futuras con exactitud.

Sesión participada 2: Diagnóstico participado

Constituye un elemento clave para la obtención de información en un proceso de planificación. Será también una oportunidad para incorporar aquellos saberes y conocimientos que se sitúan fuera del análisis técnico, pero que por su vinculación y cercanía al territorio sobre el que se interviene, resultan vitales para hacer un adecuado diagnóstico de la situación de partida. Se partirá de la información técnica producida previamente (caracterización de la situación y evaluación de riesgos), la cual debe ser completada con los resultados de estas sesiones. Este proceso debe contener al menos:

- **Exposición de la información** técnica recopilada, analizada y sistematizada.
- **Recopilación de la memoria de gestión del riesgo:** eventos históricos, estrategias tradicionales de gestión, cultura local.
- **Evaluación cualitativa del riesgo:** principales factores de exposición y vulnerabilidad identificados. Priorización de riesgos en relación a los receptores y las áreas más afectadas.
- **Árbol de problemas:** identificación y priorización de problemáticas, necesidades, potencialidades y demandas de los diferentes actores, que conformarán la base sobre la que construir las estrategias de intervención y los criterios de valoración.

Resultados

- **Caracterización de la situación de partida** de las condiciones de los sistemas de agua urbana y su contexto.
- **Evaluación de los riesgos**, con las áreas y receptores más afectados.
- **Diagnóstico participado**: identificación de fortalezas y debilidades; priorización de problemáticas, necesidades y demandas.
- **Modelización de escenarios de futuro**.

4.1.4. Fase 4. Plan de adaptación al cambio climático

En el proceso de planificación de actuaciones se deberán analizar y evaluar las diferentes alternativas de actuación para la mejora de la adaptación del sistema frente al cambio climático, priorizando aquellas actuaciones que mejor respondan a las problemáticas y objetivos identificados desde un enfoque de resiliencia.

1. Definición de visión y objetivos. Identificación de indicadores de evaluación de alternativas.

La visión es una descripción concisa de un escenario futuro deseado que contiene objetivos que dan sentido al proceso de intervención. Partiendo de la identificación y priorización de los problemas existentes, se pretende que esta visión incorpore las cuestiones más prioritarias, que sean además concretadas en objetivos específicos.

Desde un enfoque de resiliencia, estos objetivos deberán centrarse en la reducción de las condiciones de vulnerabilidad y exposición de las áreas y grupos identificados previamente, tratando de dar respuestas que minimicen las presiones sobre el sistema hidrológico, mejorando así el estado de las masas de agua y su capacidad de hacer frente a los riesgos y reducir los impactos.

A partir de los objetivos acordados, se pueden definir conjuntamente cuáles serán los criterios que después se aplicarán para realizar una evaluación multidimensional de las actuaciones propuestas. Estos criterios deberán de alguna manera dar respuesta a las principales problemáticas del ámbito de estudio, y pueden traducirse en indicadores. Existen

herramientas para la realización de este tipo de evaluaciones multicriterio desde una perspectiva de resiliencia y sostenibilidad adaptadas a la toma de decisiones en el sector de los sistemas de agua urbana (Nikolopoulos et al., 2022; Özerol et al., 2020).

Se propone un sistema de carácter multicriterial que puede incluir indicadores cuantitativos y cualitativos desde las dimensiones ambientales, sociales, técnicas y económicas. A modo de ejemplo, y sin pretender ser exhaustivos, proponemos algunos criterios e indicadores de evaluación que, no obstante, deberán ser adaptados y concretados en cada caso en función de los objetivos planteados:

- **Dimensión ambiental:** restauración ambiental y mejora de los servicios ecosistémicos; reducción de las extracciones de agua, reducción de vertidos contaminantes, mejora de los retornos al sistema, reducción de caudales punta de drenaje; costes energéticos y emisiones.
- **Dimensión social:** reducción de la vulnerabilidad social; aceptabilidad social; dificultad institucional, reparto de costes y beneficios, ahorros económicos para los usuarios.
- **Dimensión tecnológica:** dependencia tecnológica, flexibilidad y capacidad de adaptación a condiciones cambiantes, durabilidad, requerimientos espaciales y constructivos.
- **Dimensión económica:** costes de inversión inicial; costes de mantenimiento y operación; evaluación coste-beneficio (considerando costes y beneficios sociales, ambientales, etc.).

2. Identificación de estrategias y alternativas de actuación.

Esta es la fase central del proceso de planificación, en la que, una vez analizado el diagnóstico y definidos los objetivos del proceso de actuación, el equipo técnico se encarga de plantear y testar diferentes estrategias y alternativas tecnológicas de intervención posibles que den solución a los problemas detectados y permitan la consecución de los objetivos planteados.

En esta etapa es crucial la comprensión del ciclo socio-hidrológico en su conjunto, la relación de las aguas urbanas con los ecosistemas natu-

rales, y la adaptación de las soluciones planteadas a la realidad concreta del contexto físico y social del área de intervención. De este modo, las actuaciones deberán centrarse en mejorar las condiciones de aquellas áreas y grupos que han sido identificados como más expuestos y vulnerables al riesgo. Una vez sondeadas las posibles soluciones, éstas deberán ser devueltas a los actores partícipes del proceso para consensuar un plan de actuación.

Las estrategias básicas de actuación que permiten alcanzar un mejor nivel de resiliencia en la gestión de los sistemas de agua urbana pueden resumirse en:

- **Gestión de la demanda:** aplicando la prioridad de uso para el abastecimiento urbano (Ley 1/2001); minimizando el uso de agua potable, mejorando la eficiencia y disminuyendo el consumo; haciendo uso de recursos alternativos mediante la adaptación de calidades (aguas pluviales, aguas regeneradas, otras fuentes alternativas, etc.).
- **Control sobre las fuentes de contaminación:** reduciendo la cantidad y mejorando la calidad de los vertidos a la red de saneamiento urbano, mediante sistemas descentralizados de tratamiento y reutilización de las aguas, así como de drenaje sostenible para la reducción de la escorrentía urbana. Control de otras fuentes de contaminación (usos industriales, infraestructuras, agroganaderos...). Aplicación de los principios de prevención de la contaminación en origen y quien contamina paga.
- **Restauración de los ecosistemas y masas de agua:** mantenimiento y recuperación de los flujos naturales del agua, tanto de infiltración como de escorrentía superficial, promoviendo la recuperación de los balances hídricos naturales; establecimiento y aplicación de perímetros de protección adecuados de las fuentes de abastecimiento (RD 3/2023); aplicación de soluciones basadas en la naturaleza y fomento de buenas prácticas en los usos productivos (agricultura, ganadería, turismo...).

La puesta en práctica de estas estrategias pasa por la aplicación de medidas de actuación, algunas de las cuales han sido recogidas de manera sistemática en el apartado 4.2.

3. **Plan de actuación: evaluación y selección de las medidas.**

Hacer un ejercicio de evaluación implica realizar un estudio científico para ayudar en un proceso de toma de decisiones a definir las actuaciones que mejor se adaptan a los propósitos definidos. Para ello, los resultados deben estar científicamente justificados y ser fáciles de entender y útiles para quienes participan en el proceso.

El reto está en incorporar procedimientos de toma de decisión en los que integremos la información técnica con los conocimientos y prioridades de los actores sociales. Para ello tendremos que desarrollar procesos de discusión en los que, a partir de los objetivos y criterios definidos en las fases anteriores (ambientales, sociales, tecnológicos y económicos), podamos realizar una evaluación de las posibles alternativas de actuación. Finalmente, se deberá consensuar una hoja de ruta que recoja las soluciones de compromiso acordadas por los actores del proceso.

En este sentido, la **metodología de escenarios y los sistemas de ayuda** a la decisión son herramientas de gran utilidad para alcanzar estos propósitos.

La construcción de escenarios puede ser utilizada para evaluar diferentes situaciones futuras que pueden haber sido planteadas en el proceso de participación, así como para mostrar el resultado de la acción integrada de diferentes combinaciones de alternativas que pudieran formularse. Esta metodología puede incorporar herramientas de modelización sofisticadas, que pueden ser utilizadas para predecir cambios, basándose en la combinación de una variedad diversa de datos. En otros casos, las actividades se centran más bien en cómo los actores perciben el futuro y qué influencia ejercen sobre éste.

En cualquier caso, resulta de utilidad usar herramientas de ayuda a la decisión que permitan combinar toda la información que proviene de fuentes diferentes para generar uno o varios escenarios plausibles sobre la base de la información disponible. Estas herramientas permitirán además que, a partir de los criterios e indicadores definidos en la fase anterior, podamos realizar una evaluación multicriterio de las alternativas de intervención existentes. Existe un gran abanico de sistemas de ayuda a la decisión, entre los que se deberán seleccionar aquellos que mejor se adapten en cada caso.

Finalmente, debe evaluarse los costes y posibles medios de financiación de las medidas (repercusión en tarifas, posibilidades de financiación públicas, programas de ayuda y subvenciones, etc.). También deberán identificarse los actores interpelados para la puesta en marcha de cada una de las actuaciones, así como las responsabilidades y predisposición para emprender actuaciones por parte de estos actores.

Sesión participada 3: Definición del plan de actuación

El trabajo con los agentes sociales implica la realización por parte del equipo técnico, de una devolución a los actores del proceso de la información relativa a las alternativas de actuación en el ámbito de intervención, de manera que estas sean debidamente comprendidas, debatidas y priorizadas.

La actuación frente a los riesgos lleva aparejado necesariamente un importante grado de incertidumbre respecto de las condiciones futuras a las que debemos dar respuesta. Como ya planteábamos en el Capítulo 2, existen diferentes enfoques a la hora de afrontar esta incertidumbre. Desde posicionamientos más tradicionales que tratan de proporcionar soluciones que pretenden prevenir los peores escenarios, denominadas **a salvo de fallos** – “*fail-safe*” – (Nikolopoulos et al., 2022), a aquellas que pretenden adoptar medidas que permitan a los sistemas estar **preparados para fallar** – “*safe to fail*” – (Ahern, 2011a; Butler et al., 2017b), es decir, que generen una mayor **resiliencia** y permitan incrementar la **capacidad de adaptación** frente a las posibles situaciones de riesgo (Fletcher et al., 2017; Nikolopoulos et al., 2022; Stakhiv, 2011).

Las ventajas e inconvenientes de ambos enfoques han sido planteados ya previamente. No obstante, la pluralidad de perspectivas legítimas que se dan en un proceso de este tipo, nos lleva a la necesidad de compensar esa incertidumbre mediante procesos de participación y transparencia democrática.

De esta manera, y en base a las herramientas metodológicas expuestas anteriormente, los diferentes escenarios y las alternativas de intervención que implican, pueden ser presentados en esta devolución a los actores del proceso, valorando el cumplimiento que permiten de cada uno de los diferentes objetivos que se habían planteado.

De este modo, los diferentes agentes participan en el proceso de toma de decisiones para la evaluación de las alternativas en discusión, teniendo capacidad de priorizar y decidir sobre las soluciones técnicas que finalmente vayan a ser implementadas. Este proceso requiere siempre de una adecuada traducción de las propuestas técnicas adaptadas a los distintos actores sociales, de manera que la información pueda ser entendida y valorada por todos ellos.

El proceso de debate sobre las posibilidades de intervención existentes debe concluir con acuerdos sobre las medidas a implementar, los plazos asumidos y los medios necesarios para ello, así como las tareas de las que se responsabiliza cada uno de los agentes intervinientes. Todos estos acuerdos estarán recogidos en el denominado Plan de Actuación, que deberá ser consensuado y asumido por las partes implicadas.

Resultado

Plan de actuación: definición de las acciones a llevar a cabo para poner en práctica las estrategias planteadas. Debe contener:

- Medidas y proyectos a desarrollar.
- Prioridades y programa previsto de los trabajos.
- Costes y medios disponibles.
- Responsabilidades y reparto de tareas para su consecución.

4.1.5. Fase 5. Implementación, evaluación y seguimiento

En esta parte de los trabajos, cuya temporización dependerá del programa establecido en el Plan de Actuación, se irán materializando cada una de las medidas seleccionadas, en base al orden y prioridad establecidas en el propio plan.

La responsabilidad de la materialización de cada medida, en función del tipo de actuación, recaerá en un actor u otro. En cualquier caso, estas responsabilidades deberán haber quedado claramente definidas en el Plan de Actuación, si bien la entidad que lidere el proceso velará por el cumplimiento de estos acuerdos.

La puesta en práctica de las actuaciones estructurales llevará consigo la elaboración de proyectos técnicos, licitaciones, contratación, etc., cuyos plazos de tramitación deben ser considerados en la planificación del proceso. Del mismo modo, las medidas “blandas” pueden estar sujetas a procesos de toma de decisión a nivel político que también es importante tener en cuenta.

4.1.6. Plan de seguimiento, control y evaluación

Finalmente, el seguimiento, control y evaluación de las medidas implementadas permitirá realizar las correcciones oportunas en el Plan de Actuación. De esta manera, el proceso de intervención se transforma en un proceso continuo, dinámico y participado.

La elaboración de un “Plan de Seguimiento, Control y Evaluación” que contenga una definición clara y concreta de las operaciones de mantenimiento y control a realizar, con responsabilidades, periodicidad y costes, puede ser una herramienta clave para el éxito de las actuaciones, especialmente cuando estas implican a diferentes actores institucionales.

Será fundamental para el éxito de esta fase, estructurar los mecanismos organizativos que permitan una adecuada gestión (comisiones de trabajo, reuniones periódicas, etc.), y que deben estar recogidos en el Plan.

4.2. Opciones de adaptación

Las opciones de adaptación son un conjunto de estrategias y medidas adecuadas para abordar la adaptación al cambio climático. El marco de intervención definido en el anterior apartado representa una propuesta de planificación integrada para la adaptación de los sistemas de agua urbana que se desarrollada mediante un conjunto de acciones o medidas englobadas en un Plan de Actuación.

Las opciones de adaptación pueden ir desde acciones que crean capacidad de adaptación o establecen sistemas de gestión y mecanismos de apoyo hasta acciones físicas de adaptación desarrolladas en el espacio urbano mediante infraestructuras o soluciones basadas en la naturaleza, incluyendo la dimensión social.

Con objeto de ofrecer un sistema de clasificación ágil e intuitivo, en la presente Guía se ha optado por el sistema de la [Guía para la elaboración de Planes Locales de Adaptación al Cambio Climático](#) (Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente, 2016) que establece las siguientes tipologías:

- **Acciones “blandas”:** enfoques de gestión, jurídicos y políticos que alteran los estilos de gobernanza y el comportamiento humano e incluyen la adaptación basada en la comunidad. Ejemplos serían la mejora de la gobernanza, medidas de gestión, normativas, tarifarias
- **Acciones “verdes”:** relacionadas principalmente con la aplicación de soluciones basadas en la naturaleza, son aquellas que utilizan los múltiples servicios y funciones de los ecosistemas y la naturaleza para ayudar a la sociedad a hacer frente al cambio climático.
- **Acciones “grises”:** entendidas como actuaciones de mejora de las infraestructuras de los sistemas de agua urbana, hacen referencia a intervenciones de carácter ingenieril y tecnológico.



Figura 14. Fuente diseñada por Aguas de Cádiz para facilitar el acceso al agua en el espacio público de la ciudad, siguiendo un estudio de movilidad que determina los puntos de mayor concurrencia para cubrir al mayor número de viandantes con el menor número posible de fuentes. Un estudio realizado por Aguas de Cádiz en colaboración con AEOPAS.

A continuación, se recoge un catálogo de opciones de adaptación que incluye diversas medidas que van desde el desarrollo de instrumentos de planificación regulados por la normativa (apartado 4.2) hasta actuaciones basadas en recomendaciones y experiencias de distintos organismos y entidades.

1. Actuaciones blandas:

- a) Inventario de Colectivos Vulnerables.
- b) Programa de control de fugas estructurales.
- c) Plan Municipal de Sequía.
- d) Plan de Gestión de la Demanda.
- e) Plan Integral de Gestión del Sistema de Saneamiento.
- f) Plan Local de Aguas Regeneradas.
- g) Campañas de Comunicación y Concienciación sobre el Buen Uso de los Recursos.
- h) Observatorio del Agua.
- i) Ordenanzas y reglamentos técnicos con criterios de adaptación.

2. Actuaciones verdes:

- a) Implantación de tecnologías no convencionales de depuración.
- b) Restauración de cauces urbanos.
- c) Guía de diseño e implantación de sistemas urbanos de drenaje sostenible.
- d) Sistemas de control de puntos de vertidos.
- e) Dotación de fuentes urbanas.

3. Actuaciones grises:

- a) Digitalización de los sistemas de agua urbana.
- b) Mejoras en la gestión del agua potable.
- c) Técnicas avanzadas en el control de la calidad del agua.
- d) Implantación de tratamientos avanzados en el sistema de depuración.
- e) Reutilización del agua en equipamientos municipales.
- f) Aprovechamiento de lodos de depuración.

4.2.1. Opciones de adaptación blandas

Adat.01. Cumplimiento del Derechos Humanos al Agua y el Saneamiento

Objetivos

- Garantizar el acceso al agua a colectivos vulnerables y población en riesgos de exclusión social.
- Identificar las posibilidades medidas necesarias para de mejorar al acceso al agua de consumo de toda la población, y especialmente de los grupos vulnerables o en riesgo de exclusión, esas personas e informar de las mismas así como o sobre medios alternativos para su cumplimiento.

Descripción

Esta opción de adaptación medida surge de la aplicación de la Sección 2.^a Derecho humano al agua: cantidad y acceso del Capítulo II del artículo II Acceso al agua y población vulnerable del Real Decreto 3/2023, de 10 de enero, por el que se establecen los criterios técnico-sanitarios de la calidad del agua de consumo, su control y suministro.

En el artículo II Acceso al agua y población vulnerable se establece la obligación de implementar medidas locales para mejorar el acceso al agua de consumo para toda la población, enfocándose en grupos vulnerables y en riesgo de exclusión social. Mediante la identificación de personas con acceso limitado, la evaluación de soluciones adaptativas al cambio climático, la creación de mecanismos de acción social que aseguren la asequibilidad del recurso, y la integración de políticas tarifarias ajustadas, se pretende contribuir a los desafíos del cambio climático en relación al cumplimiento del Derecho Humano al Agua.

En contextos de escasez de recursos y sequía y cortes de suministro en los abastecimientos, puede ser crucial para garantizar el acceso al agua a colectivos vulnerables disponer de instrumentos específicos para su atención.

Adat.01. Cumplimiento del Derechos Humanos al Agua y el Saneamiento	
Peligros y riesgos climáticos	Sequía y escasez de recursos.
Impactos	Escasez de recursos hídricos disponibles. Establecimiento de restricciones en el uso del agua. Tensiones sociales por las diferentes demandas de uso urbano del recurso.
Marco legal.	Directiva (UE) 2020/2184, relativa a la calidad de las aguas destinadas al consumo humano. Real Decreto 3/2023, de 10 de enero, por el que se establecen los criterios técnico-sanitarios de la calidad del agua de consumo, su control y suministro.
Recursos	
Tiempo	
Resultados esperados	Inventario de personas y colectivos vulnerables. Mejoras en el acceso al agua en situación de emergencia para colectivos vulnerables y personas en riesgo de exclusión social. Informe sobre la situación del acceso al agua de consumo en el municipio.
Limitaciones u obstáculos potenciales	Acceso a datos para identificar correctamente a colectivos vulnerables y personas en riesgo de exclusión social. Resistencia social y política a cambios tarifarios o priorización de medidas para población vulnerable. Limitaciones económicas para financiar bonificaciones, fondos de solidaridad, etc.
Referencias de interés	https://www.aeopas.org/minimo-vital/ Heller, Léo. (2023). Los derechos humanos al agua y al saneamiento. Universidad de Jaén. UJA Editorial. ONU. Informes de los Relatores sobre el Derecho Humano al Agua y el Saneamiento.

Adat.02 Programa de Control de Fugas Estructurales

Objetivos

- Reducir pérdidas de agua en la red y optimizar el uso de los recursos hídricos.
- Mejorar la eficiencia operativa de las infraestructuras.
- Mejorar la calidad del servicio.
- Reducir los costes de explotación.

Descripción

Esta opción de adaptación surge de la aplicación del artículo 47 Control de fugas estructurales del Real Decreto 3/2023, de 10 de enero, por el que se establecen los criterios técnico-sanitarios de la calidad del agua de consumo, su control y suministro.

El programa de control debe evaluar las fugas en sistemas de abastecimiento superior a 10.000 habitantes o en los casos de suministro agua procedente de masas de agua declaradas de riesgo de no alcanzar el buen estado cuantitativo que proporcionen más de 100 metros cúbicos día o abastezcan a más de 500 habitantes.

De acuerdo con el Anexo X del RD 3/2023, el programa contará con información general de la unidad de gestión evaluada, información para la evaluación básica (agua suministrada y registrada), e información para la evaluación detallada (estimación de agua no registrada, longitud de tuberías, acometidas, ...). A partir de los datos obtenidos se plantearán distintas medidas para reducir las pérdidas en red (reposición y renovación de la red, sectorización, digitalización, etc.).

Adat.02 Programa de Control de Fugas Estructurales	
Peligros y riesgos climáticos	Sequía y escasez de recursos.
Impactos	Escasez de recursos hídricos disponibles. Establecimiento de restricciones en el uso del agua. Tensiones sociales por las diferentes demandas de uso urbano del recurso.
Marco legal	Directiva (UE) 2020/2184, relativa a la calidad de las aguas destinadas al consumo humano. Real Decreto 3/2023, de 10 de enero, por el que se establecen los criterios técnico-sanitarios de la calidad del agua de consumo, su control y suministro.
Recursos	
Tiempo	
Resultados esperados	Diagnóstico del rendimiento de la red de abastecimiento. Reducción de pérdidas en red y aumento del control del agua suministrada en el sistema. Reducción de los costos asociados a la producción, tratamiento y distribución de agua y mejora del mantenimiento y reparación a largo plazo.
Limitaciones u obstáculos potenciales	Limitaciones económicas y de recursos humanos para abordar la redacción del programa, etc. Coste de la ejecución del programa. Impactos en la tarifa de los servicios del ciclo urbano. Resistencia al cambio.

Adat.03 Plan Integral de Gestión del Sistema de Saneamiento (PIGSS)

Objetivos

- Reducir la contaminación por vertidos, escorrentía y desbordamientos de los sistemas urbanos de saneamiento.
- Mejorar las infraestructuras de saneamiento y depuración en el sistema de gestión.
- Promover la implantación de soluciones basadas en la naturaleza para el tratamiento de la contaminación hídrica en entornos urbanos.

Descripción

Esta opción de adaptación surge de la aplicación del artículo 259 quinquies del Reglamento del Dominio Público Hidráulico.

El PIGSS debe ser redactado por los titulares de los vertidos procedentes de aglomeraciones urbanas de 50.000 o más habitantes equivalentes o 10.000 o más habitantes equivalentes y menos de 50.000 habitantes equivalentes cuando afecten a determinadas masas de agua, los requisitos de calidad y los objetivos ambientales.

La redacción del PIGSS comporta la elaboración de un análisis detallado del sistema de saneamiento, de su capacidad de almacenamiento y de su capacidad de tratamiento de aguas residuales en caso de precipitaciones; junto con un diagnóstico del estado de las infraestructuras, atendiendo tanto a su capacidad de transporte en tiempo de lluvia como a su estado de obsolescencia. También debe llevarse a cabo un análisis dinámico de los flujos de aguas residuales en caso de precipitaciones, basado en el uso de modelos hidrológicos, hidráulicos y de calidad del agua que tengan en cuenta las proyecciones climáticas más recientes y que incluya una estimación de las cargas contaminantes liberadas en las aguas receptoras en caso de precipitaciones.

A partir del diagnóstico el PIGSS debe contemplar una serie de objetivos de reducción de la contaminación por desbordamientos y la definición de medidas de prevención, operación, inspección, mantenimiento, renovación de infraestructuras y preparación ante un episodio de lluvias y optimización del uso de las infraestructuras existentes, incluyendo los sistemas colectores, los volúmenes almacenados y las estaciones depuradoras de aguas residuales.

Adat.03 Plan Integral de Gestión del Sistema de Saneamiento (PIGSS)	
Peligros y riesgos climáticos	Lluvias torrenciales e inundaciones.
Impactos	Contaminación de las masas de agua. Deterioro de infraestructuras. Cortes en el servicio.
Marco legal	Real Decreto 849/1986, de 11 de abril, por el que se aprueba el Reglamento del Dominio Público Hidráulico, que desarrolla los títulos preliminar I, IV, V, VI y VII de la Ley 29/1985, de 2 de agosto, de Aguas.
Recursos	
Tiempo	
Resultados esperados	Reducción de la contaminación por vertidos urbanos. Protocolos de actuación ante episodios de lluvias intensas y peligro de inundaciones. Reducción de los costes asociados al tratamiento de las aguas residuales y las pluviales. Desarrollo de nuevas infraestructuras de saneamiento y depuración basadas en tecnologías no convencionales y SUDs.
Limitaciones u obstáculos potenciales	Limitaciones económicas y de recursos humanos para abordar la redacción del programa, etc. Coste de la ejecución del plan. Impactos en la tarifa de los servicios del ciclo urbano.
Referencias de interés	Inventario de aglomeraciones urbanas que deben elaborar los planes integrales de gestión del sistema de saneamiento (PIGSS).

Adat.04 Plan Local de Aguas Regeneradas (PLAR)

Objetivos

- Incrementar la disponibilidad de agua, poniendo en valor una nueva fuente alternativa de recursos.
- Fomentar el uso de aguas regeneradas para los distintos usos en el municipio.
- Ordenar el uso de las aguas regeneradas en el término municipal.
- Reducir la demanda de agua potable en el municipio.
- Contribuir a la mejora de los recursos hídricos convencionales, disminuyendo la presión proveniente de las fuentes de captación.

Descripción

Las aguas regeneradas son un recurso alternativo, no apto para consumo humano, que permite reducir las presiones sobre los recursos hídricos convencionales, y permiten satisfacer la demanda de los sectores ambientales, industriales, agrícolas, de ocio, riego, entre otros.

El uso de estas aguas surge de un cambio en el enfoque tradicional de suministro, basado en grandes infraestructuras hidráulicas, por estrategias de gestión de la demanda acompañada por la conservación y restauración de los recursos hídricos, buscando la sostenibilidad en el recurso y servicio, más racionalidad económica y más participación pública en torno a la gestión del agua. Ello implica que el uso de las aguas regeneradas debe estar conectado con los objetivos de la planificación hidrológica y la protección de las masas de agua, evitando seguir con el incremento de las presiones y la sobreexplotación de los recursos hídricos.

En algunas localidades el uso de aguas regeneradas puede ser un recurso resiliente ante las cada vez más prolongadas sequías. Como también pueden aliviar las presiones sobre la disponibilidad de los recursos hídricos consuntivos y proteger los ecosistemas acuáticos, sus servicios y hábitats y especies que dependen de ellos.

Esta opción de adaptación surge de la aplicación del artículo 109 del Texto Refundido de la Ley de Aguas y es de aplicación directa a las poblaciones mayores de 50.000 habitantes equivalentes. El PLAR debe contener un análisis general del contexto hidrológico y la demanda de agua en el municipio, detallando los distintos usos existentes y las posibilidades de reasignación de recursos procedentes de la regeneración, las infraestructuras de depuración y regeneración y un análisis del sistema de distribución y almacenamiento de agua regenerada. A partir del diagnóstico se definen objetivos de producción de aguas regeneradas

Adat.04 Plan Local de Aguas Regeneradas (PLAR)

y abastecimiento a los posibles usuarios (zonas verdes públicas y privadas, zonas deportivas, industria, recarga de acuíferos, descargas de sanitarios, etc.), se realiza una previsión de la infraestructura necesaria para extender el uso de las aguas regeneradas y se analiza el sistema de financiación de las medidas del PLAR. Este documento puede acompañar además, la evaluación de gestión del riesgo que deben hacer los productores y usuarios del agua regenerada así como el trámite de obtención de la concesión.

Peligros y riesgos climáticos	Sequía y escasez de recursos.
Impactos	Escasez de recursos hídricos disponibles. Reducción en la disponibilidad del agua de consumo. Riesgo de contaminación por la proliferación de patógenos en las aguas residuales. Reducción de la capacidad de tratamiento por un aumento en la demanda.
Marco legal	Directiva 91/271 CEE sobre el tratamiento de las aguas residuales (actualizada 2014). Directiva Marco del Agua 200/60/CEE Anexo VI. Real Decreto Ley 118/1995 por el que se establecen las normas aplicables al tratamiento de aguas residuales urbanas – Desarrollado por el RD 509/1996. Real Decreto 1620/2007 por el que se establece el régimen jurídico de la reutilización de las aguas regeneradas.
Recursos	
Tiempo	
Resultados esperados	Aumento del volumen de agua regenerada en el municipio. Aumento del uso de agua regenerada en el municipio. Reducción de la demanda de agua potable en el ámbito de gestión. Desarrollo e implementación del régimen jurídico de reutilización de aguas a nivel local.

Adat.04 Plan Local de Aguas Regeneradas (PLAR)

Limitaciones u obstáculos potenciales

Coste de inversión en adaptar las EDAR a los tratamientos necesarios para las aguas regeneradas y en la extensión de la red de distribución.

Reticencia en el uso de las aguas regeneradas en algunos sectores socioeconómicos.

Referencias de interés

[Plan Local de Aguas Regeneradas de Chiclana de la Frontera.](#)

[Plan Nacional de Reutilización de Aguas.](#)

[Plan de Reutilización del Agua Regenerada en Cataluña.](#)

Adat.05 Campañas de comunicación y concienciación

Objetivos

- Sensibilizar a la población sobre los impactos del cambio climático en el ciclo del agua urbano.
- Promover prácticas sostenibles y adaptativas para gestionar mejor el recurso hídrico en un contexto de cambio climático.

Descripción

La educación ambiental es una de las herramientas fundamentales y más eficaces para llegar a la sociedad y generar cambios positivos en los hábitos. Genera beneficios en todos factores ambientales y sociales y ayuda a comprender las causas y las consecuencias del cambio climático, promover la participación en la mitigación y adaptación a los potenciales impactos del cambio climático.

Facilitar el acceso al conocimiento y conseguir que la población esté informada y apoye acciones frente al cambio climático resulta fundamental para lograr el objetivo de proteger los recursos hídricos y avanzar en la garantía de la seguridad hídrica.

Aunque el contenido de las campañas de comunicación depende del contexto territorial, social y económico en el que se encuentren los distintos operadores, hay una serie de mensajes claves que pueden ser comunes. En efecto, el impacto

Adat.05 Campañas de comunicación y concienciación

del cambio climático en la disponibilidad y calidad del agua en entornos urbanos, la importancia de la adaptación y resiliencia para asegurar la sostenibilidad del agua o la promoción de acciones individuales y colectivas para un uso eficiente y conservación de los recursos hídricos pueden ser algunos de esos mensajes claves.

La campaña de comunicación sobre la adaptación de los sistemas de agua urbana al cambio climático se centrará en la gestión del riesgo, la adaptación y la resiliencia, así como en la protección de las fuentes de suministro. A través de talleres, seminarios y materiales educativos, se pueden abordar los riesgos que el cambio climático representa para la seguridad hídrica, promoviendo la importancia de adoptar medidas adaptativas para fortalecer la resiliencia de las infraestructuras de agua urbana.

Peligros y riesgos climáticos	Sequía y escasez de recursos. Lluvias torrenciales e inundaciones. Temperaturas extremas y olas de calor.
Impactos	Escasez de recursos hídricos disponibles. Establecimiento de restricciones en el uso del agua. Tensiones sociales por las diferentes demandas de uso urbano del recurso.
Recursos	
Tiempo	
Resultados esperados	Reducción de la demanda de agua por sectores. Aumento de la conciencia social y el conocimiento sobre los efectos del cambio climático en la esfera del agua. Mejora en los hábitos y comportamientos sociales.
Limitaciones u obstáculos potenciales	Falta de recursos humanos para realizar las campañas y llegar a todos los actores de interés. Resistencia al cambio de hábitos y comportamientos por parte de sectores de la población.
Referencias de interés	Fundación Nueva Cultura del Agua. Educación y Divulgación.

Adat.06 Observatorio del Agua

Objetivos

- Fomentar la participación ciudadana y la cohesión social en la gestión del agua, integrando las perspectivas de las comunidades en las políticas de adaptación al cambio climático y gestión del ciclo urbano.
- Monitorear y gestionar los riesgos climáticos que afectan los sistemas de agua urbana, con un enfoque en la adaptación y resiliencia de las infraestructuras hídricas.
- Promover la equidad en el acceso al agua, asegurando que todas las comunidades, especialmente las más vulnerables, tengan acceso justo y sostenible a los recursos hídricos.

Descripción

Un Observatorio Social del Agua, en el contexto de la gestión de los sistemas de agua urbana y las políticas de adaptación al cambio climático, es un espacio de participación y gobernanza que integra el monitoreo de recursos hídricos con la evaluación de sus impactos sociales y ambientales. Este tipo de observatorio tiene como objetivo central involucrar a la ciudadanía en la toma de decisiones, promoviendo una gestión del agua que sea transparente, inclusiva y sostenible, especialmente frente a los desafíos que plantea el cambio climático.

Experiencias existentes como el **Observatorio del Agua de Terrassa**, el **Observatorio del Agua de Jávea**, y el **Observatorio del Agua de EMASESA** en Sevilla muestran cómo estos organismos pueden fomentar la participación ciudadana, garantizar la equidad en el acceso al agua, y contribuir a la sostenibilidad de los recursos hídricos. Estos observatorios abordan cuestiones como la protección de fuentes de agua, la planificación frente a fenómenos extremos, y la mejora continua de la gestión pública del ciclo del agua, integrando enfoques sociales y técnicos para responder a los retos climáticos.

Las funciones del observatorio estarán determinadas por las características propias del sistema de gestión, el contexto social y territorial en el que se inserte y las necesidades existentes. De las distintas experiencias analizadas se extraen algunas de las funciones más significativas como pueden ser:

- Promover la participación activa de la ciudadanía en la toma de decisiones sobre la gestión del agua, actuando como espacios de consulta, deliberación y propuesta.

Adat.06 Observatorio del Agua

- Realizar un seguimiento constante de la calidad del agua, el estado de las infraestructuras, y los impactos del cambio climático sobre los sistemas de agua urbana.
- Desarrollar actividades educativas y campañas de concienciación dirigidas a la población para fomentar una cultura del agua que sea sostenible y adaptativa frente a los desafíos climáticos.
- Proveer recomendaciones y asesoramiento a los gobiernos locales y a las entidades gestoras del agua sobre estrategias de adaptación al cambio climático, políticas de conservación, y prácticas sostenibles.
- Contribuir a la transparencia en la gestión del agua, asegurando que la información sea accesible y que las decisiones se tomen de manera abierta y responsable, con un enfoque en la rendición de cuentas a la ciudadanía.

Peligros y riesgos climáticos	Sequía y escasez de recursos. Lluvias torrenciales e inundaciones. Temperaturas extremas y olas de calor.
Impactos	Escasez de recursos hídricos disponibles. Establecimiento de restricciones en el uso del agua. Tensiones sociales por las diferentes demandas de uso urbano del recurso.
Recursos	
Tiempo	
Resultados esperados	Mejoras en la gobernanza del agua en el sistema de gestión. Innovación en la gestión de los sistemas de agua urbana a través del asesoramiento técnico. Aumento de la transparencia y el control social de la gestión.

Adat.06 Observatorio del Agua

Limitaciones u obstáculos potenciales

Reticencia institucional y política a los cambios en el modelo de gobernanza del agua.
Falta de recursos y financiación.
Dificultades en la coordinación y cooperación administrativa.
Complejidad técnica y de gestión.

Referencias de interés

[Observatorio del Agua de EMASESA.](#)
[Observatorio del Agua de Jávea.](#)
[Observatorio del Agua de Terrasa.](#)

Adat.07 Plan de Emergencia por Sequía (PEM)

Objetivos

- Garantizar el abastecimiento en situación de sequías.
- Promover la reducción del consumo de agua.
- Mejorar la gestión de los recursos hídricos en el sistema de gestión.
- Fomentar la participación ciudadana.
- Establecer mecanismos de monitorización, control y alerta temprana.

Descripción

Los Planes de emergencia por sequía (PEM) son la principal herramienta para la gestión del riesgo de sequía en los abastecimientos urbanos y un documento clave en las políticas locales de adaptación.

La Ley 5/2001 de Plan Hidrológico Nacional establece que es obligatorio elaborar un Plan de Emergencia Municipal (PEM) para los sistemas de abastecimiento que prestan servicio a más de 20.000 habitantes en cuencas intercomunitarias, como la del Guadalquivir. En otras comunidades, como Andalucía, este umbral se reduce a 10.000 habitantes para las cuencas intracomunitarias.

Adat.07 Plan de Emergencia por Sequía (PEM)

Los planes de sequía establecen directrices y requisitos que regulan la conservación del agua y la contingencia en periodos de sequía. Recopilan y ordenan la información básica sobre las demandas y la valoración de disponibilidades de recursos, definen los estados de riesgo y activan las medidas especiales para mitigar los efectos de la sequía, estableciendo responsabilidades en la toma de decisiones y la gestión de las medidas necesarias.

Los planes de sequía deben incluir un diagnóstico detallado de la situación hídrica, la identificación de medidas preventivas y correctivas, y la gestión eficiente de los recursos, priorizando el uso del agua y explorando fuentes alternativas. Además, es crucial establecer estrategias de comunicación para concienciar al público e implementar sistemas de monitoreo y alerta temprana. La participación ciudadana es esencial, ya que asegura una mayor transparencia, fomenta el compromiso de la comunidad con las medidas adoptadas y permite una respuesta más coordinada entre diferentes entidades. También es importante definir un marco legal que respalde las acciones y revisar el plan de forma continua para adaptarlo a nuevos desafíos.

Peligros y riesgos climáticos	Sequía y escasez de recursos. Temperaturas extremas y olas de calor.
Impactos	Estrés hídrico de los ecosistemas. Pérdida de calidad de las aguas con posibles consecuencias sanitarias. Sobreexplotación de acuíferos. Restricciones en el consumo para gestionar la demanda. Disminución de la oferta de ocio y cultura.
Marco legal	Ley 5/2001 de Plan Hidrológico Nacional.
Recursos	
Tiempo	
Resultados esperados	Mejora de la resiliencia local ante situaciones de emergencia por sequía. Mayor protección de colectivos en riesgos de exclusión y población vulnerable. Reducción del consumo de agua en el sistema de gestión.

Adat.07 Plan de Emergencia por Sequía (PEM)

Limitaciones u obstáculos potenciales

Incertidumbre en las previsiones climáticas con respecto a la sequía.

Tensión social por la aplicación de medidas restrictivas.

Limitación financiera para desarrollar las medidas del plan ligadas a infraestructuras y tecnologías.

Baja eficiencia de las medidas en el corto plazo para paliar la escasez y atender a toda la demanda.

Referencias de interés

[“SeGuía” - Guía metodológica para la elaboración participada de planes de gestión de riesgo por sequía en pequeñas y medianas poblaciones.](#)

[Plan Especial de Sequía de Cádiz.](#)

[Plan Especial de Sequía de Puerto Real.](#)

[Plan Especial de Sequía de Sevilla.](#)

[Planes especiales de sequía en Cataluña.](#)

Adat.08 Plan de Gestión de la Demanda

Objetivos

- Desarrollar un conjunto de acciones que permitan reducir la demanda de agua, mejorar la eficiencia en su uso y evitar el deterioro de los recursos, asegurando el abastecimiento urbano de agua a medio y largo plazo.
- Fomentar la coordinación y cooperación entre las administraciones públicas para desarrollar líneas de actuación que gestionen la demanda de agua de forma sostenible.
- Fomentar el uso de nuevas tecnologías en la gestión de la demanda.

Adat.08 Plan de Gestión de la Demanda

Descripción

Los planes de gestión de la demanda son una herramienta estratégica integral diseñada para optimizar el uso del agua en un municipio o ámbito de gestión del ciclo urbano, asegurando su sostenibilidad a largo plazo y minimizando el impacto de la escasez hídrica.

En España hay experiencias de referencia en ciudades como Vitoria-Gasteiz, Calvià, Madrid y Barcelona. Los planes desarrollado han abordado líneas de actuación como la **optimización del uso del agua** mediante la modernización de infraestructuras y la instalación de dispositivos de ahorro y la mejora de las redes de distribución para reducir fugas, la **concienciación y educación ciudadana** para fomentar un consumo responsable, el diseño de **tarifas y normativas** para incentivar el ahorro y la regulación del uso eficiente del agua en nuevas construcciones. También incluyen **sistemas de monitorización** en tiempo real para gestionar el consumo y detectar problemas rápidamente, y fomenta la reutilización de aguas grises y el uso de fuentes alternativas. La participación ciudadana es clave en este enfoque integral, asegurando que la comunidad esté involucrada en la adopción de prácticas sostenibles y en la gestión eficiente del recurso hídrico.

Peligros y riesgos climáticos	Sequía y escasez de recursos hídricos.
Impactos	Escasez de recursos hídricos para el consumo. Interrupción del suministro. Riesgo de contaminación de los recursos fluviales y subterráneos. Daños a infraestructuras de abastecimiento. Conflicto social por el reparto de agua para satisfacer las demandas.
Marco legal	Directiva Marco del Agua 200/60/CE. Comunicación de la Comisión al Consejo, al Parlamento Europeo y al Comité Económico y Social - Política de tarificación y uso sostenible de los recursos hídricos /* COM/2000/0477 final */. Real Decreto Legislativo 1/2001 por el que se aprueba el texto refundido de la Ley de Aguas.

Adat.08 Plan de Gestión de la Demanda	
Recursos	
Tiempo	
Resultados esperados	Planificación del desarrollo de infraestructuras para mejorar la dotación de recursos y la red de distribución. Implementación de programas de ahorro para reducir el consumo. Medidas de adaptación de calidades de la oferta y dotación de recursos alternativos. Instalación de tecnologías más avanzadas en los sistemas de abastecimiento. Revisión y ajuste del sistema tarifario.
Limitaciones u obstáculos potenciales	Costes de inversión para la aplicación de las medidas. Aumento de las tensiones sociales, económicas y ambientales por la limitación del recurso hídrico que puede obstaculizar la colaboración en la implementación del plan.
Referencias de interés	Plan Municipal de la Gestión de la Demanda de Agua en Madrid. Plan Futura de Vitoria-Gasteiz. Plan Técnico de Aprovechamiento de Recursos Alternativos de Barcelona

Adat.09 Ordenanzas y reglamentos técnicos con criterios de adaptación

Objetivos

- Establecer un marco jurídico para facilitar la adaptación al cambio climático de los sistemas de agua urbana a escala local.
- Avanzar en un nuevo modelo de gobernanza del agua con criterios de adaptación y participación social.
- Innovar en la regulación de aspectos claves como el ahorro y la eficiencia, el uso de recursos alternativos, la reutilización o la implantación de SUDS.

Descripción

La adaptación efectiva de los sistemas de agua urbana al cambio climático pasa por disponer de un adecuado marco jurídico a escala local o de sistema de gestión que, de forma complementaria a otras actuaciones de gestión, regule aspectos relacionados con el ahorro y uso eficiente de recursos, la reutilización, el aprovechamiento de recursos alternativos o la implantación de sistemas urbanos de drenaje sostenibles.

Disponer de ordenanzas de gestión actualizadas y adaptadas al reto del cambio climático permite a los municipios:

- Promover la sostenibilidad hídrica: al establecer normas claras sobre el uso eficiente del agua y la reutilización de recursos, se asegura un manejo más sostenible y responsable de los recursos hídricos locales, esencial en un contexto de creciente escasez de agua debido al cambio climático.
- Mejorar la adaptación a condiciones climáticas variables: las ordenanzas pueden ayudar a las ciudades a ser más resilientes frente a eventos climáticos extremos, como sequías e inundaciones, al regular prácticas que optimizan el uso del agua y gestionan de manera efectiva el agua de lluvia y las aguas residuales.
- Incentivar la innovación y mejora de infraestructuras: la normativa local puede impulsar la implementación de tecnologías innovadoras, como SUDS y sistemas de reutilización de aguas grises, mejorando las infraestructuras urbanas para hacerlas más adaptativas y resistentes a las variaciones climáticas.
- Fomentar la participación ciudadana y la concienciación: a través de ordenanzas que regulen el ciclo del agua, se puede involucrar a la comunidad en prácticas sostenibles, aumentando la concienciación sobre la importancia del ahorro de agua y el uso de recursos alternativos, lo que fortalece la respuesta colectiva ante los desafíos climáticos.

Adat.09 Ordenanzas y reglamentos técnicos con criterios de adaptación

- Fortalecer la gobernanza local del agua: las ordenanzas permiten a los gobiernos locales ejercer un control más efectivo sobre la gestión del agua, alineando las políticas urbanas con los objetivos de adaptación al cambio climático, y asegurando que las medidas adoptadas sean coherentes y efectivas a largo plazo.

Dentro del marco jurídico local a escala nacional existen diversos ejemplos de ordenanzas que abordan cuestiones claves de adaptación al cambio climático, entre las que se pueden citar:

- Ordenanza de ahorro y eficiencia del agua: establece medidas y regulaciones para reducir el consumo de agua en entornos urbanos. Incluye normas para la instalación de dispositivos de ahorro de agua en viviendas, edificios públicos y comercios, así como la promoción de prácticas de uso eficiente del agua en la industria y la agricultura. También puede regular la implementación de tarifas progresivas que incentivan el ahorro de agua.
- Ordenanza de reutilización del agua: regula el uso de aguas residuales tratadas para aplicaciones no potables, como el riego de áreas verdes, la limpieza de calles o el uso en procesos industriales. Esta ordenanza establece los estándares de calidad del agua reutilizada y define las infraestructuras necesarias para su almacenamiento y distribución, fomentando un uso más sostenible de los recursos hídricos.
- Ordenanza sobre sistemas urbanos de drenaje sostenible (SUDS): promueve la implementación de infraestructuras que gestionen de manera natural el agua de lluvia en áreas urbanas, reduciendo la carga sobre los sistemas de alcantarillado y disminuyendo el riesgo de inundaciones. Los SUDS incluyen soluciones como pavimentos permeables, jardines de lluvia, estanques de retención y techos verdes, que permiten una mejor infiltración y almacenamiento del agua pluvial.
- Ordenanza sobre aguas grises: regula la recolección, tratamiento y reutilización de aguas grises (agua procedente de duchas, lavamanos, y lavadoras) para usos no potables, como el riego o la descarga de inodoros. Esta ordenanza establece los requisitos técnicos para los sistemas de recolección y tratamiento de aguas grises en edificaciones, contribuyendo a una reducción en la demanda de agua potable.
- Ordenanza sobre recursos alternativos de agua: fomenta el uso de fuentes de agua no convencionales, como la captación de agua de lluvia o el uso de agua regenerada. Esta ordenanza define las condiciones bajo las cuales estos recursos pueden ser integrados en el sistema de abastecimiento de la ciudad, buscando diversificar las fuentes de agua y aumentar la resiliencia frente a la escasez hídrica.

Adat.09 Ordenanzas y reglamentos técnicos con criterios de adaptación

Peligros y riesgos climáticos	Lluvias torrenciales e inundaciones pluviales y fluviales. Sequía y escasez de recursos. Temperaturas extremas y olas de calor.
Impactos	Incertidumbre en la elaboración y definición de ordenanzas y reglamentos que atiendan a las demandas y usos a largo plazo debido al cambio en los escenarios climáticos futuros.
Recursos	
Tiempo	
Resultados esperados	Reducción del consumo de agua. Mejora en la gestión de recursos hídricos. Aumento de la resiliencia urbana frente al cambio climático. Reducción de la contaminación urbana. Promoción de la sostenibilidad y la innovación. Cumplimiento de objetivos ambientales y normativos.
Limitaciones u obstáculos potenciales	Inconvenientes y obstáculos para lograr la aceptación ciudadana y de todos los actores involucrados en la aplicación de las ordenanzas y reglamentos. Dificultad en establecer un marco normativo equitativo que atienda a la demanda y necesidad de servicios de todos los sectores. Dificultad de coordinación entre las administraciones públicas.
Referencias de interés	Ordenanza de aprovechamiento de aguas grises de Barcelona. Ordenanza municipal de gestión sostenible de la reutilización del agua en el municipio de Calvià. Ordenanza municipal para la ecoeficiencia y la calidad de la gestión integral del agua de Zaragoza. Instrucciones Técnicas para Redes de Saneamiento de EMASESA.

4.2.2. Opciones de adaptación verdes

Adat.10 Implantación de tecnologías no convencionales de depuración

Objetivos

- Aumentar la eficiencia del proceso de depuración, disminuyendo el consumo de energía, reactivos químicos.
- Promover la economía circular en el proceso de depuración de las aguas residuales a través de soluciones basadas en la naturaleza y alternativas al método convencional.
- Desarrollar soluciones de depuración alternativas a varias escalas, promoviendo la descentralización de las EDAR.

Descripción

Los sistemas de depuración tradicionales dependen altamente del consumo energético, de material químico y necesitan generalmente de grandes superficies, generando grandes volúmenes de residuos.

La utilización de tecnologías no convencionales para el tratamiento de las aguas residuales como son los humedales o lechos de turba o bacteriano, son alternativas que promueven la sostenibilidad en el campo de la depuración de las aguas.

Estrechamente relacionadas con las tecnologías avanzadas para la depuración de aguas residuales, presentan una alternativa que podría resultar en beneficios ambientales (promoviendo la biodiversidad en los humedales artificiales), sociales (creando lugares de ocio, generando programas de educación ambiental) y económicos (generando ahorro en los procesos de tratamiento).

Peligros y riesgos climáticos

Sequías y escasez de recursos.
Precipitaciones torrenciales e inundaciones.
Temperaturas extremas y olas de calor.

Adat.10 Implantación de tecnologías no convencionales de depuración

Impactos	Escasez de agua con un efecto directo sobre la calidad de depuración de métodos no convencionales como los humedales. Disrupción y desborde de la operación de los sistemas de tratamiento por sobrecarga hídrica debido a las lluvias torrenciales. Alteración de los procesos biológicos de depuración por las altas temperaturas. Aparición de nuevos contaminantes o mutación de los existentes que requieran nuevos métodos de depuración.
Marco legal	Directiva 91/271 CEE sobre el tratamiento de las aguas residuales (actualizada 2014). Directiva Marco del Agua 200/60/CEE Anexo VI. Real Decreto Ley 11/1995 por el que se establecen las normas aplicables al tratamiento de aguas residuales urbanas – Desarrollado por el RD 509/1996. Real Decreto 1620/2007 por el que se establece el régimen jurídico de la reutilización de las aguas regeneradas. Real Decreto 817/2015 por el que se establecen los criterios de seguimiento y evaluación del estado de las aguas superficiales y las normas de calidad ambiental.
Recursos	
Tiempo	
Resultados esperados	Instalación de soluciones basadas en la naturaleza y otros sistemas de depuración en localidades/infraestructuras aptas para su aplicación. Inversiones en i+D+I para la aplicación de tecnologías no convencionales.
Limitaciones u obstáculos potenciales	Disponibilidad de superficie para el desarrollo de estas tecnologías, que en determinados casos son extensivas. Necesidad de adecuar el diseño a las condiciones ambientales del entorno para garantizar un adecuado funcionamiento.

Adat.10 Implantación de tecnologías no convencionales de depuración

Referencias de interés

Centro Experimental de Nuevas Tecnologías del Agua (CENTA).

CEDEX-CENTA (2010). Manual de implantación de sistemas de depuración en pequeñas poblaciones. Ministerio de Fomento, Ministerio de medio ambiente y medios rural y marino, CEDEX.

Lahora Cano, A. (2003). “Depuración de aguas residuales mediante humedales artificiales: la EDAR de los gallardos (ALMERÍA)” en Paracuellos, M. Ecología, manejo y conservación de los humedales. Instituto de Estudios Almerienses.

Aqua-Riba: Guía para la Incorporación de la Gestión Sostenible del Agua en Áreas Urbanas. Aplicación a la Rehabilitación de Barriadas en Andalucía.

Adat.11 Restauración fluvial en tramos urbanos

Objetivos

- Contribuir a la renaturalización de las ciudades, priorizando las soluciones basadas en la naturaleza.
- Minimizar el riesgo de inundaciones y mejorar la capacidad de adaptación de los ríos urbanos a los efectos del cambio climático.
- Avanzar en la restauración de los ecosistemas acuáticos y contribuir a la recuperación del buen estado de todas las masas de agua.
- Promover la creación de infraestructuras verdes, como humedales artificiales y buffers de vegetación, y territorios esponja que ayuden a filtrar contaminantes y estabilizar los caudales de agua.
- Alcanzar la contaminación cero para un entorno sin sustancias tóxicas Reducir la contaminación del agua por nutrientes, sustancias químicas y residuos.

Adat.II Restauración fluvial en tramos urbanos

Descripción

La restauración fluvial urbana consiste en rehabilitar ríos, arroyos y cuerpos de agua en entornos urbanos, devolviéndoles, en la medida del grado de intervención previo, su funcionalidad ecológica, mejorando su integración con el entorno y promoviendo su uso sostenible. Los beneficios de estas intervenciones son múltiples y abarcan dimensiones ambientales, sociales, económicas y culturales.

La restauración fluvial es clave en las políticas de adaptación al cambio climático en el ámbito urbano ya que puede contribuir a mitigar el efecto de las inundaciones, generar espacios que reduzcan el efecto isla de calor y actúen como refugios climáticos, disminuir la contaminación de las masas de agua y aumentar la recarga natural del suelo, mejorar la biodiversidad urbana, etc.

En muchos casos, los ríos urbanos han sido profundamente transformados (encauzados, canalizados, soterrados, etc.) y los costes de la restauración ecológica integral superan con creces los posibles beneficios. En estos contextos, las intervenciones deben enfocarse en la renaturalización, que busca recuperar funciones y elementos naturales dentro de las limitaciones urbanas existentes.

Dentro de las intervenciones de renaturalización se pueden crear espacios de inundación controlada, sustituir estructuras rígidas como motas, escolleras y canalizaciones y sustituirlas por infraestructuras basadas en sistemas de bioingeniería, permeabilizar obstáculos y mejorar la conectividad ecológica, abordar la recuperación de sotos y riberas, crear humedales y filtros verdes para mejorar la calidad del agua, etc.

Peligros y riesgos climáticos	Lluvias torrenciales e inundaciones pluviales y fluviales. Temperaturas extremas y olas de calor.
Impactos	Pérdidas económicas y daños materiales vinculados a inundaciones. Cortes de suministro en el sistema de abastecimiento. Deterioro de la calidad del agua y afección a la salud humana.
Recursos	
Tiempo	

Adat.II Restauración fluvial en tramos urbanos

Resultados esperados	Aumento de la resiliencia urbana frente al cambio climático. Mejora de las condiciones de habitabilidad en el entorno urbano. Reducción del riesgo de inundaciones. Reducción de la contaminación urbana.
Limitaciones u obstáculos potenciales	Costes elevados de actuación y mantenimiento en cauces muy intervenidos o modificados. Necesidad de coordinación entre las administraciones públicas involucradas. Débil cultura de la intervención urbana en estos espacios e inercias sociales contrarias a actuaciones de restauración o renaturalización.
Referencias de interés	Centro Ibérico de Restauración Fluvial. Estrategia Nacional de Restauración de Ríos 2023-2030. González del Tánago, M. y García de Jalón, D. (1995). Restauración de ríos y Riberas. Universidad Politécnica de Madrid. Plan de Restauración Fluvial y Reducción del Riesgo de Inundación en Entornos Urbanos de la Provincia de Cádiz. Anillo Verde de Vitoria Gasteiz.

Adat.12 Guías para la implantación de SUDS

Objetivos

- Planificar ciudades sensibles al agua, mediante la conservación y restauración, en la medida de lo posible, de los flujos naturales del agua, tanto de infiltración como de escorrentía superficial.
- Aplicación de los principios del diseño urbano sensible al agua, imitando las condiciones previas al desarrollo urbano, disminuyendo los impactos que la urbanización produce sobre la cantidad y calidad del agua de escorrentía y promoviendo la recuperación de los balances hídricos naturales.
- Planificar la red de drenaje integrada con el resto de elementos de la urbanización. Integrar zonas verdes y humedales en el entorno urbano para gestionar las aguas pluviales, especialmente en las zonas más bajas, reduciendo la escorrentía y promoviendo la infiltración natural.
- Proteger y mantener las condiciones naturales, preservando los elementos de la red natural, especies vegetales autóctonas, cursos de agua, etc.

Descripción

Los Sistemas Urbanos de Drenajes Sostenible (SUDS) se pueden definir como un enfoque innovador en la gestión del agua en los ámbitos urbanos que busca imitar los procesos naturales del ciclo hidrológico, como la infiltración, el almacenamiento y la evaporación, para gestionar eficazmente las aguas de lluvia. Este sistema combina soluciones basadas en la naturaleza con infraestructuras adaptadas para minimizar los impactos ambientales, reducir riesgos asociados a eventos extremos y promover una gestión más sostenible del agua.

En la práctica, los SUDS se desarrollan a través de un conjunto de medidas que tienen como objetivo principal imitar las condiciones previas al desarrollo urbano, corrigiendo los impactos que la urbanización produce sobre la escorrentía, reduciendo los riesgos de inundación y mejorando la capacidad de recarga del suelo.

En sintonía con la restauración fluvial urbana, el desarrollo de los SUDS es una línea de actuación clave en la adaptación al cambio climático en los espacios urbanos ya que pueden desempeñar un papel importante aminorando inundaciones locales, contribuyendo a mejorar la recarga del suelo y las masas de agua subterránea, reduciendo la contaminación urbana o dando soporte al desarrollo de infraestructuras verdes como humedales, zonas ajardinadas o parques inundables y todos sus servicios ambientales asociados.

Adat.12 Guías para la implantación de SUDS

Alrededor de los SUDS existen diversas soluciones técnicas orientadas al control de la escorrentía en origen, la filtración y transporte del flujo del agua, la filtración e infiltración al terreno o el almacenamiento y tratamiento para un uso posterior. El desarrollo de las soluciones va a depender del contexto de actuación, las necesidades a cubrir y las características específicas del entorno, como las condiciones climáticas, el tipo de suelo, el grado de urbanización, la disponibilidad de espacio y los objetivos de sostenibilidad planteados. Además, la selección de soluciones debe considerar aspectos económicos, sociales y ambientales para garantizar su viabilidad técnica y su integración efectiva en el tejido urbano.

Para aplicar este enfoque es fundamental disponer de documentos adaptados a cada caso. Para ello puede ser de interés disponer una guía local de diseño de SUDS que contribuya a garantizar la implementación eficaz y sostenible de estas soluciones, adaptándolas a las circunstancias y particularidades de cada entorno. Esta guía debe ser un documento técnico-práctico que sirva como referencia para la planificación urbana, empresas y profesionales de la ingeniería, arquitectura y gestión ambiental al momento de diseñar e implementar Sistemas Urbanos de Drenaje Sostenible.

Peligros y riesgos climáticos	Lluvias torrenciales e inundaciones pluviales y fluviales. Sequías y escasez de recursos hídricos. Temperaturas extremas y olas de calor.
Impactos	Pérdidas económicas y daños materiales vinculados a inundaciones. Cortes de suministro en el sistema de abastecimiento. Deterioro de la calidad del agua y afección a la salud humana.
Recursos	
Tiempo	
Resultados esperados	Mejora del conocimiento y la aplicabilidad de los SUDS. Estandarización de normas y criterios para el desarrollo de SUDS. Integración de SUDS en instrumentos de planificación urbanística, proyectos de urbanización y edificación.

Adat.12 Guías para la implantación de SUDS

Limitaciones u obstáculos potenciales

Barreras institucionales y fragmentación administrativa.

Limitaciones técnicas para el diseño, ejecución y seguimiento de los proyectos de SUDS.

Resistencia al cambio asociados a inercias sociales contrarias a actuaciones relacionadas con los SUDS.

Referencias de interés

MITECO. (2019). Guías de adaptación al riesgo de inundación: sistemas urbanos de drenaje sostenible.

Lara García, A. (2018). Agua y espacio habitado. Propuestas para la construcción de ciudades sensibles al agua. Ed. Universidad de Sevilla.

Woods-Ballard et al. 2007. The SUDS Manual . London. CIRIA.

Ayuntamiento de Madrid. Guía Básica de Diseño de Sistemas de Gestión Sostenible de Aguas Pluviales en Zonas Verdes y otros Espacios Públicos.

Guía Básica para el diseño de Sistemas Urbanos de Drenaje Sostenible en la ciudad de València.

Adat.13 Sistemas de control de puntos de vertidos

Objetivos

- Reducir la contaminación de los cuerpos de agua mediante la mejora en la gestión y control de los vertidos urbanos e industriales.
- Prevenir impactos negativos en la salud pública y en los ecosistemas acuáticos causados por descargas no controladas de aguas residuales.
- Asegurar el cumplimiento de la normativa ambiental y sanitaria, promoviendo sistemas de monitoreo y detección temprana de contaminantes.
- Disminuir los efectos del cambio climático en la calidad del agua, evitando el deterioro de los recursos hídricos debido a fenómenos extremos como lluvias torrenciales o sequías.

Descripción

Los sistemas de control de puntos de vertidos son un conjunto de herramientas y tecnologías destinadas a la monitorización, detección y regulación de descargas de aguas residuales en ríos, mares, lagos y acuíferos. Estas medidas permiten minimizar la contaminación, optimizar la gestión del agua y reducir los impactos ambientales y sanitarios asociados a vertidos no controlados.

En un escenario de cambio climático, donde las lluvias torrenciales pueden provocar desbordamientos de los sistemas de saneamiento y la sequía puede concentrar contaminantes en los cuerpos de agua, la implementación de tecnologías avanzadas de monitoreo es esencial.

Las estrategias incluyen:

- Sistemas de detección temprana y alerta mediante sensores en tiempo real para medir parámetros clave como turbidez, conductividad, temperatura y presencia de metales pesados o nutrientes.
- Modelos predictivos y análisis de calidad del agua, apoyados en Big Data e inteligencia artificial, que permiten anticipar posibles episodios de contaminación y mejorar la planificación de vertidos controlados.
- Instalación de sistemas de retención y tratamiento en puntos críticos de vertido para reducir la carga contaminante antes de su llegada al medio receptor.
- Mejora en la gestión del saneamiento urbano, optimizando los sistemas unitarios de alcantarillado para evitar desbordamientos durante episodios de lluvias intensas.

Adat.13 Sistemas de control de puntos de vertidos

- Control y regulación de vertidos industriales, asegurando que las descargas se realicen de acuerdo con la normativa vigente y no representen un riesgo ambiental.

Estas acciones deben integrarse en un marco de gobernanza colaborativa, donde administraciones públicas, empresas y ciudadanía participen en el monitoreo y control de la calidad del agua.

Peligros y riesgos climáticos	Lluvias torrenciales e inundaciones pluviales y fluviales. Temperaturas extremas y olas de calor.
Impactos	Aumento de episodios de vertidos no controlados debido al colapso de redes de saneamiento. Incremento de la concentración de contaminantes en el agua por la reducción de los caudales y el aumento de la evaporación.
Marco legal	Directiva (UE) 2024/3019, sobre el tratamiento de las aguas residuales urbanas. Directiva 2000/60/CE (Directiva Marco del Agua) de la UE. Directiva 2020/2184 relativa a la calidad del agua destinada al consumo humano. Reglamento del Dominio Público Hidráulico (RDPH).
Recursos	
Tiempo	
Resultados esperados	Reducción de la contaminación en cuerpos de agua receptores. Mejora en la eficiencia y sostenibilidad de la gestión del saneamiento urbano. Disminución de los impactos ambientales derivados del cambio climático. Cumplimiento normativo y mejora en la calidad del agua potable.
Limitaciones u obstáculos potenciales	Costes elevados de instalación y mantenimiento de sistemas de monitoreo. Necesidad de coordinación entre distintas administraciones y sectores afectados. Dificultades en la implementación de normativas estrictas en vertidos industriales.

Adat.14 Dotación de fuentes urbanas

Objetivos

- Garantizar el Derecho Humano al Agua y el Saneamiento **bajo los principios de disponibilidad, accesibilidad, asequibilidad, calidad y seguridad y aceptación, con especial atención a la protección de la contaminación y la sobreexplotación de las fuentes de abastecimiento**
- Garantizar el acceso al agua a la población vulnerable y los grupos en riesgos de exclusión social.
- Mejorar las condiciones climáticas y ofrecer recursos para afrontar olas de calor.

Descripción

Las **fuentes en espacios públicos** desempeñan un papel importante en la adaptación a los efectos del cambio climático en las ciudades al proporcionar acceso gratuito al agua a la población y mejorar las condiciones de habitabilidad y uso del espacio urbano. En el actual escenario de incremento de temperaturas y aumento de olas de calor, disponer en plazas y calles de fuentes de abastecimiento de agua y sistemas de hidratación contribuye a proteger a las personas de estas amenazas climáticas, con especial atención a los colectivos vulnerables.

La dotación de fuentes urbanas requiere un enfoque estratégico que considere criterios sociales, ambientales, técnicos y económicos. Estos criterios garantizan que las fuentes sean accesibles, sostenibles y cumplan su función de manera eficiente, tanto como fuente de suministro como espacios para poder refrescar a la población.

La implantación de fuentes bebederos debe priorizarse en áreas de alta densidad de uso como parques, estaciones de transporte, escuelas y zonas recreativas, garantizando equidad territorial y accesibilidad universal para personas vulnerables, con discapacidades, niños y adultos mayores.

El diseño debe enfocarse en materiales duraderos y de bajo mantenimiento, asegurando estándares de calidad sanitaria y resistencia a variaciones climáticas.

Por otro lado, las fuentes ornamentales adaptadas para refrescar el ambiente son una herramienta útil para hacer frente a las altas temperaturas y las olas de calor. La instalación de fuentes interactivas en plazas, parques y jardines o fuentes nebulizadoras permite el acceso a agua potable y favorecen la regulación térmica en el espacio público.

La dotación de fuentes públicas debe ir acompañada de campañas de concienciación social para promover el acceso equitativo al agua potable, especialmente durante olas de calor, y para fomentar el uso responsable del agua.

Adat.14 Dotación de fuentes urbanas	
Peligros y riesgos climáticos	Sequías y escasez de agua. Temperaturas extremas y olas de calor.
Impactos	Escasez de recursos hídricos disponibles. Establecimiento de restricciones en el uso del agua. Tensiones sociales por las diferentes demandas de uso urbano del recurso.
Marco legal	Directiva (UE) 2020/2184 del Parlamento Europeo y del Consejo, de 16 de diciembre de 2020, relativa a la calidad de las aguas destinadas al consumo humano. Real Decreto 3/2023, de 10 de enero, por el que se establecen los criterios técnico-sanitarios de la calidad del agua de consumo, su control y suministro.
Recursos	
Tiempo	
Resultados esperados	Mejorar el acceso al agua en el espacio público urbano. Fomentar el uso del agua de grifo entre la población general. Ampliar la cobertura acceso al agua a colectivos y personas en situación de exclusión social.
Limitaciones u obstáculos potenciales	Infraestructura suficiente para instalar fuentes en algunas zonas. Costes de mantenimiento y conservación. Falta de concienciación social acerca del buen uso de las fuentes.
Referencias	Fuentes públicas de agua potable en la ciudad de Cádiz. Fuentes en la vía pública de la ciudad de Mallorca.

Adat.15 Renaturalización urbana

Objetivos

- Reducir el efecto isla de calor mediante la introducción de vegetación y soluciones basadas en la naturaleza en el entorno urbano.
- Incrementar la resiliencia climática de la ciudad, favoreciendo la regulación térmica y la gestión sostenible del agua.
- Mejorar la calidad de vida y el bienestar de la población, proporcionando espacios verdes accesibles que favorezcan el confort térmico y la salud pública.
- Fomentar la biodiversidad y la regeneración ecológica, recuperando ecosistemas urbanos degradados y promoviendo la conectividad verde.

Descripción

La renaturalización urbana consiste en la incorporación de infraestructura verde y soluciones basadas en la naturaleza (SbN) para adaptar las ciudades a los efectos del cambio climático. Esta estrategia incluye la creación de bosques urbanos, corredores verdes, cubiertas y fachadas vegetadas, humedales artificiales o jardines de lluvia, entre otras soluciones, que contribuyen a la regulación térmica, la mejora de la calidad del aire y la reducción de inundaciones urbanas.

En un contexto de aumento de temperaturas y olas de calor, la renaturalización ayuda a disminuir la temperatura en el entorno urbano mediante la sombra y la evapotranspiración de la vegetación, mitigando el impacto del calor extremo. Asimismo, la implantación de espacios verdes favorece la infiltración del agua de lluvia, minimizando el riesgo de inundaciones y mejorando la gestión hídrica en las ciudades.

Este tipo de intervenciones deben planificarse de manera estratégica, priorizando su implementación en zonas densamente urbanizadas, barrios con población vulnerable, centros escolares y espacios públicos de gran afluencia. Además, el diseño de estos espacios debe considerar la selección de especies vegetales autóctonas y de bajo consumo hídrico, promoviendo la eficiencia en el uso del agua.

La renaturalización urbana también fomenta la participación ciudadana y el desarrollo de políticas de gobernanza climática que involucren a la comunidad en la gestión y mantenimiento de los espacios verdes. Para garantizar su éxito, estas intervenciones deben acompañarse de campañas de sensibilización y educación ambiental, promoviendo el uso y cuidado de la infraestructura verde como un activo esencial para la adaptación climática.

Adat.15 Renaturalización urbana	
Peligros y riesgos climáticos	Sequías y escasez de agua. Lluvias torrenciales e inundaciones. Temperaturas extremas y olas de calor.
Impactos	Aumento del estrés térmico en el entorno urbano. Disminución de la disponibilidad de recursos hídricos. Mayor riesgo de inundaciones debido a la impermeabilización del suelo.
Marco legal	Directiva (UE) 2020/2184 del Parlamento Europeo y del Consejo, de 16 de diciembre de 2020, relativa a la calidad de las aguas destinadas al consumo humano. Real Decreto 3/2023, de 10 de enero, por el que se establecen los criterios técnico-sanitarios de la calidad del agua de consumo, su control y suministro. Ley de Cambio Climático y Transición Energética (Ley 7/2021). Estrategia Nacional de Infraestructura Verde y Conectividad Ecológica (2020).
Recursos	
Tiempo	
Resultados esperados	Reducción del efecto isla de calor y mejora del confort térmico urbano. Aumento de la biodiversidad y la resiliencia ecológica. Mejora de la capacidad de absorción y drenaje del agua de lluvia. Creación de espacios públicos saludables y accesibles.
Limitaciones u obstáculos potenciales	Disponibilidad de suelo urbano para implementar infraestructuras verdes. Costes de mantenimiento y gestión de los espacios renaturalizados. Posible oposición de sectores urbanos por cambios en la planificación territorial.
Referencias de interés	Guía Divulgativa de la Infraestructura Verde Municipal. Guía metodológica para la identificación de los elementos de Infraestructura Verde de España.

4.2.3. Opciones de adaptación grises

Adat.16 Digitalización de los sistemas de agua urbana

Objetivos

- Promover la gestión integral de los sistemas de agua urbana, apoyada en modelo de gobernanza.
- Avanzar en la modernización del ciclo de agua a través de la innovación y la formación, mejorando el conocimiento de los usos del agua y la eficiencia hídrica, incrementar la transparencia y la información disponible.
- Implementar sistemas de transparencia que aseguren que toda la información relevante sobre la gestión del agua, incluyendo datos sobre calidad, disponibilidad, y decisiones de inversión, esté accesible para el público y todas las partes interesadas.
- Desarrollar plataformas digitales que faciliten el acceso a la información en tiempo real, permitiendo un monitoreo continuo y una mayor rendición de cuentas por parte de las autoridades responsables de la gestión del agua.

Descripción

Los sistemas de agua urbana se enfrenta a una serie de grandes retos y desafíos para las próximas décadas. En efecto, según el Proyecto Estratégico para la Recuperación y Transformación Económica (PERTE) del agua, el cambio climático y la reducción de la disponibilidad de recursos hídricos, el estado de las infraestructuras y las pérdidas de las redes, el control de los vertidos y el estado de conservación de las masas de agua, la falta de información sobre los usos y las carencias de control sobre estos son algunos de esos retos.

Para abordar esos desafíos, se plantea la digitalización del ciclo del agua, que se refiere a la integración de tecnologías de la información y comunicación en todas las etapas de la gestión hídrica, desde la captación hasta el consumo y tratamiento de aguas residuales. Según el PERTE de Digitalización del Ciclo del Agua, esta iniciativa busca modernizar el ciclo integral del agua en España para lograr una gestión más eficiente y sostenible.

La **Digitalización del Ciclo del Agua** establece diversas acciones para modernizar y optimizar la gestión hídrica en entornos urbanos. Estas incluyen la implementación de sistemas de monitoreo en tiempo real para detectar fugas y mejorar la eficiencia en la distribución del agua, la instalación de contadores inteligentes que permiten un control más preciso del consumo, y la automatización de procesos

Adat.16 Digitalización de los sistemas de agua urbana

en plantas de tratamiento de aguas residuales para garantizar una depuración más efectiva. Además, se promueve la integración de plataformas digitales que faciliten la gestión y análisis de datos, mejorando la toma de decisiones y la transparencia en la administración del recurso hídrico.

Estas iniciativas buscan no solo optimizar el uso del agua, sino también fortalecer la resiliencia de las infraestructuras hídricas frente a desafíos como el cambio climático. La digitalización permite una respuesta más rápida y eficiente ante incidencias, contribuyendo a una gestión más sostenible y equitativa del agua en las ciudades. Asimismo, se fomenta la participación ciudadana mediante aplicaciones que informan sobre el estado del servicio y promueven un consumo responsable.

Peligros y riesgos climáticos	Lluvias torrenciales e inundaciones pluviales y fluviales. Sequía y escasez de recursos hídricos. Temperaturas extremas y olas de calor.
Impactos	Aumento de precipitaciones torrenciales y lluvias extremas. Mayor presión sobre la infraestructura urbana de drenaje. Reducción de la disponibilidad de agua en periodos prolongados de sequía. Incremento en el consumo de agua potable.
Marco legal	PERTE de los sistemas de agua urbana (2022). Directiva 2000/60/CE (Directiva Marco del Agua). Ley de Cambio Climático y Transición Energética (Ley 7/2021). Real Decreto 3/2023, de 10 de enero, sobre calidad y control del agua de consumo. Estrategia Española de Digitalización del Agua.
Recursos	
Tiempo	

Adat.16 Digitalización de los sistemas de agua urbana

Resultados esperados	Mejora de la eficiencia y sostenibilidad al reducir pérdidas, optimizar recursos y responder mejor al cambio climático. Aumento del control de los recursos hídricos y el uso del agua realizado por los distintos usuarios. Promoción de la transparencia y la participación ciudadana mediante acceso a datos en tiempo real. Reducción de costos operativos y mejora la calidad del servicio.
Limitaciones u obstáculos potenciales	Elevados costes de implantación y falta de infraestructuras y conectividad. Gestión de datos compleja que requiere personal capacitado. Resistencia al cambio y falta de capacitación técnica.
Referencias de interés	<u>PERTE de los sistemas de agua urbana.</u>

Adat.17 Mejoras en la gestión del agua potable

Objetivos

- Minimizar los impactos asociados a la calidad del agua en origen mediante una gestión eficiente en las estaciones de tratamiento de agua potable (ETAP).
- Reducir los riesgos de contaminación en el suministro a través de una gestión optimizada de las redes de abastecimiento.
- Asegurar el cumplimiento de las normativas de calidad del agua potable mediante procesos de modernización y control.
- Incrementar la resiliencia del sistema de abastecimiento frente a los efectos del cambio climático, garantizando la continuidad del suministro en escenarios de estrés hídrico.

Descripción

La creciente exigencia normativa en materia de calidad del agua y la presencia de contaminantes emergentes han hecho necesarias mejoras en el tratamiento y la distribución del agua potable. Para abordar estos desafíos, se requiere:

- Modernización de infraestructuras en Estaciones de Tratamiento de Agua Potable (ETAP), incorporando tecnologías avanzadas como membranas filtrantes, tratamientos por ozono y carbón activado.
- Optimización de las redes de abastecimiento para reducir pérdidas y fugas de agua, mejorando la eficiencia y asegurando la calidad en toda la red de distribución.
- Sistemas de monitoreo y control en tiempo real, utilizando sensores de calidad del agua y tecnologías de análisis avanzado para detectar anomalías y garantizar un suministro seguro.
- Planes de emergencia hídrica, que establezcan estrategias para garantizar el abastecimiento en condiciones de sequía o contaminación accidental del agua.

El seguimiento del tratamiento del agua potable es otro componente fundamental para asegurar la salud hídrica de la población por lo que es necesario realizar un control y seguimiento del funcionamiento, de la modernización y del mantenimiento de estas instalaciones.

Adat.17 Mejoras en la gestión del agua potable

Peligros y riesgos climáticos	Sequías y escasez de recursos. Precipitaciones torrenciales e inundaciones. Temperaturas extremas y olas de calor.
Impactos	Incremento de costes de explotación por el aumento en el consumo de materias primas para la potabilización. Disminución de la calidad de agua por la alteración de los componentes físicos, químicos y biológicos del agua en los embalses. Disminución de la calidad del agua por el aumento de la evaporación en los embalses.
Marco legal	Directiva 98/83/CE relativa a la calidad de las aguas de consumo humano. Directiva 2009/90/CE por la que se establecen las especificaciones técnicas del análisis químico y del seguimiento del estado de las aguas. Real Decreto 140/2003 por el que se establecen los criterios sanitarios de la calidad del agua de consumo. Real Decreto 60/2011 sobre las normas de calidad ambiental en el ámbito de la política de aguas.
Recursos	
Tiempo	
Resultados esperados	Mejora en la conservación del agua de consumo. Reducción de costes asociados al tratamiento y mantenimiento de las instalaciones. Mejora en la red de abastecimiento.
Limitaciones u obstáculos potenciales	Dificultad en la coordinación interadministrativa para ejecutar mejoras en redes de abastecimiento. Resistencia al cambio en la adopción de tecnologías avanzadas. Limitada disponibilidad de recursos hídricos en situaciones de estrés climático.

Adat.18 Técnicas avanzadas en el control de la calidad del agua

Objetivos

- Controlar contaminantes químicos emergentes y toxinas mediante técnicas de cromatografía.
- Realizar un control avanzado de la materia orgánica utilizando fluorescencia como técnica de detección.
- Monitorizar la presencia de virus en aguas, mejorando la seguridad en el abastecimiento y saneamiento.
- Detectar microorganismos precursores de compuestos que afectan la calidad del agua, optimizando los tratamientos de potabilización y depuración.

Descripción

Las técnicas avanzadas de control de calidad del agua permiten una mejor detección y caracterización de contaminantes químicos y biológicos que pueden afectar las masas de agua y su aptitud para el consumo humano. Con el cambio climático, los impactos sobre los recursos hídricos pueden provocar una mayor concentración de contaminantes debido a la evaporación, la escasez de caudal y el aumento de materia orgánica en suspensión.

El uso de nuevas tecnologías en el monitoreo y control del agua permite mejorar la eficiencia en los procesos de tratamiento y potabilización, reducir los costes de explotación y mejorar la seguridad del abastecimiento. Algunas de estas tecnologías incluyen:

- Filtración avanzada / ósmosis inversa: Uso de microfiltración y nanofiltración con membranas a base de carbono para eliminar contaminantes emergentes.
- Oxidación avanzada: Aplicación de ozono, peróxido de hidrógeno o radiación UV para la eliminación de virus y compuestos orgánicos.
- Reducción química: Procesos de precipitación y eliminación de sólidos mediante agentes químicos.
- Adsorción con filtros de carbón activado: Eliminación de compuestos orgánicos y metales pesados.
- Cromatografía y espectrometría de masas: Métodos avanzados para la detección de contaminantes químicos en concentraciones ultra bajas.
- Biosensores y fluorescencia: Detección rápida de virus, bacterias y contaminantes orgánicos en el agua.

Adat.18 Técnicas avanzadas en el control de la calidad del agua

La aplicación de estas tecnologías requiere una fuerte inversión en investigación y desarrollo, además de la adaptación de las infraestructuras de tratamiento de agua y un marco normativo actualizado que regule su implementación.

Peligros y riesgos climáticos	Escasez de precipitaciones. Precipitaciones extremas. Olas de calor.
Impactos	Incremento de costes de explotación por el aumento en el consumo de materias primas para la potabilización y las pruebas analíticas. Incremento de costes en la depuración de aguas residuales por la excesiva carga contaminante y la aparición de nuevos contaminantes. Disminución de la calidad de agua por la alteración de los componentes físicos, químicos y biológicos en los embalses. Disminución de la cantidad de agua disponible por el aumento de la evaporación en los embalses.
Marco legal	Directiva 2020/2184/UE sobre calidad del agua de consumo humano. Directiva 91/271/CEE sobre el tratamiento de aguas residuales urbanas. Real Decreto 3/2023 sobre los criterios técnico-sanitarios de la calidad del agua de consumo, su control y suministro.
Recursos	
Tiempo	
Resultados esperados	Mejora en la eficiencia de los controles de calidad del agua. Utilización de nuevas tecnologías para el control de calidad de aguas. Mejora en la calidad del agua.
Limitaciones u obstáculos potenciales	Costes de inversión y aplicación de las nuevas tecnologías. Falta de personal cualificado para el uso de las nuevas tecnologías. Tiempos de desarrollo y aprobación de las tecnologías de acuerdo con la normativa aplicable.

Adat.19 Implantación de tratamientos avanzados en el sistema de depuración

Objetivos

- Asegurar y mejorar la eficiencia en el tratamiento de aguas residuales
- Implementar tecnologías avanzadas que permitan la eliminación eficiente de nutrientes (nitrógeno y fósforo) y otros contaminantes emergentes.
- Fomentar la economía circular en la gestión del agua mediante la reutilización de aguas depuradas y la producción de biogás en las EDAR.

Descripción

El tratamiento de aguas residuales representa entre un 3% y un 7% de las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) a nivel global, debido principalmente a la liberación de metano y óxidos de nitrógeno durante los procesos de depuración. Esto resalta la necesidad de implementar tratamientos avanzados que reduzcan su impacto climático y optimicen la eficiencia de las Estaciones Depuradoras de Aguas Residuales (EDAR). La mejora en estos sistemas permite disminuir la carga contaminante de materia orgánica y nutrientes, reducir el consumo energético, minimizar la generación de lodos y mejorar la calidad del agua tratada, favoreciendo su reutilización en sectores urbanos, agrícolas e industriales.

Para alcanzar estos objetivos, se han desarrollado tecnologías avanzadas de depuración, como los biorreactores de membrana (MBR), que combinan procesos biológicos con filtración para mejorar la calidad del efluente, y los procesos de nitrificación-desnitrificación avanzada, que optimizan la eliminación del nitrógeno. Además, los reactores anaerobios permiten la generación de biogás, promoviendo la autosuficiencia energética en las EDAR. Los tratamientos terciarios, como la oxidación avanzada, la radiación ultravioleta (UV) y la adsorción con carbón activado, contribuyen a la eliminación de contaminantes emergentes, garantizando una mayor seguridad ambiental y sanitaria. Finalmente, los sistemas de reutilización de aguas regeneradas optimizan el aprovechamiento del recurso hídrico, alineándose con los principios de la economía circular.

La implantación de estos tratamientos avanzados no solo mejora la calidad del agua depurada, sino que también contribuye a la resiliencia climática de los sistemas de saneamiento. Frente a escenarios de sequías prolongadas, precipitaciones torrenciales e incremento de temperaturas extremas, estas tecnologías permiten una gestión más eficiente del agua, garantizando su disponibilidad y reduciendo los impactos negativos en el medioambiente. Además, al disminuir la dependencia

Adat.19 Implantación de tratamientos avanzados en el sistema de depuración

energética y fomentar la autosuficiencia mediante el uso de biogás y energías renovables, se logra un modelo de depuración más sostenible que ayuda a mitigar los efectos del cambio climático en el sector del agua.

Peligros y riesgos climáticos	Sequías y escasez de recursos. Precipitaciones torrenciales e inundaciones. Temperaturas extremas y olas de calor.
Impactos	Aumento de gases contaminantes en la EDAR y redes de saneamiento, incrementando la corrosión, olores y costes económicos para su control. Problemas en las infraestructuras por las inundaciones (fallo eléctrico, falta de capacidad de bombeo, sobrecarga de la red de saneamiento). Problemas mecánicos en la EDAR y EBAP, atascos y roturas, causados por malas prácticas del saneamiento. Aumento del consumo de energía y de reactivos asociados al proceso.
Marco legal	Directiva 91/271 CEE sobre el tratamiento de las aguas residuales (actualizada 2014). Directiva Marco del Agua 200/60/CEE Anexo VI. Real Decreto Ley 11/1995 por el que se establecen las normas aplicables al tratamiento de aguas residuales urbanas – Desarrollado por el RD 509/1996. Real Decreto 1620/2007 por el que se establece el régimen jurídico de la reutilización de las aguas regeneradas. Real Decreto 817/2015 por el que se establecen los criterios de seguimiento y evaluación del estado de las aguas superficiales y las normas de calidad ambiental.
Recursos	
Tiempo	

Adat.19 Implantación de tratamientos avanzados en el sistema de depuración	
Resultados esperados	Mejora en la eficiencia de los sistemas de depuración. Disminución del consumo energético y de producción de residuos en las EDAR. Mejora en la calidad de las aguas depuradas. Ahorro económico en los procesos de depuración.
Limitaciones u obstáculos potenciales	Dificultades en la financiación de nuevos tratamientos avanzados. Resistencia al cambio en la gestión tradicional de las EDAR. Disponibilidad de personal capacitado en tecnologías de depuración avanzada.

Adat.20 Reutilización del agua en equipamientos municipales

Objetivos

- Optimizar la gestión del agua en equipamientos municipales mediante el uso de recursos hídricos alternativos.
- Reducir la dependencia del agua potable para usos no esenciales, como riego, limpieza o descarga de inodoros.
- Fomentar la resiliencia hídrica municipal, asegurando un suministro sostenible ante eventos de sequía o restricciones de agua.

Descripción

El uso de recursos hídricos alternativos es una estrategia descentralizada para optimizar la gestión del agua en asentamientos urbanos. Entre las fuentes más accesibles y fáciles de emplear destacan las aguas pluviales y las aguas grises⁴. Las primeras son aquellas procedentes de la lluvia y pueden ser recogidas a través de aljibes y depósitos. Por el contrario las segundas proceden de los lavabos, duchas, lavadoras y en algunos casos fregaderos de cocina y, en general, destacan por su baja carga contaminante.

El aprovechamiento de aguas pluviales se realiza a partir de la instalación de sistemas de recolección en tejados y áreas impermeables, canalizando el agua hacia depósitos de almacenamiento con capacidad suficiente para cubrir las necesidades del equipamiento. Este recurso se puede emplear en el riego de espacios libres, zonas verdes (incluyendo las fachadas y los tejados) o en la recarga de aguas subterráneas a través de SUDS.

Por otro lado, las aguas grises, provenientes de lavabos, duchas y lavadoras, presentan baja carga contaminante y pueden reutilizarse tras un tratamiento previo para la descarga de inodoros, reduciendo el consumo de agua potable en edificios municipales o el riego de jardines y zonas verdes, cuando se emplean sistemas de filtración adecuados.

4 De acuerdo al art. 2 c) del Real Decreto 1085/2024, de 22 de octubre, por el que se aprueba el Reglamento de reutilización del agua y se modifican diversos reales decretos que regulan la gestión del agua, las aguas grises son aguas residuales domésticas, exceptuando las provenientes de inodoros y urinarios.

Adat.20 Reutilización del agua en equipamientos municipales	
Peligros y riesgos climáticos	Lluvias torrenciales e inundaciones pluviales y fluviales. Sequía y escasez de agua. Temperaturas extremas y olas de calor.
Impactos	Reducción del escurrimiento superficial y alivio en la red de drenaje mediante la captación y reutilización de agua de lluvia Mayor demanda de agua para riego y refrigeración urbana
Marco legal	Directiva 2000/60/CE (Directiva Marco del Agua). Real Decreto 1620/2007, que regula la reutilización de aguas regeneradas. Reglamento del Dominio Público Hidráulico (RDPH).
Recursos	
Tiempo	
Resultados esperados	Reducción del consumo de agua potable en equipamientos municipales. Menor presión sobre las redes de abastecimiento y drenaje urbano. Ahorro económico en la gestión hídrica municipal. Mayor resiliencia ante sequías y restricciones de agua.
Limitaciones u obstáculos potenciales	Costes iniciales elevados para la instalación de infraestructuras de captación y tratamiento. Requerimientos normativos y técnicos para garantizar la seguridad sanitaria del agua reutilizada. Falta de concienciación y aceptación pública sobre el uso de aguas regeneradas en espacios municipales.

Adat.21 Aprovechamiento de lodos de depuración

Objetivos

- Promover la economía circular en la gestión de aguas residuales mediante la valorización de los lodos de depuración.
- Reducir el impacto ambiental generado por la acumulación y disposición final de los lodos en vertederos.
- Fomentar el uso de lodos tratados en la agricultura, contribuyendo a la mejora del suelo y a la reducción del uso de fertilizantes sintéticos.
- Aprovechar el potencial energético de los lodos, mediante la producción de biogás y compostaje, favoreciendo la autosuficiencia energética de las EDAR.

Descripción

El tratamiento de aguas residuales genera grandes volúmenes de lodos de depuración, cuyo manejo eficiente es clave para la sostenibilidad del ciclo del agua. En lugar de ser considerados un residuo, estos lodos pueden valorizarse mediante distintos procesos que permiten su reutilización en sectores como la agricultura, producción de biogás y materiales de construcción.

Las principales estrategias de aprovechamiento incluyen:

- Uso en agricultura y silvicultura: Los lodos estabilizados y tratados adecuadamente pueden mejorar la fertilidad del suelo, proporcionando nutrientes esenciales como nitrógeno y fósforo.
- Producción de biogás: Mediante digestión anaerobia, los lodos generan metano, que puede emplearse para autoconsumo energético en EDAR o inyección en redes de gas.
- Producción de compost y enmiendas orgánicas: Permite la generación de fertilizantes orgánicos, promoviendo prácticas agrícolas sostenibles.
- Uso en materiales de construcción: En algunos casos, los lodos deshidratados pueden emplearse en la fabricación de cementos y ladrillos, reduciendo la demanda de materias primas.

Este aprovechamiento contribuye a la reducción de la huella de carbono del ciclo del agua, evitando la disposición de lodos en vertederos y disminuyendo la emisión de gases de efecto invernadero (GEI). Además, mejora la resiliencia ante el cambio climático, promoviendo sistemas de saneamiento más sostenibles y autosuficientes.

Adat.21 Aprovechamiento de lodos de depuración	
Peligros y riesgos climáticos	Sequía y olas de calor. Temperaturas extremas y olas de calor.
Impactos	Riesgo de lixiviación y contaminación de suelos y aguas subterráneas por mala gestión de los lodos. Aumento del consumo energético en el secado de lodos por la necesidad de condiciones controladas.
Marco legal	Directiva 86/278/CEE sobre la protección del medio ambiente y uso agrícola de los lodos de depuración. Reglamento (UE) 2019/1009 sobre productos fertilizantes. Directiva 2008/98/CE sobre residuos y economía circular.
Recursos	
Tiempo	
Resultados esperados	Reducción de la cantidad de lodos enviados a vertedero, disminuyendo su impacto ambiental. Producción de energía renovable (biogás) en las EDAR, reduciendo la dependencia de combustibles fósiles. Disminución del uso de fertilizantes sintéticos mediante la valorización de lodos en la agricultura. Ahorro en costos de gestión y disposición de lodos en EDAR.
Limitaciones u obstáculos potenciales	Barreras normativas que limitan el uso de lodos en determinados sectores. Percepción pública negativa sobre el uso de lodos en agricultura. Costes de inversión inicial elevados en infraestructura para su valorización. Requisitos de control y calidad estrictos para evitar riesgos sanitarios y ambientales.

5. FENÓMENOS CLIMÁTICOS Y DERECHO HUMANO AL AGUA

**RESPUESTAS TÉCNICAS Y
CULTURALES DESDE
LA GESTIÓN PÚBLICA**



Figura 15. Imagen realizada por Inteligencia Artificial para ponencias de AEOPAS.

5.1. Introducción

Tal como se ha indicado en los apartados precedentes, la intensificación de los fenómenos climáticos extremos, como sequías prolongadas, lluvias torrenciales, olas de calor y episodios de inundación súbita, representa hoy uno de los mayores desafíos estructurales para los sistemas urbanos de abastecimiento y saneamiento de agua. El impacto del cambio climático sobre los recursos hídricos no es una proyección futura, sino una realidad palpable que condiciona la seguridad hídrica, la calidad de vida de las poblaciones urbanas y el cumplimiento efectivo del derecho humano al agua y al saneamiento.

En este capítulo, se analiza con una perspectiva integral las principales consecuencias del cambio climático sobre los sistemas de agua urbana a través de una serie de casos en el ámbito europeo, abordando tanto los aspectos físicos como los sociales, institucionales y culturales que condicionan nuestra capacidad de respuesta. Se parte del reconocimiento de que el cambio climático constituye lo que se denomina con acierto “el elefante en la habitación”: una amenaza omnipresente, pero a menudo invisibilizada en las políticas públicas del agua.

Se ha llegado a un consenso, y no es poco, de que no solo el cambio climático no solo existe, sino que está originado por los gases de efecto invernadero y, muy en particular, por la emisión masiva de CO². Por tanto, se genera un consenso fácil en torno a la necesidad de que las políticas y estrategias de mitigación estén presididas por la transición energética. Y ahí se centra la mayor parte de los acuerdos y de los debates, de los calendarios que se hacen, de los esfuerzos, en definitiva. Y eso viene ayudado porque ciertamente hay también poderosos incentivos económicos y financieros para esa transición energética.

Pero la resolución de la crisis climática debe situarse también en el centro de la planificación del agua. Si bien los análisis convencionales ya han documentado sobradamente los orígenes antropogénicos del calentamiento global —fundamentalmente ligados a un modelo energético basado en la quema masiva de combustibles fósiles heredado de la segunda Revolución Industrial—, es necesario subrayar que el consenso científico no se limita a diagnosticar la existencia del fenómeno, sino que también plantea con claridad la urgencia de actuar. Tal como señala el Panel Intergubernamental sobre Cambio Climático (IPCC), las decisiones adoptadas en la presente década determinarán la habitabilidad de vastas regiones del planeta en el horizonte de 2050.

En lo que respecta a la gestión del agua, esto significa asumir que los sistemas urbanos deben prepararse para operar en escenarios crecientemente inestables, caracterizados por una combinación de eventos hidrológicos extremos, presiones demográficas, degradación ecosistémica y competencia creciente entre usos. La gestión pública, particularmente desde los operadores municipales y supramunicipales, tiene un papel estratégico en esta transformación, al representar la escala de proximidad donde las soluciones pueden materializarse con mayor eficacia y legitimidad social.

Cuando señalamos que el elefante en la habitación es el cambio climático, queremos hacer patente que nos enfrentamos a transformaciones radicales en el planeta en los próximos 30 años, no en dos siglos. Necesitamos un nuevo

planteamiento económico que determine qué hacemos, entre otras cosas, con el agua. El episodio de la Dana en el Mediterráneo de octubre de 2024, con lluvias torrenciales que se aproximaron a los 500 litros por metro cuadrado en algunos puntos del entorno de Valencia, generando inundaciones repentinas, desbordamientos de ríos y tornados, se ha convertido en el episodio natural más destructivo del siglo XXI en España, dejando un mensaje claro: el cambio climático es ya una realidad y es urgente tomar medidas para mitigarlo.

Desde esta perspectiva, el capítulo se estructura en torno a los siguientes ejes:

4. El análisis de los impactos observados del cambio climático sobre los sistemas urbanos de agua, con especial énfasis en la frecuencia y severidad de sequías e inundaciones en el contexto europeo.
5. La revisión crítica de las respuestas institucionales implementadas a nivel nacional y local, incluyendo planes de emergencia, programas de ahorro, inversiones en infraestructuras resilientes y mecanismos de gobernanza.
6. La dimensión cultural de la gestión del agua en escenarios de incertidumbre, recuperando los aportes teóricos de Mary Douglas y Michael Thompson sobre los arquetipos sociales ante el riesgo y su aplicación a las políticas hídricas.
7. La formulación de propuestas para una transición hidrológica justa, que integre los principios del derecho humano al agua, la equidad territorial, la sostenibilidad financiera y la participación ciudadana.

5.2. El análisis de los impactos del cambio climático en Europa

La evidencia empírica recogida en los últimos años indica que Europa está atravesando un cambio de régimen hidrológico de carácter estructural. La alternancia y simultaneidad de fenómenos extremos como sequías prolongadas y episodios de precipitaciones intensas está poniendo a prueba la capacidad de resiliencia de los sistemas urbanos de agua.

El año 2022 ya ofreció señales claras de esta transformación. La prolongada sequía que afectó a gran parte del continente —incluyendo el norte de Italia, Francia y Países Bajos— tuvo repercusiones directas sobre el abastecimiento urbano, la producción agrícola, la navegación fluvial y la integridad de las infraestructuras. En Francia, se registró una de las sequías más intensas desde que existen datos, con restricciones de agua en más de un centenar de municipios. En Países Bajos, la gestión del agua, tradicionalmente centrada en el drenaje y control de inundaciones, se vio obligada por primera vez a introducir medidas específicas frente a la escasez hídrica, evidenciando un cambio de paradigma en su planificación. Italia, por su parte, sufrió una fuerte disminución de los caudales del río Po, provocando impactos severos en sectores clave y obligando a la activación de planes de emergencia. Estos episodios no solo reflejan la gravedad del año 2022, sino que establecen un precedente que se prolongó, en muchos casos, durante parte del año 2023.

Según el Servicio de Cambio Climático de Copernicus (C3S), el año 2023 fue el más cálido jamás registrado a nivel global, y el segundo más cálido en Europa (después de 2020), desde que se tienen registros, después de 2020. En España, ese mismo año se situó como el segundo más cálido y el sexto más seco de la serie histórica. Paradójicamente, durante ese mismo periodo se registró un 7 % más de precipitaciones respecto a la media, lo que provocó el desbordamiento de un tercio de los ríos europeos. Esta coexistencia de sequías e inundaciones ilustra la intensificación de la variabilidad climática y sus efectos directos sobre la gestión del recurso hídrico.

Las sequías, en particular, se han consolidado como una amenaza sistémica. El Indicador Combinado de Sequía (CDI), desarrollado a partir de los datos de satélite del sistema Copernicus y complementado con información sobre precipitación, humedad del suelo y vigor de la vegetación, señalaba en septiembre de 2023 que más del 25 % del territorio de la UE continental se encontraba en estado de alarma por escasez hídrica, y un 1,3 % en situación de alerta. El centro-sur de Francia, el este de Alemania, gran parte de Polonia, los países bálticos, el oeste de Ucrania, Rumanía, los Balcanes, Italia y el norte de Turquía se encontraban entre las zonas más afectadas. Aunque en Escandinavia, el Reino Unido, el norte de Francia y buena parte de la Península Ibérica se observaban síntomas de recuperación, persistían focos en alerta, especialmente en el oeste ibérico.

Esta situación no se limita a valores estadísticos. Las consecuencias socioeconómicas se hacen patentes en múltiples frentes: desde pérdidas agrarias por déficit hídrico hasta restricciones de uso urbano, pasando por afectaciones a la calidad del agua, impactos sobre infraestructuras críticas y tensiones territoriales por la distribución del recurso. En este contexto, el Observatorio Europeo de la Sequía desempeña un papel crucial al proporcionar herramientas de monitoreo y predicción que permiten a los gestores anticipar las crisis y diseñar estrategias de respuesta más eficaces.

5.2.1. El caso de Francia: de la emergencia hídrica a la planificación estructural

Francia ha vivido en los últimos años una de las peores secuencias de sequía de su historia reciente, lo que ha obligado a reconfigurar su modelo de gestión hídrica a nivel nacional y local. Durante el año 2022, el país registró un déficit de precipitaciones acumulado del 85 % respecto a la media histórica, convirtiendo a julio de ese año en el segundo mes más seco desde que existen registros sistémicos, solo por detrás de marzo de 1961. La sequía no solo afectó al sur mediterráneo —tradicionalmente más expuesto a condiciones áridas—, sino también a regiones del oeste y centro-norte, incluyendo departamentos que históricamente contaban con una disponibilidad hídrica elevada.

Como consecuencia, en septiembre de 2022, 93 de los 96 departamentos de la Francia metropolitana se encontraban bajo algún tipo de restricción de uso del agua. Estas restricciones, decretadas a nivel prefectoral, afectaron tanto a los usos agrícolas como urbanos e industriales. Se prohibió el riego de jardines, el llenado de piscinas, el lavado de vehículos y se establecieron franjas horarias para el uso de agua en ciertos sectores. En paralelo, se activaron planes de emergencia para garantizar el suministro mínimo a la población, priorizando el consumo humano.

Un aspecto destacado de la respuesta francesa fue el refuerzo de la Policía del Agua y del Medio Ambiente, dependiente de la Oficina Francesa de la Biodiversidad, que incrementó significativamente las inspecciones en las zonas más afectadas. Se llevaron a cabo cerca de 2.000 controles semanales para verificar el cumplimiento de las restricciones, con una estrategia orientada más a la pedagogía y concienciación que a la sanción. No obstante, en casos reincidentes, las multas podían alcanzar los 1.500 euros para particulares y hasta 7.500 euros para empresas, como medida disuasoria frente al uso irresponsable del recurso.

En 2023, ante la persistencia del estrés hídrico, el gobierno francés impulsó un Plan Nacional de Ahorro de Agua con 53 medidas estructurales. Entre ellas, destaca la meta de reducir un 10 % el consumo de agua a 2030 en todos los sectores: doméstico, agrícola, industrial y energético. Para ello, se contempla la modernización de redes urbanas —en las que se estima que se pierde cerca del 20 % del agua por fugas—, la implantación de contadores inteligentes, la aplicación de tarifas progresivas para penalizar consumos excesivos y el fomento de la reutilización de aguas residuales, actualmente en un nivel inferior al 1 % pero con una meta del 10 % a medio plazo.

Además, el plan contempla medidas específicas para el sector agrícola, como la reconversión de cultivos hacia variedades más resilientes al estrés hídrico, la optimización de sistemas de riego y el fortalecimiento de la cooperación entre cuencas para equilibrar disponibilidades. El enfoque se articula bajo el principio de “sobriedad hídrica”, entendida como un cambio cultural y operativo que permita sostener los usos esenciales del agua en un contexto de disponibilidad menguante.

El caso francés es paradigmático porque combina respuestas a corto plazo —como las restricciones y controles— con una estrategia de medio y largo plazo orientada a transformar el modelo de gestión del recurso. Implica también un cambio institucional profundo: la integración de la sequía como variable estructural en la planificación nacional del agua, superando la lógica de la emergencia puntual y adoptando una visión de resiliencia hidrológica. En este proceso, los operadores públicos locales desempeñan un papel clave en la ejecución de las medidas, especialmente en la mejora del rendimiento de redes, la comunicación con la ciudadanía y la gestión del consumo en escenarios de escasez.

5.2.2. El caso de Países Bajos: vulnerabilidad urbana en un sistema tecnificado

Países Bajos, históricamente reconocido como referente mundial en ingeniería hidráulica, enfrenta actualmente nuevos desafíos derivados de la creciente incidencia de fenómenos de sequía prolongada. Su modelo tradicional de gestión del agua ha estado centrado en el control de inundaciones mediante un sofisticado sistema de diques, estaciones de bombeo, canales de drenaje y barreras móviles, complementado por una gestión intensiva de acuíferos y un marco institucional consolidado. Sin embargo, la aparición de sequías persistentes ha revelado limitaciones estructurales en un sistema concebido prioritariamente para contener el exceso de agua, no para gestionar su escasez.

En el verano de 2022, los Países Bajos experimentaron una sequía severa que obligó al gobierno a declarar oficialmente el “déficit de agua”. Este término designa una situación en la que la evaporación supera sostenidamente la precipitación durante semanas, afectando tanto al caudal de los ríos como a los niveles freáticos. El bajo caudal del Rin —principal arteria fluvial del país y fuente vital de abastecimiento— redujo drásticamente las posibilidades de captación superficial y obligó a racionalizar su uso entre diferentes sectores. Asimismo, las autoridades hidráulicas activaron protocolos para preservar la calidad del agua y evitar intrusiones salinas en los sistemas de captación situados en el delta.

Uno de los impactos más notorios de la sequía fue la aparición de problemas de estabilidad geotécnica en el entorno urbano de Ámsterdam. La bajada del nivel freático, unida a suelos arcillosos altamente expansivos y estructuras centenarias fundadas sobre pilotes de madera, provocó asentamientos diferenciales y grietas en edificaciones históricas. Este fenómeno visibilizó por primera vez una relación directa entre el estrés hídrico y la vulnerabilidad estructural del tejido urbano, algo hasta entonces poco contemplado en los modelos de planificación urbana e hidráulica.

En respuesta, el gobierno holandés inició un proceso de integración de la sequía como variable estructural en la planificación nacional del agua, incluyendo medidas como la ampliación de reservas estratégicas, la priorización del consumo humano en situaciones críticas y el fomento de prácticas de retención y almacenamiento descentralizado del agua de lluvia en núcleos urbanos (*urban rainwater harvesting*). Además, se ha reforzado la vigilancia del comportamiento de las capas freáticas en zonas urbanizadas y se han promovido incentivos para la sustitución de jardines impermeables por soluciones de drenaje sostenible (SUDS).



Figura 16. Noticia de prensa aparecida en el diario El País. <https://elpais.com/cultura/2022-10-11/amsterdam-se-hunde-por-la-sequia-pero-el-rijksmuseum-se-salva.html>.

Cabe destacar también el papel de las llamadas “water boards” (autoridades locales del agua), organismos con autonomía fiscal que gestionan de forma descentralizada los servicios de agua y protección frente a inundaciones. Estas entidades han comenzado a adaptar sus planes estratégicos incorporando escenarios de déficit hídrico a largo plazo, en línea con los nuevos modelos climáticos elaborados por el Instituto Meteorológico Real de los Países Bajos (KNMI).

El caso neerlandés demuestra que incluso en contextos con alta capacidad técnica e institucional, el cambio climático impone la necesidad de revisar los fundamentos de la gestión hídrica. La anticipación, la flexibilidad normativa y la incorporación de la dimensión urbana en la gestión de acuíferos se perfilan como elementos clave en el tránsito hacia una resiliencia hidrológica real.

5.2.3. El caso de Alemania: impactos extremos en un modelo hídrico fragmentado

Alemania representa un ejemplo paradigmático de cómo el cambio climático puede afectar incluso a sistemas hídricos desarrollados, caracterizados por una alta tecnificación y una larga tradición de planificación territorial. En los últimos años, el país ha enfrentado tanto sequías intensas como episodios de inundación extrema, lo que ha puesto en evidencia las limitaciones de un modelo de gobernanza fuertemente descentralizado, en el que las competencias sobre el agua se reparten entre numerosos actores municipales y regionales.

Durante el verano de 2022, amplias regiones del país sufrieron una severa sequía que redujo drásticamente los niveles del Rin, el Elba y otros grandes ríos. Este descenso afectó gravemente la navegación fluvial, obligando a detener o limitar el transporte de mercancías en momentos de alta demanda logística, especialmente debido a las restricciones energéticas derivadas del conflicto en Ucrania. Empresas que dependían del transporte por barcazas vieron comprometida su cadena de suministros, y se activaron planes de contingencia para garantizar la logística mediante vías ferroviarias o carreteras, lo que supuso un incremento de costes y emisiones.



Niedrigwasser im Rhein

Wenn das Wasser nicht mehr reicht

Stand: 28.07.2023 15:33 Uhr

Auch in diesem Jahr war der Pegelstand des Rheins schon zu niedrig - für Schifffahrt und Güterverkehr ein Problem. Aber auch das Ökosystem der Flüsse und der angrenzenden Gebiete dürfte die Folgen zu spüren bekommen.

Figura 17. Noticia de prensa aparecida en dirio digital alemán Tagesschau. <https://www.tagesschau.de/wissen/niedrigwasser-oekosystem-100.html>

Simultáneamente, el estrés hídrico incidió en la disponibilidad de agua para procesos industriales y para la refrigeración de centrales eléctricas, especialmente las térmicas y nucleares, cuyo funcionamiento requiere caudales mínimos para mantener la temperatura de las infraestructuras dentro de límites seguros. Este fenómeno evidenció la interdependencia crítica entre agua y energía, y cómo la escasez de recursos hídricos puede convertirse en un factor limitante para sectores estratégicos de la economía.

En contraste, Alemania también ha sido escenario de eventos catastróficos de inundación, como el ocurrido en julio de 2021 en el valle del Ahr, estado de Renania-Palatinado. En apenas 24 horas se registraron lluvias equivalentes a varios meses, que provocaron el desbordamiento súbito de ríos y la destrucción de infraestructuras, viviendas y servicios esenciales. Más de 130 personas fallecieron y miles perdieron sus hogares. La magnitud del evento desencadenó una respuesta presupuestaria excepcional por parte del gobierno federal, que aprobó más de 30.000 millones de euros para la reconstrucción.

El informe técnico y parlamentario posterior, elaborado por el gobierno regional y con más de 2.000 páginas de análisis, identificó fallos estructurales en el sistema de alerta temprana, deficiencias en la comunicación institucional y ausencia de planes locales de evacuación. La percepción pública posterior reflejó una fuerte desconfianza hacia las autoridades, señalando la falta de preparación y la dispersión de competencias como causas principales del desastre. El informe propuso, entre otras medidas, la necesidad de integrar los mapas de peligrosidad con escenarios climáticos actualizados, aumentar la capacitación de los responsables municipales y reformar el modelo de coordinación entre niveles de gobierno.

Alemania ofrece, por tanto, un caso clave para el aprendizaje institucional. La coexistencia de sequías e inundaciones, en un contexto de alta densidad poblacional e industrialización, requiere una revisión profunda de los sistemas de planificación hidrológica. Esto incluye mejorar la interoperabilidad entre sistemas de monitoreo hidrometeorológico, diseñar infraestructuras resilientes multifuncionales, reforzar la capacitación técnica de los municipios y promover una gobernanza multinivel efectiva, capaz de responder con agilidad y coherencia ante eventos extremos.

5.2.4. El caso de Italia: alternancia de extremos en un ciclo hidrológico alterado



Figura 18. Noticia aparecida en el diario italiano Corriere del Sera. https://corrieredelveneto.corriere.it/notizie/venezia-mestre/cronaca/23_febbraio_15/venezia-a-secco-canali-e-rii-ora-si-svuotano-772c46fe-ac94-11ed-8eec-aa70e165bee3.shtml

Italia ha sido escenario de una preocupante alternancia entre fenómenos hidrológicos extremos en un mismo ciclo anual. En 2022, el norte del país —una región que históricamente no presentaba problemas de escasez estructural— experimentó una sequía de gran severidad. Las reservas del río Po, eje fluvial principal del país, descendieron hasta mínimos históricos, provocando restricciones en el suministro agrícola, urbano e industrial. La situación obligó al Consejo de ministros a declarar el estado de emergencia en más de 36 municipios.

Las causas combinadas del fenómeno incluyeron un invierno con temperaturas anormalmente altas, la escasez de nevadas en los Alpes y un notable descenso en las precipitaciones acumuladas. Como resultado, muchas fuentes superficiales vieron interrumpido su caudal, afectando

a sistemas de captación urbanos. Las imágenes de canales vacíos en ciudades como Venecia se convirtieron en símbolos del nuevo escenario de vulnerabilidad hídrica del país. <https://www.bbc.com/mundo/noticias-64745946>

Pocos meses después, la región de Emilia-Romaña sufrió lluvias torrenciales de carácter extraordinario que causaron el desbordamiento de ríos y canales, inundaciones urbanas severas y más de 13.000 evacuados. Esta sucesión de eventos extremos en un breve lapso temporal subrayó la necesidad de estrategias de gestión hídrica dual, que puedan dar respuesta tanto a déficits como a excedentes hídricos en un mismo marco operativo.

El caso italiano refleja la urgencia de reforzar la gobernanza climática del agua en escenarios de alta complejidad, donde los sistemas urbanos deben poder absorber choques extremos sin colapsar funcionalmente. Las autoridades regionales han comenzado a implementar sistemas de drenaje urbano sostenible (SUDS), restauración de cauces y mejora de redes de emergencia, aunque aún persisten desafíos importantes en materia de financiación, coordinación interinstitucional y participación ciudadana.

5.2.5. Otros casos en el sur y este de Europa: tendencias convergentes

Más allá de los grandes países analizados, se observan patrones similares en otras regiones de Europa meridional y oriental, donde el cambio climático está tensionando gravemente los sistemas urbanos de agua.

En Grecia, los incendios forestales recurrentes, exacerbados por olas de calor prolongadas, han afectado la capacidad de retención hídrica de los ecosistemas de montaña, incrementando el riesgo de avenidas súbitas durante los episodios de lluvia intensa. Al mismo tiempo, ciudades como Tesalónica han registrado episodios de estrés hídrico que han obligado a activar planes de restricción temporal, reflejando la creciente vulnerabilidad de las infraestructuras de abastecimiento.

En Portugal, la combinación de altas temperaturas, escasas precipitaciones y la sobreexplotación de acuíferos ha generado situaciones críticas en regiones como el Alentejo y el Algarve. Las autoridades locales han implementado restricciones al riego de jardines, lavado de vehículos y usos recreativos del agua durante los meses estivales. Asimismo, se han reforzado los planes de emergencia y acelerado las inversiones en infraestructuras estratégicas, como las interconexiones regionales y las plantas de desalación, con el objetivo de mejorar la resiliencia hídrica.

En Rumanía, las sequías prolongadas han afectado tanto la disponibilidad como la calidad del agua en sistemas urbanos, especialmente en pequeñas y medianas localidades con infraestructuras limitadas.

La Comisión Europea ha señalado la necesidad de reforzar la planificación territorial, optimizar la eficiencia de las redes y avanzar decididamente en la implementación efectiva de la Directiva Marco del Agua. Estos déficits estructurales también afectan a la calidad del recurso.

La salud media de las masas de agua superficiales de la Unión Europea es crítica: solo el 39,5 % logra alcanzar un buen estado ecológico, y únicamente el 26,8 % alcanza un buen estado químico. Esta situación se debe fundamentalmente a la contaminación generalizada por mercurio y otros contaminantes tóxicos, lo que representa un reto transversal para la sostenibilidad de los ecosistemas acuáticos.

Otro de los factores clave detrás de esta degradación es la contaminación difusa de origen agrario. La Comisión Europea ha instado a los Estados miembros a reforzar el cumplimiento de la legislación comunitaria en materia de aguas, con especial atención a la contaminación por nutrientes derivados de la actividad agrícola. Asimismo, ha recordado la necesidad de asegurar una gestión adecuada de los vertidos de aguas residuales, tanto para proteger los ecosistemas como para salvaguardar la salud pública.

En paralelo, se subraya la urgencia de promover la reutilización del agua, mejorar su eficiencia y aumentar la circularidad en el uso del recurso, especialmente para prevenir la sobreexplotación de los acuíferos y combatir la proliferación de extracciones ilegales. La lucha contra los pozos no autorizados es una prioridad reconocida, en tanto que representa una amenaza directa para la integridad de los sistemas hidrogeológicos y la equidad en el acceso al recurso.

El informe de la Comisión también hace hincapié en el creciente impacto de las inundaciones, cuya frecuencia e intensidad se han incrementado en diversas regiones de Europa. Ante este contexto, los Estados miembros deben ampliar su capacidad administrativa y de planificación e invertir de forma suficiente en medidas preventivas. La restauración de ecosistemas, la aplicación de soluciones basadas en la naturaleza y la implementación de sistemas de alerta temprana y programas de sensibilización ciudadana se consideran instrumentos fundamentales para una gestión eficaz del riesgo de inundación.

En el ámbito marino, se subraya la necesidad de mejorar la protección y restauración de la biodiversidad marina, así como de reducir la contaminación acústica submarina, química y por nutrientes. A pesar de ciertos avances, se

anima a los Estados a intensificar los esfuerzos para alcanzar un buen estado ambiental de todas las aguas marinas de la UE, garantizando una protección efectiva y sostenible de la base de recursos de la que dependen múltiples actividades económicas y sociales relacionadas con el medio marino. Para ello, se considera imprescindible introducir nuevas y mejores medidas de financiación y gobernanza, que aseguren la aplicación ambiciosa y coherente de las directivas europeas en todos los entornos marinos.

Estos ejemplos ponen de manifiesto que el cambio climático está generando un patrón común de presión creciente sobre los recursos hídricos urbanos en todo el continente, aunque con matices específicos según la geografía, el régimen climático, la capacidad institucional y el nivel de desarrollo de las infraestructuras. En todos los casos, se confirma la urgencia de desarrollar marcos de adaptación proactivos, flexibles y sostenidos en el tiempo, capaces de abordar de manera integral los retos actuales y anticipar los impactos futuros sobre el ciclo integral del agua.

5.2.6. El caso español. Evaluación de la Gestión del Agua en España según los Informes de la Comisión Europea.

La Comisión Europea viene publicando una serie de informes^{5 y 6} que evalúan el estado de las aguas en la Unión Europea, destacando la necesidad de acelerar los esfuerzos para proteger los recursos hídricos y gestionar eficazmente los riesgos de inundación. Estos informes, que abarcan la aplicación de la Directiva Marco del Agua, la Directiva sobre Inundaciones y la Directiva Marco sobre la Estrategia Marina, ofrecen una visión detallada de la situación actual y proporcionan recomendaciones específicas para cada Estado miembro, incluyendo España.

5 Estado del agua de Europa 2024: la necesidad de una mejor resiliencia del agua <https://www.eea.europa.eu/en/analysis/publications/europes-state-of-water-2024>.

6 Informe seguimiento de la Comisión Europea a los planes del tercer ciclo <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/ES/TXT/PDF/?uri=CELEX:52025DC0002>.

En el caso español, la Comisión advierte sobre la elevada exposición del país a los efectos del cambio climático, señalando que el 74 % del territorio presenta riesgo de desertificación, un valor comparable al de otros Estados del sur de Europa. Esta vulnerabilidad estructural exige una acción urgente y sostenida en el tiempo. Entre las principales recomendaciones dirigidas a España, destacan el refuerzo de las medidas de control de la contaminación —especialmente aquellas derivadas de fuentes difusas como la agricultura intensiva—, así como una inversión decidida en soluciones basadas en la naturaleza y estrategias orientadas a mejorar la resiliencia climática de los sistemas de agua urbana.

Asimismo, la Comisión subraya la necesidad de avanzar hacia una mayor transparencia institucional, una mejor coordinación interadministrativa y un refuerzo significativo de los mecanismos de cooperación transfronteriza, en particular en cuencas compartidas, para garantizar una gestión sostenible y equitativa del recurso hídrico. En palabras de la propia comisaria europea responsable de Medio Ambiente, Océanos y Pesca: “En España conocen perfectamente cuáles son los problemas del agua y estoy deseando trabajar con las autoridades españolas para lograr sacar adelante estas recomendaciones que hacemos desde la Comisión”.

Estado de las aguas en España

Según los informes, España ha realizado avances significativos en la gestión de sus recursos hídricos. Se ha mejorado el conocimiento y el seguimiento de las masas de agua superficiales y subterráneas, y se han incrementado las inversiones en infraestructuras hídricas. Sin embargo, persisten desafíos importantes que requieren atención inmediata.

Uno de los aspectos más preocupantes es la calidad de las aguas superficiales. A nivel de la UE, solo el 39,5% de estas masas de agua se encuentran en buen estado ecológico, y apenas el 26,8% alcanzan un buen estado químico, debido principalmente a la contaminación por mercurio y otros contaminantes tóxicos. Aunque España presenta cifras ligeramente superiores a la media europea, aún es necesario intensificar los esfuerzos para cumplir con los objetivos establecidos para 2027.

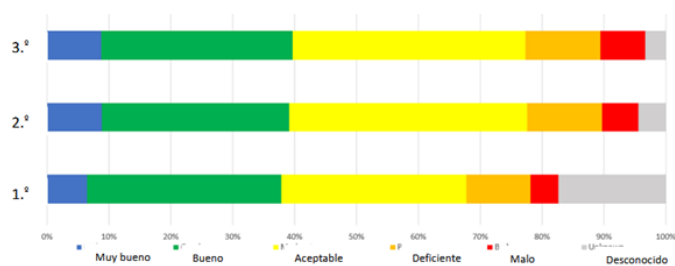


Figura 19. Estado o potencial ecológico de las masas de agua superficial de media de la Unión Europea (Informe seguimiento 3er ciclo de planificación, Comisión Europea, 2025).

Recomendaciones específicas para España

La Comisión Europea ha formulado varias recomendaciones para mejorar la gestión del agua en España:

- **Cumplimiento de la legislación de la UE:** Es esencial que España respete los límites de contaminación, especialmente los nutrientes procedentes de la agricultura, y garantice que los vertidos de aguas residuales se traten adecuadamente para proteger el medio ambiente y la salud humana.
- **Financiación suficiente:** Se debe asegurar una financiación adecuada para abordar los déficits existentes y garantizar la aplicación efectiva de las medidas de gestión del agua.
- **Promoción de la reutilización del agua:** Fomentar la reutilización y la circularidad del agua es crucial para prevenir la sobreexplotación de los recursos hídricos y mitigar las sequías.
- **Gestión de riesgos de inundación:** España debe continuar mejorando la gestión del riesgo de inundación, armonizando objetivos y medidas, y considerando los desafíos que plantea el cambio climático.

5.2.7. Conclusiones

Aunque España ha logrado avances en la gestión de sus recursos hídricos, los informes de la Comisión Europea resaltan la necesidad de redoblar los esfuerzos para alcanzar los objetivos de calidad y cantidad de agua dulce establecidos para 2027. La implementación de las recomendaciones mencionadas será fundamental para garantizar la resiliencia hídrica del país y la protección de este recurso vital para las generaciones futuras.

5.3. El agua frente a la emergencia climática: un reto estructural para los operadores públicos de agua

Desde el ámbito de los operadores públicos, el diagnóstico es nítido y urgente: reconocemos que el cambio climático es una consecuencia directa del modelo energético actual y, por tanto, las estrategias de mitigación deben pivotar sobre una transición energética justa. Esta orientación ha guiado la mayoría de los acuerdos internacionales, las hojas de ruta nacionales y los compromisos de reducción de emisiones. Sin embargo, los resultados han sido limitados. A pesar de los importantes incentivos económicos, fiscales y regulatorios promovidos en el ámbito energético, los avances en materia de mitigación son aún insuficientes.

Existe un consenso técnico y científico consolidado: el cambio climático está causado por la acumulación de gases de efecto invernadero, en especial CO². Esta constatación ha centrado la atención global en la reducción de emisiones, concentrando la mayor parte del esfuerzo político, financiero y mediático en torno al vector energético. No obstante, el vector hídrico sigue siendo el principal canal de manifestación de los impactos del cambio climático, particularmen-

te para las poblaciones más vulnerables. Sequías, inundaciones, salinización de acuíferos, fallos de suministro y deterioro de la calidad del agua son ya una realidad cotidiana en numerosos territorios.

Mientras la transición energética avanza (aunque de forma desigual), la transición hídrica apenas se ha iniciado. Europa y España lo demuestran: se han implementado reformas estructurales en el ámbito energético, pero las estrategias de adaptación hídrica siguen rezagadas o desarticuladas. Esto resulta especialmente alarmante si consideramos los datos recientes del Atlas Mundial de la Sequía, presentado durante la COP16 sobre agua y tierras celebrada en Riad. Este documento advierte que, de no cambiar el rumbo, en 2050 tres de cada cuatro personas se verán afectadas por fenómenos de escasez hídrica.

Desde el año 2000, la sequía ha aumentado un 29 % en frecuencia e intensidad, afectando la agricultura, el abastecimiento urbano y la sostenibilidad de los ecosistemas. Cerca de 1.800 millones de personas ya sufren sus efectos, especialmente en regiones con menor capacidad institucional de respuesta. Las sequías son ahora más frecuentes, prolongadas y sistémicas, y afectan incluso a zonas que hasta hace poco se consideraban seguras. El Atlas Mundial de la Sequía ilustra con mapas, infografías y casos de estudio los efectos en cascada sobre sectores clave como la energía, el transporte, la salud pública y el comercio. Las zonas más afectadas entre 2022 y 2024 incluyen el sur y este de España, gran parte de Europa, África septentrional y oriental, el Amazonas, América Central y el oeste de Estados Unidos.

El Atlas propone un enfoque preventivo y estructural, basado en tres pilares:

- **Gobernanza del riesgo:** sistemas de alerta temprana, seguros climáticos, esquemas tarifarios eficientes.
- **Gestión del uso del suelo:** restauración de ecosistemas, agrosilvicultura, planificación territorial adaptativa.
- **Gestión del recurso hídrico:** reutilización de aguas, conservación de acuíferos, mejora de la eficiencia en redes.

Desde AEOPAS compartimos plenamente esta visión. La planificación y la anticipación han demostrado ser las mejores herramientas para evitar situaciones críticas. Existen ejemplos exitosos de operadores públicos que han desplegado actuaciones que han evitado cortes de suministro y otras consecuencias extremas.

Las ciudades tienen un papel determinante. Sevilla logró reducir su consumo anual de agua de 174 a 96 millones de m³ gracias a la modernización de sus redes y a una ciudadanía comprometida. En Cádiz, la campaña “Reto 100” logró una reducción media de 6 litros por habitante/día en solo seis meses. Otras ciudades como Xàbia, Terrassa o el área metropolitana de Sevilla han implantado observatorios ciudadanos que se han consolidado como instrumentos esenciales para una gestión democrática y resiliente del agua.

La sequía, aunque impredecible en sus manifestaciones concretas, se ha convertido en un fenómeno estructural. La adaptación requiere planificación flexible, refuerzo de infraestructuras críticas, mejora de los sistemas de monitoreo y una integración transversal del riesgo hídrico en las políticas urbanas. Debe atenderse tanto el impacto sobre la agricultura como sobre el bienestar urbano y el medio natural. Aunque el consumo humano es el último uso que debe restringirse, la realidad nos muestra que esto no siempre es así.

La legislación española obliga a las áreas urbanas de más de 20.000 habitantes a disponer de planes de emergencia frente a la sequía. Estos planes incluyen desde campañas de concienciación hasta medidas de racionamiento y priorización de usos. Municipios como Cádiz, Sevilla, Xàbia/Jávea, Lucena, Puerto Real, Chiclana de la Frontera o los sistemas de Emproacsa y Huesna han avanzado significativamente en esta línea, demostrando que una adaptación efectiva es posible si se combina voluntad política, planificación técnica y participación ciudadana.

Nuestra Asociación confía en que la presente guía es un documento de apoyo importante para la determinación de actuaciones encaminadas, precisamente, a hacer frente a los restos que nos imponen, tal como se ha descrito, los efectos del cambio climático. Nuestro posicionamiento claro de apoyo a la gestión pública va más allá de la mera circunscripción de las entidades asociadas. La eficiencia y el buen uso de los recursos hídricos no es una cuestión que atañe sólo a algunos sistemas de abastecimiento, es una cuestión en la que múltiples operadores ven que sus fuentes de captación están compartidas con las

de otros. De ahí que sea fundamental hacer una guía abierta y participada por el conjunto de entidades que tienen la responsabilidad de hacer del suministro un servicio municipal resiliente a los mencionados fenómenos climáticos derivados por el calentamiento global del planeta.



Figura 20. Algunos de los Planes de Gestión de Riesgo por Sequía elaborados por AEOPAS.

5.4. Respuestas institucionales ante los fenómenos hidrológicos extremos: revisión crítica

La revisión de los casos europeos analizados revela una creciente conciencia institucional sobre la necesidad de incorporar la adaptación al cambio climático en la planificación de los sistemas de agua urbana. Sin embargo, las respuestas desplegadas muestran grados de desarrollo muy dispares, tanto en la anticipación como en la ejecución. Existen diferencias significativas entre países, regio-

nes y escalas administrativas, derivadas no solo de la disponibilidad de recursos, sino también de factores como la capacidad técnica local, la cultura política, la presión social o la estructura de gobernanza.

Uno de los déficits más comunes detectados es la falta de sincronía entre las competencias en materia de agua, planificación urbana, medio ambiente, protección civil y salud pública. Esta fragmentación dificulta la elaboración de respuestas coherentes ante situaciones de estrés hídrico, especialmente en escenarios de simultaneidad de fenómenos (sequías e inundaciones). A menudo, los planes de emergencia, los sistemas de alerta temprana y las decisiones sobre restricciones o inversiones no se coordinan con criterios integrados ni plazos armonizados.

Pese a estos desafíos, se han consolidado algunos avances destacables:

1. La progresiva incorporación del riesgo climático en los planes hidrológicos de cuenca y en los planes de gestión del riesgo de inundación, exigidos por la normativa europea.
2. La implantación de tarifas progresivas o de bloques para incentivar el uso responsable del agua en situaciones de escasez.
3. La adopción de sistemas inteligentes de telelectura, control de fugas y priorización de usos esenciales.
4. El fomento de la reutilización de aguas regeneradas en el ámbito urbano e industrial.
5. El refuerzo del papel de los operadores públicos como agentes activos de resiliencia local.

No obstante, estos elementos aún no configuran un verdadero modelo de adaptación estructural. La planificación suele centrarse en la gestión de eventos extremos individuales, más que en la construcción de capacidades institucionales permanentes. Son pocos los países que han desarrollado indicadores especí-

ficos para medir la resiliencia hídrica urbana o que hayan implementado auditorías climáticas integrales sobre sus sistemas de abastecimiento y saneamiento.

Otro punto crítico es la inversión. A pesar del reconocimiento de la urgencia climática, los recursos asignados a la adaptación hídrica siguen siendo limitados en comparación con los destinados a la transición energética. En muchos casos, los presupuestos de los operadores públicos son insuficientes para acometer actuaciones estructurales como la renovación masiva de redes, la modernización de plantas o la interconexión de sistemas. Además, la normativa sobre el canon concesional, en su actual configuración en algunos países, no garantiza que los ingresos generados por el uso del agua se reinviertan en la mejora del servicio.

También se observa una brecha en cuanto a la participación ciudadana. Si bien existen buenas prácticas —como los procesos deliberativos en planes de emergencia por sequía en ciudades españolas o los observatorios ciudadanos, como los de Xabia, Alicante, EMASESA Metropolitana, Sevilla, Aguas de Cádiz o el de Terrassa, Barcelona, que han seguido la guía elaborada por AEOPAS: Manual operativo para el diseño e implementación de observatorios ciudadanos del agua (<https://www.aeopas.org/wp-content/uploads/2024/02/Manual-para-el-diseno-e-implementacion-de-Observatorios-Ciudadanos-del-Agua.pdf>)—, en la mayoría de los contextos la población sigue percibiendo el servicio del agua como una infraestructura invisible hasta que falla. La construcción de resiliencia requiere que la ciudadanía esté informada, implicada y empoderada para entender el valor del agua y colaborar activamente en su uso sostenible.

Por último, la dimensión cultural de la respuesta institucional sigue siendo un aspecto poco considerado. Los valores, percepciones y narrativas sociales influyen decisivamente en la aceptación o rechazo de medidas de adaptación, desde el racionamiento hasta la implantación de tarifas progresivas o el uso de aguas regeneradas. Como se verá en el siguiente apartado, integrar esta dimensión es clave para lograr legitimidad y eficacia en las políticas de adaptación climática en los sistemas de agua urbana.

5.5. Dimensión cultural de la gestión del agua y arquetipos sociales ante el riesgo

Cuando hablamos de protección, buen estado de los ecosistemas acuáticos y seguridad humana, actualmente se reconoce una enorme complejidad que tiene que ver con las múltiples interacciones que existen entre sociedad, cultura, economía, medioambiente todos entorno a la seguridad humana⁷. Los requerimientos socioculturales (Sociedad/Política y cultura) tienen que ver con “requerimientos de los humanos” como son los servicios sociales, la educación, los ámbitos laborales o la accesibilidad al agua de calidad por parte de las comunidades o los requisitos alimenticios y por otra parte estarían el medio físico donde nos asentamos y la economía “impactando” en el bienestar humano. Tanto los “requerimientos” como los “impactos” confluyen en lo que denominan “seguridad humana”. Desde este punto de vista la gestión de los fenómenos extremos tiene que reconocer esta compleja red de interacciones, no obstante, estos análisis de elementos que interactúan no comprenden que la cultura es el medio del cual los seres humanos gestionan sus problemas.

En este sentido conviene recordar que la cultura, según la define Geertz en su famoso libro “La interpretación de las culturas (1973)”, es un “sistema de concepciones expresadas en formas simbólicas por medio de las cuales la gente se comunica, perpetúa y desarrolla su conocimiento sobre las actitudes hacia la vida.” y que, por tanto, cualquier respuesta de gestión del riesgo es cultural.

La percepción social del riesgo hídrico y las respuestas colectivas ante fenómenos extremos no dependen exclusivamente de factores técnicos u objetivos. Como han demostrado las ciencias sociales, los marcos culturales y las formas de organización social influyen decisivamente en cómo se interpretan las amenazas, se priorizan las soluciones y se asignan responsabilidades. Esta dimensión cultural, a menudo relegada en la planificación hídrica, es clave para el éxito de las estrategias de adaptación.

7 SAGE Handbook of Mixed Methods in Social & Behavioral Research

Uno de los aportes más influyentes en este campo proviene de la antropóloga Mary Douglas, quien junto con Michael Thompson desarrolló el marco teórico conocido como “*cultural theory of risk*”. Este enfoque identifica cuatro arquetipos culturales —jerárquico, individualista, igualitario y fatalista— que representan distintas formas de organizar la vida social y de entender la relación con el entorno natural.

Estos arquetipos combinan dos variables: el grado de estructuración normativa (alto o bajo “*grid*”) y el nivel de cohesión grupal (alto o bajo “*group*”). De esta manera, se configuran cuatro visiones del mundo que condicionan las actitudes frente a los riesgos ambientales y, en particular, frente a la gestión del agua.

A continuación, se presenta una representación esquemática de estos arquetipos, que sintetiza cómo cada cultura percibe la naturaleza y define sus prioridades de actuación:

1. **El individualista** (bajo *grid*, bajo *group*) concibe el medio ambiente como robusto y autorregulado. Confía en la innovación, el mercado y la libertad individual. Tiende a considerar los eventos extremos como oportunidades para crear soluciones competitivas y desconfía de la intervención estatal.
2. **El jerárquico** (alto *grid*, alto *group*) cree en una naturaleza controlable si se aplican normas adecuadas. Confía en la autoridad técnica, la planificación centralizada y la regulación. Promueve infraestructuras de gran escala, control de usos y mecanismos normativos para garantizar el equilibrio.
3. **El igualitario** (bajo *grid*, alto *group*) percibe la naturaleza como frágil y fácilmente perturbable. Aboga por estilos de vida sostenibles, consumo moderado y soluciones descentralizadas. Defiende la justicia ambiental y la participación comunitaria como ejes de la adaptación.
4. **El fatalista** (alto *grid*, bajo *group*) considera que los eventos naturales escapan a todo control humano. Tiene una visión resignada o indiferente hacia la planificación, y es proclive a la inacción o la dependencia de decisiones externas.

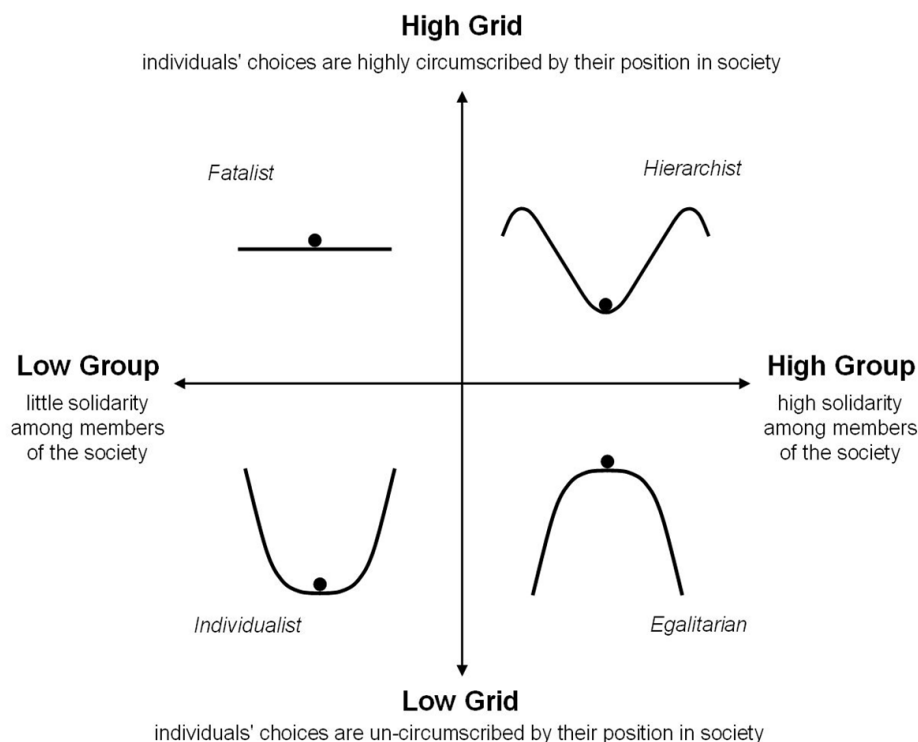


Figura 21. Marco teórico conocido como “*cultural theory of risk*”, elaborado por la antropóloga Mary Douglas y Michael Thompson.

Estos enfoques coexisten en nuestras sociedades y condicionan las narrativas dominantes en torno al agua. Por ejemplo, la apuesta por la desalinización puede ser interpretada como una solución racional desde una perspectiva jerárquica, rechazada como insostenible desde un enfoque igualitario, celebrada como oportunidad de negocio desde una visión individualista o ignorada por un fatalista que considera inútil cualquier esfuerzo.

Para los operadores públicos, comprender estas lógicas culturales es esencial. Permite diseñar campañas de sensibilización más eficaces, prever resistencias sociales ante ciertas medidas, fomentar el diálogo entre sectores y construir legitimidad para las políticas públicas del agua. En definitiva, integrar la dimensión cultural en la gestión hídrica no es un complemento, sino una condición para el éxito de las estrategias de adaptación climática.

La necesidad de co-creación

Más allá de establecer principios rectores o grandes objetivos, la transición hidrológica justa exige métodos concretos para afrontar la complejidad y el conflicto inherente a la gestión del agua en un contexto climático cambiante. Uno de esos métodos es la co-creación, entendida como el diseño compartido de políticas públicas entre instituciones, expertos, actores sociales y ciudadanía. No se trata solo de participación simbólica o consulta final, sino de integrar múltiples saberes y perspectivas desde el inicio del proceso de planificación.

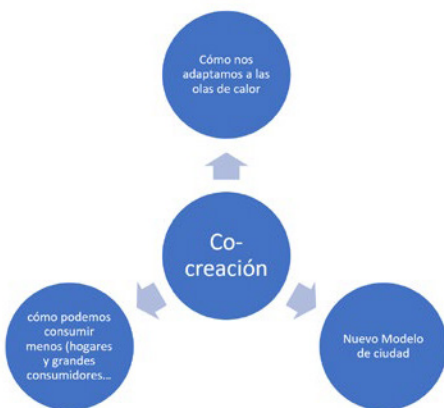


Figura 22. Esquema de co-creación aplicado a los entornos urbanos.

La co-creación parte del reconocimiento de que el agua es un bien común sometido a tensiones sociales, económicas y ecológicas que no se resuelven únicamente con soluciones técnicas. Las diferentes visiones culturales del mundo —tal como teorizaron Mary Douglas y Michael Thompson— conviven en el debate público actual: desde quienes confían ciegamente en el mercado y la innovación para resolver la escasez, hasta quienes defienden una gestión descentralizada y ecosistémica del recurso. Ignorar esta pluralidad impide construir políticas legítimas y duraderas.

Por ello, desde AEOPAS se defiende una planificación colaborativa que aúne criterios técnicos con deliberación pública, basada en la creación de espacios de diálogo multinivel. Estos foros deben ser capaces de articular el conocimiento experto con las necesidades locales, identificar prioridades compartidas, anticipar escenarios conflictivos y construir consensos operativos. No se trata solo de comunicar mejor, sino de diseñar juntos.

Una muestra tangible de este enfoque son los Planes de Gestión del Riesgo por Sequía elaborados recientemente para diversos operadores públicos miembros de AEOPAS. Estos planes se han concebido desde su inicio mediante procesos abiertos, con la participación activa de representantes institucionales, colectivos vecinales, entidades agrarias, organizaciones ambientales, técnicos del agua y ciudadanía en general. La experiencia demuestra que cuando la sociedad forma parte del diagnóstico y de la definición de medidas, las decisiones son más eficaces, más rápidas y mejor aceptadas.

En el contexto del cambio climático, donde la incertidumbre y los impactos se intensifican, la co-creación se convierte en un recurso estratégico. Permite adaptar las políticas a cada realidad territorial, reduce resistencias, fortalece el compromiso comunitario y mejora la resiliencia institucional. Un modelo público del agua no puede construirse sin ciudadanía activa. Y la ciudadanía activa no se improvisa: se cultiva a través de prácticas concretas de gobernanza compartida.

5.6. Hacia una transición hidrológica justa: propuestas normativas, financieras y sociales

La transformación estructural del ciclo urbano del agua ante el cambio climático exige una transición hidrológica justa, entendida como un proceso planificado que combine equidad social, sostenibilidad ambiental, viabilidad técnica y responsabilidad institucional. Esta transición debe sustentarse en tres pilares fundamentales: el fortalecimiento del marco normativo, la garantía de inversión suficiente y estable y, finalmente, la implicación activa de la ciudadanía.

1. **Pilar normativo: coherencia, cumplimiento y adaptación regulatoria.** Es imprescindible actualizar y armonizar el marco normativo del agua

para incorporar de forma explícita los riesgos climáticos en la planificación, el diseño y la operación de los sistemas urbanos. Las siguientes acciones son prioritarias:

- Integrar los escenarios de cambio climático en los instrumentos de planificación hidrológica, urbana y de ordenación territorial, garantizando su coherencia entre escalas (local, regional y nacional).
- Reforzar la exigibilidad del derecho humano al agua y al saneamiento como eje rector de la política hídrica, estableciendo umbrales mínimos de calidad y accesibilidad universal.
- Establecer obligaciones específicas de adaptación para operadores públicos y privados, incluyendo la elaboración de auditorías de resiliencia hídrica y planes de contingencia multianual.
- Reformar el régimen concesional para que las contraprestaciones económicas reviertan obligatoriamente en la mejora del servicio y la infraestructura hídrica, impidiendo su uso en fines ajenos al ciclo del agua.
- Fomentar normativas de uso eficiente y circular del agua, como el fomento de la reutilización, la recogida de aguas pluviales y la gestión integrada del drenaje urbano.

2. Pilar financiero: inversión pública estratégica y mecanismos innovadores. El cambio climático requiere inversiones sostenidas que permitan renovar redes, digitalizar infraestructuras, diversificar fuentes y aumentar la resiliencia del sistema. Para ello:

- Se deben definir planes de inversión plurianuales con financiación finalista y seguimiento específico, priorizando las actuaciones con mayor retorno climático y social.

- Es urgente ampliar el acceso de los operadores públicos a fondos europeos (Next Generation, FEDER, Fondo de Cohesión) con líneas específicas para adaptación hídrica.
- Deben diseñarse instrumentos financieros innovadores, como fondos de resiliencia municipales, bonos verdes para infraestructuras sostenibles o esquemas de pago por servicios ecosistémicos.
- Es necesario vincular la financiación a criterios de equidad y vulnerabilidad social, priorizando actuaciones en barrios con población en riesgo de pobreza hídrica o exposición ambiental elevada.

3. **Pilar social: participación, corresponsabilidad y equidad.** Una transición hidrológica justa debe ser socialmente legítima. Para ello, debe apoyarse en procesos participativos que incorporen las voces de todos los actores implicados:

- Establecer marcos estables de participación ciudadana en los procesos de planificación y toma de decisiones sobre el agua, incluyendo órganos consultivos, encuestas deliberativas y presupuestos participativos.
- Diseñar políticas tarifarias justas, basadas en criterios de progresividad, suficiencia financiera y garantía de acceso mínimo vital.
- Promover campañas de sensibilización que combinen información técnica con narrativas culturales, apelando a la corresponsabilidad en la gestión del recurso.
- Reforzar la educación ambiental con enfoque de ciclo integral del agua, desde edades escolares hasta formación continua para profesionales del sector.

- Garantizar la perspectiva de género, ruralidad y diversidad territorial en las políticas hídricas, reconociendo las desigualdades estructurales en el acceso y control del recurso.

Solo mediante una combinación equilibrada de estos tres pilares será posible avanzar hacia un modelo hídrico resiliente, equitativo y sostenible, capaz de afrontar los retos que impone el cambio climático sin dejar a nadie atrás.

5.7. Conclusión: un nuevo paradigma para los sistemas de agua urbana

A lo largo de este capítulo se ha evidenciado cómo el cambio climático está alterando las bases hidrológicas sobre las que se construyó la gestión del agua urbana en Europa. El análisis de fenómenos extremos como sequías prolongadas, lluvias torrenciales, intrusiones salinas, fallos en infraestructuras o descoordinación institucional, ha revelado que el reto no es solo técnico, sino también social, normativo y cultural.

Frente a este panorama, las estrategias de adaptación al cambio climático no pueden limitarse a la reacción puntual ante emergencias. Requieren una transformación estructural que combine:

- Planificación basada en escenarios climáticos actualizados y criterios de resiliencia.
- Gobernanza multinivel que supere la fragmentación y potencie la cooperación.
- Inversión sostenida para modernizar infraestructuras y reducir vulnerabilidades.

- Participación ciudadana activa como vector de legitimidad, corresponsabilidad y justicia hídrica.
- Comprensión cultural de los distintos marcos sociales que condicionan la aceptación de las medidas.

Es fundamental también un gran esfuerzo regulador que propicie la inversión planificada. Como se ha señalado anteriormente, el “elefante en la habitación” es el cambio climático: nos enfrentamos a transformaciones radicales que exigen un nuevo paradigma de gestión del agua. Para hacerles frente, es necesario impulsar una transición hidrológica sustentada en una nueva política del agua, fruto de un gran pacto social y cimentada en bases científicas y técnicas sólidas.

Esta transición debe iniciarse con una auditoría hidrológica rigurosa que revise la cuantía y estado de los derechos concesionales, el estado de las infraestructuras, el uso efectivo del recurso y la calidad de las aguas. Esa auditoría debería dar lugar a un marco legislativo renovado, orientado a frenar las políticas de “tala y quema” sobre lo público que minan nuestra resiliencia colectiva. El agua es un bien público cuya gestión debe estar garantizada por las administraciones en beneficio del conjunto de la ciudadanía.

En el ámbito internacional, predomina la gestión pública, que facilita la inversión, la planificación y los consensos necesarios para enfrentar esta nueva realidad. Es el único modelo que permite reinvertir los beneficios en la mejora del servicio y priorizar la sostenibilidad a corto, medio y largo plazo, frente a la lógica del beneficio financiero. Por el contrario, en España se ha extendido un modelo privatizador que debilita las capacidades públicas. Los cánones concesionales se destinan con frecuencia a usos ajenos al ciclo del agua, como la financiación de infraestructuras urbanas no relacionadas con el servicio, en lugar de ser reinvertidos en la mejora del abastecimiento y el saneamiento.

Un dato ilustrativo: el 41 % de las redes de distribución de agua en España tiene más de 30 años. Concesiones privadas de hasta 50 años han destinado una mínima parte de los ingresos a inversiones hídricas. En un caso reciente, de 86

millones de euros percibidos por la privatización, solo 5 millones se invirtieron en infraestructuras del agua. Este modelo financiero es incompatible con la necesidad de resiliencia ante el cambio climático. Se requiere una política pública ambiciosa que ponga fin a las dinámicas especulativas y priorice la inversión sostenida y la flexibilidad operativa.

A pesar de estos obstáculos, los operadores públicos han demostrado una creciente capacidad de adaptación. Frente al enfoque pasivo del pasado, hoy existe una cultura activa de gestión frente a la sequía. Sevilla, por ejemplo, ha reducido el consumo per cápita de 190 litros diarios en 1992 a 110 en la actualidad. Operadores como Aguas de Cádiz, Aguas del Huesna, Chiclana, Puerto Real, Xàbia o Emproacsa han incorporado procesos participativos en sus planes de emergencia ante sequía (PES), elevando la eficacia y legitimidad de las decisiones adoptadas.

La concienciación ciudadana se ha convertido en un eje central de esta nueva cultura de gestión. Sin ciudadanía informada y comprometida, no hay política hídrica eficaz. Por ello, cada vez más operadores públicos están impulsando campañas educativas y foros participativos que permiten diseñar colectivamente las medidas a implementar en escenarios de escasez.

El desafío es enorme, pero no inabarcable. Se necesita visión, cooperación y voluntad política. Los operadores públicos del agua están demostrando que una gestión democrática, planificada y basada en criterios técnicos es posible. Como dijo John Holdren, que fue consejero del presidente Obama: tenemos tres opciones ante el cambio climático: mitigación, adaptación o sufrimiento. Podemos mitigar el cambio climático —es decir, reducir las emisiones—, adaptarnos a los cambios que vienen o sufrir las consecuencias.

Como dijo John Holdren, que fue consejero del presidente Obama: tenemos tres opciones ante el cambio climático: mitigación, adaptación o sufrimiento. Podemos mitigar el cambio climático —es decir, reducir las emisiones—, adaptarnos a los cambios que vienen o sufrir las consecuencias.

ANEXO I

Detalle del marco institucional

I.I. Marco estratégico de los sistemas de agua urbana y cambio climático

El marco estratégico de los sistemas de agua urbana está constituido por un conjunto de planes, programas y estrategias de ámbito internacional, comunitario y nacional que aportan las bases de la adaptación al cambio climático.

I.I.I. Marco internacional y comunitario

Agenda 2030

El 25 de septiembre de 2015, 193 países se comprometieron con el cumplimiento de los 17 Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) y sus 169 metas que conforman la Agenda 2030. Estos objetivos persiguen lograr la igualdad entre las personas, proteger el planeta y asegurar la prosperidad.

El mayor reto de la Agenda 2030 es hallar el equilibrio que permita satisfacer las necesidades de mayor crecimiento e incremento de la producción y, al mismo tiempo, comprometerse a reducir el impacto medioambiental y las desigualdades socioeconómicas.

En el centro de la Agenda se encuentra el agua como elemento vital. El ODS 6 Agua limpia y saneamiento, se centra en garantizar la disponibilidad de agua y saneamiento para todos, y abarca también otros aspectos como la higiene, la gestión de las cuencas fluviales con especial énfasis en la gestión integrada de los recursos hídricos, y los aspectos ambientales relacionados, con especial atención a la adaptación a los escenarios de cambio climático futuros. Para garantizar la disponibilidad de agua y la gestión de todos sus procesos de manera sostenible (abastecimiento, depuración) el ODS 6 plantea las siguientes metas:

1. Lograr el **acceso universal al agua potable** a un precio asequible para todos.
2. Alcanzar el **acceso equitativo** a servicios de saneamiento.
3. **Proteger y restaurar los ecosistemas** relacionados con el agua, que actúan como elementos de equilibrio para mantener la calidad y disponibilidad de los recursos hídricos para sus diferentes usos, tanto para el mantenimiento de hábitats y especies, como el consumo y actividades humanas.
4. Aumentar la **eficiencia del uso** del agua en todos los sectores socioeconómicos.
5. Aplicar prácticas de **gestión sostenible de los recursos hídricos** en todos los niveles, desde su captación hasta su tratamiento y devolución al medio natural.



Figura 23. Esquema del ODS 6. Fuente. Elaboración propia a partir de informes de la ONU.

Para hacer frente a los posibles impactos del cambio climático sobre los recursos hídricos, el ODS 6 plantea soluciones eficientes que permitan preservar la disponibilidad y la calidad del agua para todos a través de planes de **inversión** enfocados en la conservación, aumento del **conocimiento y capacidades** sobre los recursos hídricos y su gestión, la innovación para mejorar el uso y aumentar la eficiencia, y la **gobernanza** que fomenta la colaboración entre las autoridades y sectores relacionados con los recursos hídricos. Conlleva la promesa de una mejora drástica de la calidad y la esperanza de vida, la protección del medio ambiente, y la creación de empleos y crecimiento económico. Destaca que la gestión sostenible de este recurso corresponde a todos ya que alcanzar el ODS 6 requiere un esfuerzo local, regional y global y una responsabilidad compartida para implementar todas las medidas necesarias.

Pacto Verde Europeo

El Pacto Verde Europeo es un conjunto de estrategias e iniciativas de carácter político que pretende situar al conjunto de la Unión en la neutralidad climática en el horizonte de 2050 y a la vez sentar las bases para la transformación de la UE en una sociedad equitativa y próspera con una **economía moderna y competitiva** (figura 24).

El Pacto define un marco de actuación intersectorial y transversal alrededor de las políticas de clima, medio ambiente, energía, construcción, movilidad y transporte, industria, agricultura, biodiversidad y las finanzas sostenibles, cuyo fin último es contribuir al objetivo de neutralidad climática.

Otras de las claves del Pacto Verde es su aportación para construir un nuevo escenario en la Unión Europea basado **en la protección, el mantenimiento y mejora del capital natural de la y la protección de la salud y el bienestar de los ciudadanos** frente a los riesgos y efectos medioambientales.

La comunidad europea fija así la hoja de ruta para la puesta en marcha de medidas que ayuden a frenar la degradación de la naturaleza y avanzar hacia una sociedad más justa y respetuosa con el medio ambiente.

El Plan se articula alrededor de una serie de objetivos clave que tienen como fecha límite de consecución en 2050 (Figura 7), para lo cual es imprescindible dotar de mayor valor a la protección y el restablecimiento de los ecosistemas naturales, el uso sostenible de los recursos y la mejora de la salud humana. El Pacto no aborda directamente las políticas de adaptación de los sistemas de agua urbana al cambio climático, pero sí establece una serie de líneas de acción que deben ser tomadas como referencia y entre las que hay que destacar las siguientes:

1. Un mayor nivel de ambición climática que implique la reducción de las emisiones de gases de efecto invernadero de aquí a 2030 al 50 %, como mínimo, y hacia el 55 % con respecto a los niveles de 1990 de manera responsable. Ello conlleva la necesidad de trabajar en la reducción de las emisiones directas asociadas al uso de combustibles fósiles en procesos de combustión in situ en determinadas operaciones del ciclo (bombeo de aguas residuales, impulsión, depuración...), así como los gases asociados a los sistemas de alcantarillado o tratamiento de aguas residuales.
2. Suministro de energía limpia, asequible y segura. Para contribuir a los objetivos de descarbonización el sector de los sistemas de agua urbana debe apostar por las fuentes de energías renovables a la vez que mejorar la eficiencia energética de las instalaciones y los sistemas y aprovechar el potencial de generación de biogás en plantas de tratamiento para generar energía renovable.
3. La transición hacia la neutralidad climática también requiere infraestructuras inteligentes. Este marco debe impulsar el despliegue de tecnologías e infraestructuras innovadoras y la digitalización de los sistemas de agua urbana es una línea clave. Así, el desarrollo e implantación de la sensorización, el internet de las cosas (IoT), la inteligencia artificial y el big data o los gemelos digitales son algunas de las tecnologías que pueden permitir una mejora sustancial en la gestión y sostenibilidad de los sistemas de agua urbana.

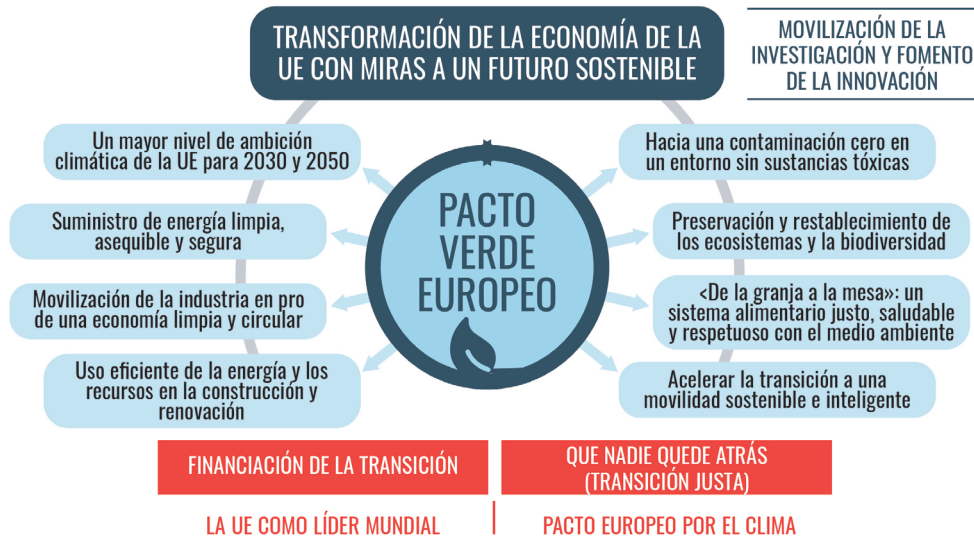


Figura 24. Líneas de acción del Pacto Verde.

4. Movilización de la industria en pro de una economía limpia y circular, que reduzca las emisiones y la extracciones de materias primas. Avanzar en este objetivo implica, por un lado, la optimización del uso de los recursos hídricos en los abastecimientos urbanos y, por otro, impulsar la reutilización del agua regenerada y el aprovechamiento de los materiales y recursos generados en los procesos de depuración.
5. Preservación y restablecimiento de los ecosistemas y la biodiversidad. Los ecosistemas aportan servicios esenciales, como alimentos y agua dulce, contribuyen a paliar las catástrofes naturales, plagas y enfermedades y ayudan a regular el clima. La protección y conservación de las fuentes de suministro de agua y los ecosistemas asociados es la mejor manera de garantizar los servicios de aprovisionamiento y regulación vinculados con los sistemas de agua urbana.

6. Aspirar a una contaminación cero para un entorno sin sustancias tóxicas. Conseguir un entorno sin sustancias tóxicas exige más medidas, tanto para evitar que se genere la contaminación como para eliminarla y ponerle remedio. Los entornos urbanos juegan un papel importante en el cumplimiento del objetivo de contaminación cero, especialmente en las grandes aglomeraciones y las zonas sensibles, tanto por los vertidos directos como por la contaminación difusa.

El Pacto Verde Europeo se convierte en un eje vertebrador de los Estados Miembros para desarrollar estrategias que permitan luchar contra el cambio climático, aplicando medidas eficientes y sostenibles entre las cuales se encuentran los recursos hídricos, reconociendo su vital importancia y papel clave para el futuro.

Estrategia de Adaptación al Cambio Climático de la Unión Europea

La Comisión Europea publicó en 2021 la nueva Estrategia de Adaptación al Cambio Climático, cuya adopción formaba parte de las medidas previstas inicialmente en el Pacto Verde Europeo para aumentar la ambición climática de la UE para 2030 y 2050. Esta estrategia busca preparar ante los efectos inevitables del cambio climático y ofrecer una respuesta ante la creciente vulnerabilidad frente a una crisis que ya estamos viviendo.

El objetivo de la nueva estrategia es progresar de la comprensión de los riesgos al desarrollo de soluciones y de la planificación a la aplicación de medidas para avanzar hacia una Europa climáticamente neutra, adaptada y resiliente frente al cambio climático para 2050, en línea con el Acuerdo de París y la Ley del Clima comunitaria.

Entre las medidas contempladas relacionadas con los recursos hídricos, **la Estrategia busca garantizar la disponibilidad y sostenibilidad del agua dulce como medida fundamental para la resiliencia frente al cambio climático.** Destaca la necesidad de una cooperación más estrecha entre las autoridades responsables de la adaptación y las autoridades responsables de la gestión del agua, incluso de manera transfronteriza.

Garantizar el acceso al agua de consumo humano implica reducir drásticamente el consumo. Por lo que plantea el fomento del uso de los planes de gestión de sequías y las medidas para aumentar la capacidad de retención de agua de los suelos y la reutilización segura del agua.

Entre las medidas, también incluye el desarrollo de tecnologías de vigilancia del agua que permitan garantizar los caudales fluviales mínimos, la calidad del agua y conservar las cantidades suficientes para el ambiente y todas las personas.

A través de la Estrategia de Adaptación al Cambio Climático la Comisión asume una serie de compromisos relacionados a los recursos hídricos, su conservación y disponibilidad:

1. **Ayudar a garantizar un consumo y una gestión del agua sostenibles y resilientes** frente al cambio climático en todos los sectores, mejorando la coordinación de los planes temáticos y otros mecanismos.
2. **Ayudar al uso eficiente del agua, reduciendo el consumo mediante la aplicación de requisitos de ahorro, fomento de la eficiencia hídrica** y un uso más amplio y eficiente de los planes de gestión de sequías, como también un uso más sostenible del suelo.
3. Contribuir a garantizar un suministro estable y seguro de agua potable, fomentando la **incorporación de los riesgos del cambio climático en los análisis de riesgos** de la gestión del agua.

Las directrices europeas pretenden establecer que la **adaptación al cambio climático sea más inteligente, más rápida y sistémica** en todos los sectores y para todos los recursos naturales. Esto supone disponer de datos fiables con los que los Estados puedan conocer plenamente los riesgos presentes y futuros (a través de herramientas como la plataforma Climate-ADAPT) y puedan usarlos como base para la toma de decisiones y planificación de acciones, así como intensificar la colaboración con todos los sectores implicados y actuar sobre el territorio con acciones adaptadas a cada terreno con un especial hincapié en las soluciones basadas en la naturaleza. En definitiva, acelerar la programación e implementación de las medidas de adaptación de los Estados miembros.

Plan Zero Pollution

El Plan de “Contaminación Cero para el aire, el agua y el suelo” de la Unión Europea marca el objetivo de reducir completamente los niveles de contaminación y sus efectos negativos sobre la salud humana, los ecosistemas y la economía, para el 2050.

En lo que se refiere a los recursos hídricos, el plan establece las metas de **reducir la contaminación de los vertidos que son devueltos a los cauces, reducir un 50% los residuos plásticos y un 30% los micro plásticos en las aguas.**

A pesar de no establecer una relación directa con el cambio climático, reducir la contaminación del aire, el agua y el suelo contribuye a mitigar sus efectos. Al reducir la contaminación de las aguas, contribuye a una mejor calidad ambiental y para el abastecimiento de las poblaciones, asegurando su disponibilidad y preservando un sistema hídrico resiliente.

Plan de Acción de Economía Circular de la UE

El Plan de Acción de Economía Circular de la UE establece la hora de ruta hacia la economía circular definida en el Pacto Verde Europeo. Este plan tiene por objeto adaptar la economía de la Unión en clave ecológica y reforzar su competitividad, protegiendo al mismo tiempo el medio ambiente y confiriendo nuevos derechos a los consumidores.

El plan sostiene que una economía circular puede paliar las repercusiones negativas de la extracción y el uso de recursos en el medio ambiente y contribuir a restablecer la biodiversidad y el capital natural de Europa.

Establece el vínculo entre el cambio climático y los recursos hídricos al marcar la necesidad de aumentar la eficiencia de los recursos y establece unos objetivos ambiciosos para los recursos hídricos:

1. Reducir el consumo de agua en un 30% para el 2030 con medidas como la reutilización, eficiencia en el riego o planes de gestión de fugas.

2. Mejorar la calidad del agua, reduciendo la contaminación y protegiendo las fuentes de recursos hídricos.
3. Promover la gestión sostenible del agua a través de la planificación hidrológica y la participación de todos los actores involucrados e interesados.

Añade además que el reglamento europeo sobre la reutilización de aguas fomentará un enfoque circular en la utilización de agua mayormente en la agricultura, pero cuyo ejemplo podrá ser replicado en los varios sectores económicos de los países miembros para alcanzar el objetivo marcado de reducción del consumo.

Además, el Plan plantea el desarrollo y seguimiento de herramientas de medición, modelización y actuación para aprovechar las sinergias entre la economía circular de los recursos y las medidas de adaptación al cambio climático, desarrollando e implementando actuaciones más eficientes para cada territorio.

I.I.II. Marco nacional

Plan Nacional de Adaptación al Cambio Climático (PNACC) 2021-2030

El PNACC 2021-2030 es el segundo documento de adaptación al cambio climático y tiene como finalidad dar respuesta a las crecientes necesidades de adaptación al cambio climático en España, así como a los compromisos internacionales en este campo, sentando las bases para promover un desarrollo más resiliente a los posibles impactos del cambio climático en la próxima década.

El Plan pone de relieve que las tendencias climáticas provocan una serie de efectos sobre los sistemas ecológicos y sectores económicos entre los que destacan la disminución de los recursos hídricos disponibles, tanto para los sectores económicos como para el abastecimiento urbano, el cambio y deterioro de los ecosistemas, los impactos sobre la salud humana por eventos extremos, como inundaciones y sequías, que a su vez resultan en efectos indirectos como

la pérdida de calidad del agua. Además, el cambio climático también provoca un cambio social en la economía y el trabajo, la cultura, el patrimonio y los valores identitarios, la gobernanza, la distribución de población en el territorio, la cohesión social, la conflictividad asociada al aprovechamiento de los recursos naturales, la desigualdad social, incluida la desigualdad de género, entre otros.

Por todo ello, el PNACC 2021-2030 tiene como objetivo general promover la acción coordinada y coherente frente a los efectos del cambio climático en España con el fin de evitar y reducir los daños presentes y futuros derivados del cambio climático y construir una economía y una sociedad más resilientes.

Las líneas de acción que plantea el PNACC 2021-2030 se desarrollan atendiendo a una serie de principios orientadores entre los que se incluyen:

1. Equidad social y territorial para un futuro justo: de evitar y reducir la desigualdad económica, el acceso a los servicios y la protección social. Esta acción refleja el **derecho universal al agua potable y el acceso equitativo a este recurso para todos**, incluyendo los servicios básicos de abastecimiento e higiene.
2. Ciencia, conocimiento y sociedad al servicio de la adaptación: las decisiones en materia de adaptación se deben fundamentar con un enfoque multidisciplinar, con fundamento científico y aplicando el principio de precaución, integrando el aspecto científico-técnico, pero también el componente social y política. El enfoque multidisciplinar permitirá **abordar la problemática de los recursos hídricos en todos los sectores** y en todos los niveles, desde la cuenca de abastecimiento hasta la distribución y consumo en el ámbito urbano.
3. Transversalidad e integración en la gestión pública: la integración sectorial deberá contemplar las políticas de adaptación y mitigación como estrategias complementarias, con soluciones adaptativas que se inspirarán y apoyarán en **soluciones basadas en la naturaleza**. Estas pueden ser una gran herramienta de adaptación en las ciudades para la protección, conservación y mejora de los recursos hídricos urbanos como la restauración de los cauces, instalación de zonas verdes, humedales artificiales, entre otros.

4. **Atención a los efectos indeseados:** las actuaciones deben detectar y descartar medidas que puedan resultar contraproducentes. La consideración de todos los planes de gestión y programas de actuaciones que incluyan objetivos relacionados a los recursos hídricos, deberán ser considerados en el desarrollo de medidas de adaptación al cambio climática para asegurar el cumplimiento de todos los objetivos marcados.
5. **Acción coordinada, transparente y eficaz:** la acción de la administración pública deberá basarse en la cooperación institucional a diversas escalas y sectores, en la coherencia de las políticas sectoriales y la transparencia de la información facilitada a las personas y organizaciones interesadas.

Con objeto de hacer posible la implicación activa y consciente de los diferentes actores, públicos y privados, el PNACC 2021-2030 impulsa la información, la divulgación, la capacitación y la investigación e innovación y participación social como eje estratégico para alcanzar los objetivos y desarrollar medidas de adaptación eficientes frente al cambio climático. Esta participación y enfoque multidisciplinario permite el desarrollo de medidas multi sectoriales para el uso eficiente de los recursos hídricos. Además, permite incluir la vulnerabilidad social y territorial que resultan clave para asegurar la eficiencia de las medidas y acciones desarrolladas, ya que los impactos del cambio climático no afectan por igual. Por ello, identificar los grupos vulnerables y su localización permite establecer acciones específicas para estos grupos y desarrollar **respuestas adaptativas socialmente justas**.

Entre los ámbitos de trabajo del Plan se encuentran el agua y los recursos hídricos como recurso esencial al que hay que dar respuesta ante las nuevas presiones que derivan del cambio climático y gestionar las prioridades de usos, planteando políticas y acciones concretas que refuercen la gestión integrada del agua y territorio. **El reto es crucial ya que, si no se cumplen los objetivos, no se podrá garantizar la seguridad hídrica de las actividades socioeconómicas y los ecosistemas.** El ahorro, la reutilización de aguas regeneradas y la desalación junto con el uso de energías renovables son algunas de las acciones planteadas en el Plan.

Otro de los ámbitos de acción está vinculado con el urbanismo y la edificación. Así, el Plan incluye la integración de la adaptación al cambio climático al sector de la edificación haciendo hincapié en **infraestructura urbana más resiliente incluyendo la infraestructura verde urbana, la recuperación de aguas pluviales y aguas grises** de los edificios y las innovaciones tanto desde el punto de vista de los materiales (por ejemplo, pavimentos permeables, construcción con madera) como de las soluciones constructivas (por ejemplo, arquitectura bioclimática, fachadas o cubiertas verdes, soluciones de sombreado estacional, estrategias de enfriamiento nocturno).

Plan Estratégico de Salud y Medio Ambiente 2022-2026

El **Plan Estratégico de Salud y Medio Ambiente (PESMA) 2022-2026** es una herramienta de gestión desarrollada por el Ministerio de Sanidad en coordinación con el Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico, diseñada para enfrentar los desafíos ambientales contemporáneos y su impacto en la salud pública de España. Este plan se enmarca en la Estrategia de Salud Pública y su misión principal es reducir los riesgos para la salud derivados de factores ambientales, identificando nuevas amenazas y promoviendo políticas efectivas en salud ambiental.

Para alcanzar esta gran meta, el **Plan Estratégico de Salud y Medio Ambiente** define una serie de objetivos marcado el cambio climático y sus efectos sobre la salud:

1. Identificación y evaluación de riesgos emergentes: Identificar y evaluar de manera proactiva los nuevos riesgos y problemas emergentes en los ámbitos ambiental, climático y sanitario que puedan representar una amenaza para la salud pública.
2. Promoción del enfoque “Salud en todas las políticas”: Fomentar la integración del enfoque “Salud en todas las políticas” en sectores clave que influyen en la salud, tales como la energía, vivienda, trabajo, agricultura, industria, cambio climático, alimentación, transporte y planificación urbana.

3. Creación de entornos saludables y promoción de activos ambientales: Desarrollar entornos que promuevan la salud, fortaleciendo la identificación, promoción y refuerzo de activos para la salud de carácter ambiental. Esto incluye, entre otras acciones, destacar la importancia de la conservación y restauración de la biodiversidad como un elemento clave en la prevención de impactos en la salud.

El PESMA en relación con esta área temática de calidad de las aguas tiene como misión **proteger la salud de las personas de los efectos adversos derivados de cualquier tipo de contaminación de las aguas, en cualquiera de sus usos.**

El PESMA reconoce la importancia de los recursos hídricos para garantizar el Derecho Humano al Agua y la protección de la población, aspectos que están condicionados, entre otras cuestiones, por la disponibilidad y calidad del recurso, el saneamiento y la depuración y sus relaciones con los problemas de contaminación de los recursos, el uso masivo de recursos hídricos y las interacciones con el cambio climático.

El Plan, dentro de la línea de acción vinculada con **la prevención y protección de la salud, establece como gran objetivo relacionado con el agua la protección de la salud de las personas de los efectos adversos derivados de cualquier tipo de contaminación de las aguas; garantizando su acceso, salubridad, calidad y limpieza, en todos y cada uno de sus usos.** Para alcanzar este objetivo, el PESMA contempla una serie de acciones (Tabla 2) que abarcan aspectos como la mejora de los tratamientos de potabilización, la evaluación del riesgo del uso de pesticidas, la vigilancia del uso intensivo de recursos hídricos o la potenciación de soluciones basadas en la naturaleza.

El PESMA también reconoce la importancia y la necesidad de mejorar la coordinación entre administraciones competentes en gestión del agua, para lo cual plantea mejorar la información en tiempo real del estado de las masas de agua y de los usos del agua y la coordinación en la gestión de aguas residuales, regeneradas y su reutilización o incluir criterios de salud pública en la gestión integrada de las cuencas hidrográficas y promover la utilización de soluciones basadas en la naturaleza cuando sea factible

- a) Mejorar el tratamiento de potabilización requerido en función de la calidad del agua de origen utilizando, como mínimo, filtración y desinfección en pequeñas zonas de abastecimiento.
- b) Mejorar la calidad del agua de consumo en el grifo del consumidor y tener en cuenta, para ello, la posibilidad de presencia de contaminantes emergentes.
- c) Incluir en la evaluación de riesgo a plaguicidas que, aunque su uso esté prohibido, sean de lenta y/o difícil eliminación, como el lindano.
- d) Mejorar la gestión de las aguas residuales y pluviales para proteger la calidad de las aguas destinadas a la producción de agua de consumo, así como las aguas de baño.
- e) Mejorar las instalaciones, evitando o sustituyendo materiales como el plomo en redes de distribución e instalaciones interiores, por otros inocuos, así como evaluando las fugas estructurales tanto en los sistemas de abastecimiento como en los de saneamiento y poniendo las medidas correctoras para remediarlo.
- f) Elaborar una metodología común para la evaluación y gestión de riesgo hídrico (Plan sanitario del agua) y su impacto en salud. Tanto para las zonas de abastecimiento como para las aguas de baño, piscinas/spas, aguas residuales y aguas regeneradas, fomentando su aplicación.
- g) Mejorar las herramientas analíticas, con resultados a tiempo real tanto en parámetros microbiológicos como en parámetros físico-químicos, promoviendo los ejercicios de intercomparación de métodos.
- h) Vigilar el uso masivo de agua que se realiza para proteger la estabilidad ecológica del territorio.
- i) Implantar los sistemas más adecuados de depuración y regeneración para mejorar la calidad de las aguas y adecuarlas a sus usos posteriores.

- j) Incluir como declaración obligatoria la morbi-mortalidad relacionada con el uso de piscinas y su inclusión en la correspondiente Red de Vigilancia.
- k) Mejorar los sistemas de saneamiento, depuración, regeneración y reutilización, fomentando la instalación de redes separativas de aguas pluviales.
- l) Potenciar la utilización de soluciones basadas en la naturaleza para la mejora de la calidad del agua disponible para la población.
- m) Evaluar la eficacia y seguridad de los sistemas físicos, químicos y biológicos de prevención y control de la Legionella.

Tabla 15. Acciones del objetivo de protección de la salud de las personas relacionadas con el agua. PESMA, 2022.

Plan Nacional Integrado de Energía y Clima 2021-2023

El Plan Nacional Integrado de Energía y Clima 2021-2030 (PNIEC) es el instrumento de planificación del Estado que establece la hoja de ruta para convertir a España en un país neutro en carbono en el horizonte de 2050.

Para ello el Plan una serie de líneas de actuación vinculadas con la descarbonización (electrificación del sistema energético, adaptación al cambio climático, gestión de la demanda y almacenamiento), eficiencia energética (ahorro energético, definición de objetivos nacionales de eficiencia, renovación de edificios, etc.), seguridad energética, mercado interior de la energía e investigación, innovación y competitividad.

En lo que se refiere a los recursos hídricos, las medidas del Plan relacionadas con su aprovechamiento tendrán en consideración la protección de Dominio Público Hidráulico (DPH), así como el estado de las masas de agua. Concretamente, aquellas medidas que puedan afectar a los sistemas fluviales compatibilizan la planificación del aprovechamiento sostenible de los recursos hídricos con la conservación de los ecosistemas acuáticos.

La acción que contempla el PNIEC en cuanto al agua y al ciclo del agua, está relacionado a las infraestructuras públicas. Su medida 2.9 incluye la mejora de la eficiencia energética en instalaciones de potabilización, depuración y desalación de agua.

La incorporación y la interrelación entre la energía, clima y el agua en el ámbito urbano no están contempladas en el Plan, por lo que denota la necesidad de contar con guías y estrategias con el fin desarrollar acciones específicas de adaptación al cambio climático en lo que se refiere a los usos y demandas del agua en las ciudades.

Estrategia Española de Economía Circular

La Estrategia (España Circular 2030) tiene como objetivo transformar el modelo económico actual en uno circular, eficiente y sostenible. De esta manera, lograr una España con una economía sostenible, descarbonizada, eficiente en el uso de sus recursos y competitiva.

Entre sus principales líneas de actuación que cierran el círculo se encuentra la reutilización del agua en los varios sectores socioeconómicos, como medida clave para la adaptación al cambio climático.

La estrecha relación entre agua y cambio climático se hace evidente en la Estrategia en sus objetivos:

1. Disminuir la demanda de agua en un 30% para el 2030.
2. Reducir la contaminación del agua por nutrientes, sustancias químicas y residuos, protegiendo la salud humana y los ecosistemas acuáticos.
3. Incrementarla reutilización del agua hasta alcanzar el 10% del total de agua consumida para el año 2030.

4. Adaptar la gestión del agua a los impactos del cambio climático, como la sequía e inundaciones, mediante infraestructuras verdes urbanas.
5. Implementar estrategias integrales de gestión del agua que consideren el ciclo completo del agua, desde la captación hasta el tratamiento y la reutilización.

La Estrategia Española de economía Circular ofrece un marco para hacer frente a los desafíos actuales y futuros de los impactos del cambio climático sobre los recursos hídricos. La implementación de esta depende de una coordinación y colaboración multi-sectorial entre gobiernos, empresas, ciudadanos y organizaciones para lograr que los recursos hídricos y sus ecosistemas sean más resilientes, garantizando sus servicios la población humana en el presente y en el futuro.

Plan Nacional de Depuración, Saneamiento, Eficiencia, Ahorro y Reutilización (Plan DSEAR)

El Plan Nacional de Depuración, Saneamiento, Eficiencia, Ahorro y Reutilización (Plan DSEAR) es el instrumento de planificación estatal que persigue garantizar una gestión sostenible de los recursos hídricos basada en el ciclo integral del agua.

El Plan surge para hacer frente a problemas como la falta de cumplimiento de los objetivos establecidos Directiva de Aguas Residuales y los procedimientos de infracción abiertos contra el España, el bajo desarrollo de la reutilización y las debilidades de la gobernanza de agua, uno de los puntos clave para poder avanzar en la superación de estos retos.

El Plan se constituye un instrumento de gobernanza que pretende incorporar, en los planes hidrológicos del tercer ciclo (2022-2027), procedimientos mejorados y metodologías de trabajo alineadas y enfocadas al cumplimiento de los objetivos de la planificación hidrológica, principalmente en los ámbitos de la depuración, el saneamiento y la reutilización de las aguas residuales regeneradas.

Los objetivos del Plan DSEAR buscan:

1. Garantizar la depuración adecuada de las aguas residuales urbanas y proteger el medio ambiente.
2. Ampliar y mejorar la cobertura de los servicios de saneamiento de toda la población.
3. Reducir el consumo de agua en todos los sectores, especialmente en el urbano.
4. Fomentar la reutilización del agua regenerada para diferentes usos.
5. Promover la reutilización del agua regenerada para usos no potables.

Para alcanzar los objetivos, el plan propone medidas entre las cuales destacan la inversión en infraestructuras de depuración y saneamiento, la implementación de tecnologías eficientes para la gestión del agua, campañas de sensibilización para promover el uso responsable del agua, desarrollo de planes de reutilización de aguas regeneradas, y mejora de la gobernanza del agua.

Si bien todas las líneas conllevan su importancia para alcanzar los objetivos del plan, en el ámbito urbano destacan el fomento de la reutilización de las aguas residuales y la innovación en el sector como herramienta clave para poder hacer frente a los posibles impactos del cambio climático en las ciudades.

Plan de Recuperación, Transformación y Resiliencia

El Plan de Recuperación, Transformación y Resiliencia (PRTR), aprobado en 2021, supone la articulación de una serie de inversiones y reformas dirigidas a aumentar la productividad y el crecimiento potencial, avanzando hacia una España verde, digital, inclusiva, con mayor cohesión social y territorial, y sin brechas de género (figura 25).

El documento del plan se centra en cuatro ejes que se basan en la inversión pública y privada para reforzar el modelo productivo, impulsando la transición verde; fijar la hoja de ruta para acelerar una transición digital humanista; la cohesión social y territorial de España; y la igualdad de género. Dentro de estos cuatro ejes se orientan las diez políticas que determinan la evolución a futuro del territorio. (Figura extracto del Plan).

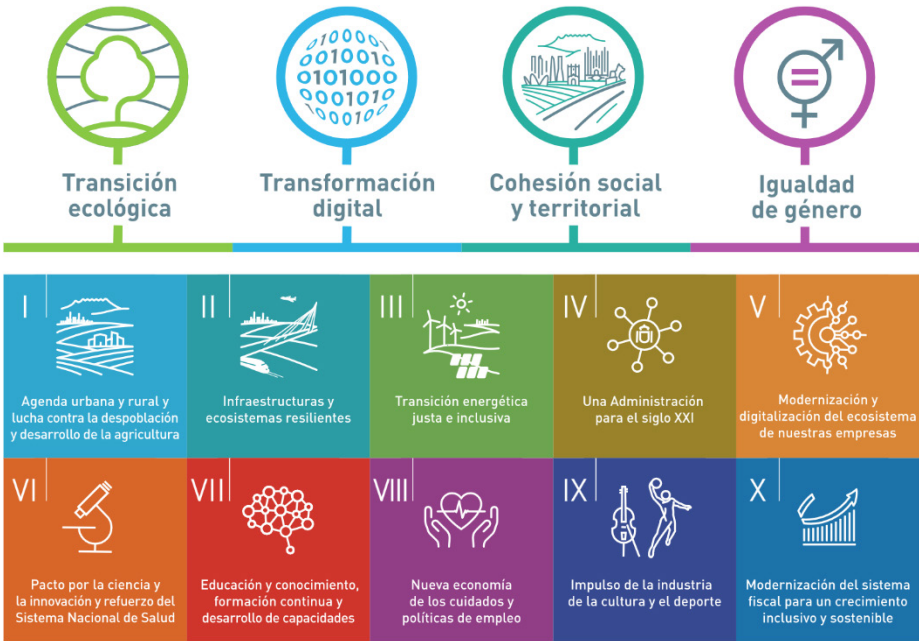


Figura 25. Ejes de acción del Plan de Recuperación, Transformación y Resiliencia (PRTR). Fuente, PRTR.

Dentro de la política de Infraestructuras y ecosistemas resilientes se encuentra el componente de preservación de los recursos hídricos.

El plan apuesta por inversiones en la transición verde, que representan un 40,29% del total destacando:

1. La rehabilitación de viviendas y regeneración urbana, incluyendo **la implementación de infraestructura verde para la adaptación al cambio climático en las ciudades**. Esto favorece la instalación de dispositivos de ahorro de agua en las infraestructuras urbanas, techos y fachadas verdes que pueden actuar como sumideros de aguas pluviales, entre otras.
2. **La conservación y restauración de ecosistemas y biodiversidad**, que ayudan a mantener el buen estado de los recursos hídricos y de los servicios ecosistémicos. Directamente implica una mejor calidad de agua dulce y agua potable para el consumo humano e indirectamente una mejora de calidad de vida de la población y las especies de fauna y flora urbanas, a través de un ecosistema fluvial saludable en las ciudades.

En lo que se refiere a la resiliencia de las infraestructuras ante el cambio climático el plan detalla que “Es un hecho contrastado que una correcta dotación de **infraestructuras verdes** y ecosistemas estables puede generar un **importante efecto dinamizador en la creación de empleos de carácter verde y en la vertebración territorial y social** de un país. El desarrollo de soluciones basadas en la naturaleza y el refuerzo de la adaptación y resiliencia climática en infraestructuras permite optimizar las inversiones e incrementar la resiliencia de la infraestructura ante nuevas demandas y retos, a la vez que preservar y proteger el capital natural”.

En cuanto al componente dedicado a los recursos hídricos, el plan se centra en mejorar la gestión de estos a través de la planificación hidrológica y revisión de la normativa relativa al agua para asegurar su consonancia con el Pacto Verde Europeo, que permite un marco legal favorable para el incremento de inversiones en la materia. Entre las inversiones incluye la materialización de **actuaciones de depuración, saneamiento, eficiencia, ahorro y seguridad de las infraestructuras, la restauración de los ecosistemas fluviales y la mitigación del riesgo de inundación**.

A través de sus acciones, el plan apunta a reducir la vulnerabilidad de los recursos hídricos, la implementación de soluciones basadas en la naturaleza y la infraestructura verde, y la creación de empleo verde.

Derivado del PRTR se ha desarrollado el Proyecto Estratégico para la Recuperación y la Transformación Económica (PERTE) Digitalización del ciclo del agua, que se formula con la necesidad de emprender una completa modernización del ciclo del agua en el país con el fin de avanzar hacia una gestión más eficiente y sostenible del agua (PERTE del ciclo del agua, 2022).

El PERTE tiene como gran objetivo la modernización del ciclo de agua a través de la digitalización, la innovación y la formación y plantea a su vez los siguientes objetivos específicos:

- a) Mejorar el conocimiento de los usos del agua para consolidar una gestión integrada de los recursos hídricos y a la mejora de la eficiencia en el uso del agua en España, minimizando el impacto del cambio climático.
- b) Incrementar la transparencia en la gestión del agua en España y de la información disponible por las administraciones, usuarios, consumidores, asociaciones en general de forma que se establezcan las bases para concienciar a la población y a los usuarios del agua del uso responsable y sostenible del agua y fortalecer y desarrollar las capacidades de las entidades gestoras del ciclo integral del agua.
- c) Contribuir al cumplimiento de los objetivos ambientales establecidos en la planificación hidrológica en las distintas masas de agua, a la lucha frente a la contaminación de las aguas, al cumplimiento de los caudales ecológicos y en general, al impulso a la gestión del dominio público hidráulico y la protección de las aguas.
- d) Generar empleo de alta cualificación técnica, invirtiendo en innovación y tecnología.

Para alcanzar estos objetivos el PERTE ha establecido cuatro líneas de actuación que contemplan (1) mejora de la gobernanza de los usos del agua en España, (2) impulso a la digitalización de los organismos de cuenca, (3) desarrollo de programas de ayuda para el impulso de la digitalización a los distintos usuarios del agua y (4) fomento de la formación e innovación en competencias digitales en la administración y gestión del agua.

Tabla 16. en del contenido del Proyecto Estratégico para la Recuperación y la transformación Económica (PERTE) Digitalización del ciclo del agua.

Orientaciones Estratégicas sobre Agua y Cambio Climático

Las Orientaciones Estratégicas sobre Agua y Cambio Climático es un documento elaborado por el Ministerio de Transición Ecológica y aprobado por el Consejo de Ministros con fecha de 19 de julio de 2022 que contienen el conjunto de directrices y medidas destinadas a conseguir la seguridad hídrica para las personas, para la protección de la biodiversidad y para las actividades socioeconómicas, de acuerdo con la jerarquía de usos, reduciendo la exposición y vulnerabilidad al cambio climático e incrementando la resiliencia.

Las Orientaciones Estratégicas se formulan en cumplimiento del artículo 19 de la Ley 7/2021, de 20 de mayo, de cambio climático y transición energética y persiguen los siguientes objetivos:

1. Establecer las directrices y medidas que deberá contemplar la planificación y la gestión del agua en nuestro país.
2. Adaptar el sistema de gestión del agua existente a los impactos del cambio climático e incrementar la resiliencia del sistema, acometiendo sus principales retos ambientales, sociales y económicos en este nuevo escenario sin cuyo concurso resultaría imposible garantizar en el futuro, tanto el bienestar de la población, como la sostenibilidad del sistema productivo y energético.

Las Orientaciones definen una serie de retos en la gestión para afrontar el cambio climático vinculados con los vertidos de aglomeraciones urbanas que no reciben tratamiento, la ralentización de las inversiones en infraestructuras de saneamiento y depuración, la necesidad de recuperar el buen estado de las masas de agua, frenar y reducir la contaminación por nitratos, corregir las alteraciones hidromorfológicas de los ríos o la sobreexplotación de los recursos hídricos.

La adaptación al cambio climático en materia de recursos hídricos se convierte en el eje vertebrador de las estrategias en el sector del agua hacia un **aumento de la seguridad hídrica, la restauración de las masas de agua y el incremento de su resiliencia.**

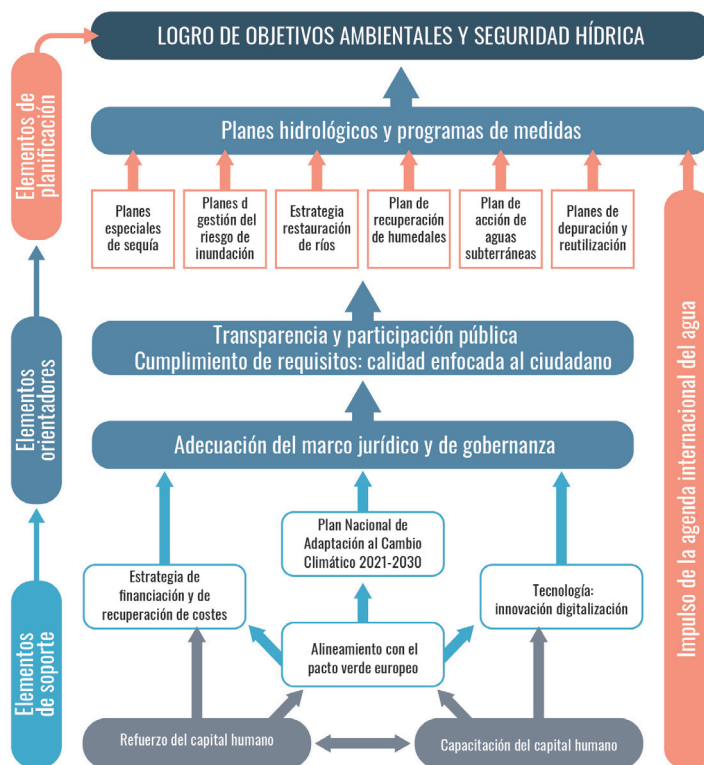
Estos retos empujan el desarrollo de una serie de líneas de acción de la política del agua de España durante los próximos años (figura 26). Las acciones interrelacionadas entre cambio climático y el agua en el ámbito urbano, contenido en este documento, están enfocadas hacia:

1. Recuperar, restaurar y proteger ríos, lagos, acuíferos y zonas húmedas. Impulsando la estrategia nacional de restauración de ríos (ENRR) incluyendo actuaciones dirigidas a conservar y recuperar su buen estado, a minimizar los riesgos de inundación a través una correcta gestión del espacio fluvial, a la compatibilización de los usos del suelo con las zonas inundables, a la reordenación de territorios inundables, a la recuperación de riberas y meandros, y a la ampliación de espacios fluviales e infraestructuras verdes mediante la implantación de diversos proyectos de soluciones basadas en la naturaleza.
2. Incrementar la seguridad hídrica promoviendo proyectos que contribuyan al ahorro y menor consumo de agua mediante el uso eficiente y racional de los recursos, la reducción de la demanda y la protección de las masas de agua y los ecosistemas asociados.
3. Impulsar el saneamiento, la depuración y la reutilización a través del desarrollo del plan nacional de depuración, saneamiento, eficiencia, ahorro y reutilización (plan DSEAR), aprobado mediante una orden ministerial en 2021.
4. Avanzar en la gestión del riesgo de inundaciones a través de los Planes de Gestión del Riesgo de Inundaciones.
5. Avanzar en la gestión del riesgo de Sequía a través de los Planes Especiales de Sequía.
6. Innovación, investigación y las nuevas tecnologías mejorando el conocimiento sobre los efectos del cambio climático en las masas de agua, sus ecosistemas y los usos del agua.

7. Modelo de gobernanza del agua transparente, equitativo y participativo actualizando los mecanismos de gobernanza del agua para dar diálogo y respuesta coordinada a los retos entre los responsables de la gestión del agua y de políticas sectoriales. Integrando a todos los agentes sociales (usuarios, empresas y administración) en la toma de decisiones y potenciando la divulgación a la ciudadanía de los problemas y retos de la gestión del agua.

La Estrategia se desarrolla mediante una serie de instrumentos, entre los que hay que destacar los planes hidrológicos de las demarcaciones, la Estrategia Nacional de Restauración de Ríos, los planes de gestión del riesgo de inundaciones, los planes especiales de sequía, el Plan DSEAR, el PERTE del agua o la adaptación del marco jurídico.

Figura 26. Instrumentos de las orientaciones estratégicas. Fuente. Orientaciones Estratégicas agua y cambio climático. Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico (MITERD).



Agenda Urbana Española

La Agenda Urbana Española, tomada en consideración por el Consejo de ministros el 22 de febrero de 2019, es la hoja de ruta que va a marcar la estrategia y las acciones a llevar a cabo hasta 2030, para hacer de los pueblos y ciudades ámbitos de convivencia amables, acogedores, saludables y concienciados.

Permite conocer el diagnóstico y síntesis territorial, a partir del desarrollo una serie de objetivos estratégicos y planes de acción para alcanzarlos. Para asegurar el cumplimiento de dichos objetivos, propone indicadores de seguimiento y evaluación, como también el papel del Estado, a través del Ministerio de Fomento como actor clave en el proceso de evaluación. Se destaca además el proceso de participación ciudadana en la Agenda Urbana Española.

Se reconoce la vulnerabilidad de España frente al cambio climático, que se hace sentir sobre todo con períodos de sequía más prolongados que resultan en un descenso de la media de precipitaciones, un almacenamiento de agua en los embalses insuficiente, daños por inundaciones, entre otros.

Muestra que la mitigación de los efectos del cambio climático son tanto una obligación como una urgencia ya que el incremento de la urbanización y la reducción de la permeabilidad del suelo provoca una reducción de la capacidad de absorción del agua caída que junto con las lluvias torrenciales aumentan la probabilidad de inundaciones en los sistemas urbanos. La recurrencia de periodos de sequía extrema obliga a las ciudades a tomar medidas, algunas de carácter estructural, ya que si los sistemas urbanos no desarrollan medidas adecuadas para abordar el nuevo escenario hídrico, puede resultar en disfunciones de distinta índole.

En el marco de Ordenación del Territorio, incluye un objetivo específico de mejorar las infraestructuras verdes y azules vinculadas con el contexto natural. Entre sus líneas de actuación, resalta el papel de la ordenación urbanística para incorporar el **concepto de infraestructuras verdes urbanas** como soluciones multifuncionales basadas en la naturaleza y organizar y diseñar estas redes verdes y azules teniendo en cuenta criterios de **conectividad ecológica para mejorar los servicios ecosistémicos y la vida de la población**.

Cabe destacar dentro del ámbito urbano, considera que la revitalización de las ciudades va de la mano de mejorar la resiliencia de las ciudades ante los posibles impactos del cambio climático.

Dentro del cuarto objetivo estratégico hace hincapié una gestión sostenible de los recursos y favorecer la economía circular, cuyo objetivo específico busca optimizar y reducir el consumo de agua. Resalta el papel de los sistemas de retención, almacenamiento, **eficiencia en el uso y reutilización del agua deben estar en un lugar privilegiado en cualquier agenda urbana**. Resulta imprescindible, por tanto, vincular el desarrollo urbano con el ciclo del agua en su expresión local (captación de agua de lluvia, reutilización de las aguas regeneradas) y evitar todo lo que pueda conllevar su contaminación. Las medidas propuestas por la Agenda para alcanzar este objetivo específico incluyen entre otras:

1. Adoptar medidas para disminuir el consumo de agua asociadas a la distribución y tratamiento del recurso.
2. Tratar y recuperar los cauces naturales del agua y los recursos subterráneos como base de los abastecimientos urbanos, aplicando nuevas tecnologías de tratamiento para alcanzar la máxima calidad.
3. Aplicar políticas de protección de las zonas de recarga de acuíferos destinados total o parcialmente al abastecimiento.
4. Respetar y valorar las zonas húmedas.
5. Realizar estrictos seguimientos de las actuaciones que puedan generar contaminación difusa con posibilidad de afectar a las aguas con destino a las ciudades.
6. Independizar siempre que sea posible los recursos superficiales para uso urbano de los destinados a otros usos.
7. Adecuar la calidad de agua para cada uso concreto, fomentando la utilización de sistemas de aprovechamiento de aguas grises.
8. Fomentar la recogida selectiva, las redes separativas de saneamiento.

9. Construir sistemas de depuración de aguas no agresivos con el entorno. Tratamientos que eviten la devolución de agua a la naturaleza contaminándola.
10. Fomentar tipos edificatorios con menor demanda de agua y sistemas de recogida y reutilización de aguas pluviales.
11. Utilizar sistemas de retención y filtración de aguas pluviales, empleo de pavimentos permeables y diseños de jardinería autóctona.

El enfoque integrado que persigue la agenda y sus distintas dimensiones (horizontal, territorial, vertical, etc.) y la articulación de acciones muy diversas (movilidad, planeamiento urbanístico, gestión medioambiental, etc.) hacen de este proceso un asunto complejo en el que la necesaria articulación de planes, acciones y recursos con una visión estratégica serán la clave para lograr el desarrollo sostenible de la ciudad en su conjunto.

I.II. Marco normativo en relación al cambio climático y los sistemas de agua urbana

El marco normativo de los sistemas de agua urbana y el cambio climático define el ámbito de actuación de la gestión y está compuesto, esencialmente, por un grupo de normas de ámbito comunitario y estatal. Tanto en la Unión Europea como en España, dado que la gestión de los sistemas de agua urbana es competencia de las entidades locales, no existe una norma específica de carácter comunitario o estatal que aborde este ámbito de gestión en clave de adaptación a los efectos del cambio climático. No obstante, hay un grupo de normas que definen una serie de orientaciones y determinaciones cuya aplicación está alineada con las políticas de adaptación.

I.II.I. Legislación internacional y de la Unión Europea

Derechos Humanos al Agua y el Saneamiento

El 28 de julio de 2010, la Asamblea General de las Naciones Unidas mediante la resolución A/RES/64/292 adoptó un acuerdo histórico que reconoce “el derecho al agua potable y al saneamiento como un derecho humano esencial para el pleno disfrute de la vida y de todos los derechos humanos”.

El derecho internacional de los derechos humanos obliga a los Estados a trabajar para lograr el acceso universal al agua y al saneamiento para todos, sin discriminación alguna, dando prioridad a los más necesitados.

Para orientar la aplicación por parte de los Estados se deben cumplir principios fundamentales del derecho humano al agua:

1. **Disponibilidad:** El suministro de agua para cada persona debe ser suficiente y continuo para cubrir los usos personales y domésticos. Debe haber un número suficiente de instalaciones sanitarias dentro o en las inmediaciones de cada hogar, y de todas las instituciones sanitarias o educativas, lugares de trabajo y otros lugares públicos para garantizar que se satisfagan todas las necesidades de cada persona.
2. **Accesibilidad:** Las instalaciones de agua y saneamiento deben ser físicamente accesibles y estar al alcance de todos los sectores de la población, teniendo en cuenta las necesidades de grupos particulares, como las personas con discapacidad, las mujeres, los niños y las personas mayores.
3. **Asequibilidad:** Los servicios de agua deben ser asequibles para todos. A ningún individuo o grupo se le debe negar el acceso al agua potable porque no pueda pagarla.
4. **Calidad y seguridad:** El agua para uso personal y doméstico debe ser segura y estar libre de cualquier microorganismo o sustancia que constituyan una amenaza para la salud de las personas.

5. **Aceptación:** Todas las instalaciones de agua y saneamiento deben ser culturalmente aceptables y apropiadas, y sensibles a los requisitos de género, ciclo de vida y privacidad.

El Informe de las Naciones Unidas sobre el Desarrollo de los Recursos Hídricos en el Mundo, (2019) y bajo el lema “nadie se queda atrás”, pone de relieve como **la mejora en la gestión de los recursos hídricos y el acceso a agua potable y saneamiento son esenciales para afrontar las desigualdades económicas y sociales**, de manera que nadie quede atrás para poder disfrutar de los múltiples beneficios y oportunidades que ofrece el agua.

Acuerdo de París

El Acuerdo de París es un tratado internacional sobre el cambio climático jurídicamente vinculante. Fue adoptado por 196 Partes en la COP21 en París, el 12 de diciembre de 2015 y entró en vigor el 4 de noviembre de 2016. [Enlace](#)

El objetivo del tratado es limitar el calentamiento global por debajo del umbral de los 2 C°, preferiblemente a 1,5 grados centígrados, en comparación con los niveles preindustriales y aumentar la capacidad de adaptación a los efectos adversos del cambio climático y promover la resiliencia al clima y un desarrollo con bajas emisiones de gases de efecto invernadero.

1. El Acuerdo establece el objetivo de la adaptación, que consiste en aumentar la capacidad de adaptación, fortalecer la resiliencia y reducir la vulnerabilidad al cambio climático con miras a contribuir al desarrollo sostenible y lograr una respuesta de adaptación adecuada en el contexto del objetivo referente a la temperatura.

La adaptación es una componente fundamental de la respuesta al cambio climático cuyo fin es proteger a las personas, los medios de vida y los ecosistemas

La adaptación debe llevarse a cabo mediante un enfoque que responda a las cuestiones de género y sea participativo y del todo transparente, tomando en consideración a los grupos, comunidades y ecosistemas vulnerables, y que dicha labor debe basarse e inspirarse en la mejor información científica disponible y, cuando corresponda, en los conocimientos tradicionales, los conocimientos de los pueblos indígenas y los sistemas de conocimientos locales, con miras a integrar la adaptación en las políticas y medidas socioeconómicas y ambientales pertinentes, cuando sea el caso.

2. Las Partes reconocen la importancia de **evitar, reducir al mínimo y afrontar las pérdidas y los daños relacionados con los efectos adversos del cambio climático**, incluidos los fenómenos meteorológicos extremos y los fenómenos de evolución lenta y la contribución del desarrollo sostenible a la reducción del riesgo de pérdidas y daños.

Para ello hay que actuar, entre otros ámbitos, en sistemas de alerta temprana, la preparación para situaciones de emergencia, los fenómenos de evolución lenta, los fenómenos que puedan producir pérdidas y daños permanentes e irreversibles, la evaluación y gestión integral del riesgo y la resiliencia de las comunidades, de los medios de vida y los ecosistemas.

Tabla 17. Principales consideraciones del Acuerdo de París relacionadas con los sistemas urbanos de agua.

Directiva de Aguas residuales

Directiva 91/271/CEE del Consejo, de 21 de mayo de 1991, sobre el tratamiento de las aguas residuales urbanas [Enlace](#)

Se trata de una de las normas comunitarias con mayor desarrollo y vigencia. No tiene una orientación climática aunque el cumplimiento de sus determinaciones tiene una incidencia positiva en las políticas de adaptación.

Esta Directiva ha sido revisada y la nueva norma comunitaria, aprobada en noviembre de 2024 establece un marco para el tratamiento de las aguas residuales con una clara integración con las políticas climáticas de la Unión. [Enlace](#)

Los objetivos de la Directiva se han ampliado al margen de la protección del medio ambiente, para incluir también la protección de la salud humana y la reducción de las emisiones de gases de efecto invernadero.

La nueva Directiva establece las reglas para la recolección, tratamiento y vertido de las aguas residuales urbanas, para proteger el medio ambiente y la salud humana, de acuerdo con el enfoque de One Health, mientras que se reducen de manera progresiva las emisiones de GEI a niveles sostenibles, mejorando el balance de energía y contribuyendo a la transición a una economía circular.

Cuestiones claves

1. Todas las aglomeraciones > 2.000 h-e han de contar con sistemas colectores, y todas las fuentes de aguas residuales domésticas deben estar conectadas. Este umbral bajará a final del 2035 para los núcleos > 1.000 h-e.
2. La Directiva implanta la figura de plan de gestión integral del agua residual urbana, define el contenido y alcance de estos instrumentos y establece los supuestos de aplicación. (Art. 5).
3. Las aglomeraciones mayores de 100.000 h-e deberán contar con planes de gestión integral del agua residual urbana (fecha límite 31/12/2033). (Art. 5).
4. Obligación de aplicar a todas las aglomeraciones urbanas de 1.250 h-e o más de aquí a 2035, un tratamiento secundario (es decir, la eliminación de materia orgánica biodegradable) a las aguas residuales urbanas antes de su vertido en el medio ambiente.
5. De aquí a 2045, los Estados miembros tendrán que garantizar la aplicación de un tratamiento terciario (es decir, la eliminación de nitrógeno y fósforo) en instalaciones de mayor tamaño, de 150.000 h-e o más. El tratamiento

terciario será obligatorio en las aglomeraciones más pequeñas en zonas en riesgo de eutrofización.

6. Se establece un objetivo de neutralidad energética y de aquí a 2045, las instalaciones de tratamiento de aguas residuales urbanas tendrán que producir la energía que consumen, con objetivos intermedios progresivos. Esta energía puede producirse dentro o fuera del emplazamiento, y hasta el 30 % de la energía puede adquirirse a partir de fuentes externas.
7. Se promocionará la reutilización de aguas residuales tratadas.
8. Los Estados miembros tiene la obligación de evaluar los riesgos causados por los vertidos de aguas residuales urbanas para el medio ambiente y la salud humana y, en caso necesario, adoptar medidas adicionales a los requisitos mínimos establecidos en la Directiva para hacer frente a estos riesgos.
9. Se tomarán medidas para mejorar el acceso a los aseos.
10. Se tomarán las medidas necesarias para asegurar que la gestión de los lodos sigue las rutinas previstas en la Directiva de residuos, maximizando la reutilización, la recuperación de recursos y el reciclado.

Tabla 18. Principales consideraciones de la Directiva de Aguas Residuales relacionadas con los sistemas urbanos de agua.

Directiva Marco del Agua

Directiva 2000/60/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 23 de octubre de 2000, por la que se establece un marco comunitario de actuación en el ámbito de la política de aguas. [Enlace](#)

La norma define un marco de protección de las aguas que prevenga el deterioro adicional y proteja y mejore el estado de los ecosistemas acuáticos, promueva un uso sostenible del agua basado en la protección a largo plazo de los recursos hídricos disponibles, garantice una mayor protección y mejora del medio acuático y las aguas subterráneas, entre otras formas, mediante medidas específicas de reducción y limitación progresiva de los vertidos y contribuya a paliar los efectos de las inundaciones y sequías,

El marco de acción tiene como fin último garantizar el suministro suficiente de agua superficial o subterránea en buen estado, tal como requiere un uso del agua sostenible, equilibrado y equitativo, reducir de forma significativa la contaminación de las aguas subterráneas, proteger las aguas territoriales y marinas, y prevenir y erradicar la contaminación del medio ambiente marino.

Si bien la Directiva no tiene una orientación climática de forma explícita, el marco de protección que establece es clave para desarrollar las políticas de adaptación al cambio climático en el conjunto de la Unión Europea.

Ley Europea del Clima

Reglamento (UE) 2021/1119 del Parlamento Europeo y del Consejo de 30 de junio de 2021 por el que se establece el marco para lograr la neutralidad climática y se modifican los Reglamentos (CE) n.o 401/2009 y (UE) 2018/1999 («Legislación europea sobre el clima») [Enlace](#)

La Ley establece y define el objetivo de neutralidad climática en la UE a 2050 y proporciona un marco para avanzar en los esfuerzos de adaptación a los impactos del cambio climático.

Cuestiones claves:

1. La Ley destaca los significativos desafíos que plantea el cambio climático, como el calor extremo, las inundaciones, las sequías y la escasez de agua. Subraya la importancia de mejorar las capacidades de adaptación y resiliencia como herramientas para enfrentar sus consecuencias de manera socialmente equilibrada, y mejorar las condiciones de vida en las zonas afectadas. Prepararse con antelación ante estas consecuencias no solo es rentable en términos económicos, sino que también puede generar beneficios adicionales para los ecosistemas, la salud y la economía. En particular, las soluciones basadas en la naturaleza pueden ser beneficiosas para mitigar el cambio climático, adaptarse a sus efectos y proteger la biodiversidad (considerando 32).
2. Las instituciones pertinentes de la Unión y los Estados miembros garantizarán un avance continuo en el aumento de la capacidad de adaptación, el fortalecimiento de la resiliencia y la reducción de la vulnerabilidad al cambio climático (art. 5.1).
3. En las estrategias nacionales de adaptación tendrán en cuenta la especial vulnerabilidad de los sectores pertinentes, entre ellos la agricultura, y de los sistemas hídricos y alimentarios, así como de la seguridad alimentaria, y promoverán soluciones basadas en la naturaleza y una adaptación basada en los ecosistemas (art. 5.4).
4. La Ley resalta la importancia de la participación pública; todos los sectores de la sociedad deberán estar capacitados y empoderados de manera que se puedan emprender acciones encaminadas a lograr una transición socialmente justa y equitativa hacia una sociedad climáticamente neutra y resiliente al clima.

Tabla 19. Principales consideraciones de la Ley Europea del Clima relacionadas con los sistemas urbanos de agua.

Directiva UE 2020/2184 relativa a la calidad de las aguas destinadas al consumo humano

Directiva (UE) 2020/2184 del Parlamento Europeo y del Consejo de 16 de diciembre de 2020 relativa a la calidad de las aguas destinadas al consumo humano (versión refundida). [Enlace](#).

La Directiva UE 2020/2184 persigue el mismo objetivo que la Directiva 98/83/CE que establece el marco legal para proteger la salud de las personas de los efectos adversos derivados de cualquier tipo de contaminación de las aguas destinadas al consumo humano garantizando su salubridad y limpieza.

Cuestiones claves:

1. Garantizar la seguridad hídrica aplicando un enfoque de gestión del riesgo en toda la cadena de suministro de agua, desde la captación hasta el punto de cumplimiento, incorporando los conocimientos de la Directiva 2000/60/CE y considerando el impacto del cambio climático en los recursos hídricos.
2. La evaluación de riesgos en los sistemas de suministros debe contar con una detección de los peligros y los eventos peligrosos en el sistema de suministro e incluya una evaluación de los riesgos que puedan plantear para la salud humana mediante la utilización de las aguas destinadas al consumo humano, teniendo en cuenta los riesgos derivados del cambio climático (...) (art. 9.1. c)).
3. Los Estados miembros adoptarán las medidas necesarias para mejorar o mantener el acceso de todos a las aguas destinadas al consumo humano, en particular, el acceso de colectivos vulnerables y marginados (art. 16.1) y se fomentará la utilización de agua de grifo destinada al consumo humano mediante la instalación de puntos de agua en equipamientos públicos, campañas de información, promoción en establecimientos de restauración, entre otras medidas (art. 16.2).

4. La información pública también está representada en la Directiva y en su artículo 17 insta a los Estados miembros a garantizar la disponibilidad de información adecuada y actualizada sobre las aguas destinadas a consumo humano con carácter periódico.

Tabla 20. Principales consideraciones de la Directiva UE 2020/2184 relativa a la calidad de las aguas destinadas al consumo humano relacionadas con los sistemas urbanos de agua.

Ley de restauración de la naturaleza

Reglamento del Parlamento Europeo y del Consejo relativo a la Restauración de la Naturaleza y por el que se modifica el Reglamento (UE) 2022/869. [Enlace](#).

El Reglamento define un conjunto de normas orientadas, entre otras cuestiones, a la recuperación a largo plazo y sostenida de los ecosistemas de los Estados miembros mediante la restauración de los ecosistemas degradados y a la consecución de los objetivos generales de la Unión en materia de mitigación del cambio climático y adaptación.

Para ello establece un marco de acción que supone el desarrollo de medidas efectivas de restauración de ecosistemas de la Unión Europea, considerando los ecosistemas de agua dulce y los urbanos. En este sentido, el propio Considerando 47 reconoce la importancia de estos ecosistemas dentro de las estrategias de adaptación vinculadas con la gestión del agua urbana. [...] *También prestan otros muchos servicios basados en los ecosistemas vitales, como la reducción y el control del riesgo de catástrofes naturales, como inundaciones y efectos de isla térmica, la refrigeración, la recreación, la filtración de agua y aire, así como la mitigación del cambio climático y la adaptación al mismo.* [...].

Cuestiones claves:

1. El Reglamento fija en la restauración de ecosistemas una estrategia clave en las políticas de adaptación y mitigación. [...] La restauración de los ecosistemas también contribuye a la consecución de los objetivos de la Unión relativos a la mitigación del cambio climático y la adaptación a este. [...] *(Considerando n° 1).*
2. Se refuerza y promocionan las soluciones basadas en la naturaleza como herramientas fundamentales para combatir la crisis climática. Así, [...] *las soluciones basadas en la naturaleza son aquellas inspiradas y respaldadas por la naturaleza, que tienen una buena relación coste-eficacia, proporcionan simultáneamente beneficios ambientales, sociales y económicos, y ayudan a crear resiliencia. Tales soluciones introducen elementos y procesos naturales nuevos y más diversos en las ciudades y los paisajes terrestres y marinos, a través de intervenciones sistémicas, adaptadas a las condiciones locales y eficientes en el uso de los recursos.* [...] *(Considerando n° 17)*
3. Otorga un papel relevante a los ecosistemas urbanos, que aportan hábitats para la biodiversidad y servicios ecosistémicos como como la reducción y el control del riesgo de catástrofes naturales, inundaciones y efectos de isla térmica, la refrigeración, la recreación, la filtración de agua y aire, así como la mitigación del cambio climático y la adaptación al mismo.

Tabla 21. Principales consideraciones de la Ley de Restauración de la Naturaleza relacionadas con los sistemas urbanos de agua.

I.II.II. Legislación nacional

Ley 7/2021 Cambio Climático y Transición Energética

La Ley de Cambio Climático y Transición Energética constituye el principal instrumento legal en materia de cambio climático en España. [Enlace](#).

El objetivo de esta ley, como se señala en su artículo 1 es facilitar la descarbonización de la economía española, su transición a un modelo circular, de modo que se garantice el uso racional y solidario de los recursos; y promover la adaptación a los impactos del cambio climático y la implantación de un modelo de desarrollo sostenible que genere empleo decente y contribuya a la reducción de las desigualdades.

Se trata de un objetivo centrado en la descarbonización y la economía circular de los recursos, donde el agua juega un papel fundamental y sobre el cual la adaptación permitirá garantizar el uso para toda la población.

La ley se rige por los principios reconocidos en el derecho internacional y nacional, y destaca en su artículo 2 siguientes principios que de alguna manera se relacionan a los recursos hídricos y su aplicabilidad se traslada a los sistemas de agua urbana:

- (...) c) Protección al medio ambiente, preservación de la biodiversidad y aplicación del principio “quien contamina paga” (...)*
- e) Resiliencia.*
- f) Protección y promoción de la salud pública.*
- h) Protección de los colectivos vulnerables, con especial consideración a la infancia.*
- i) Igualdad entre mujeres y hombres. (...)*
- k) Precaución. (...)*
- ñ) Cooperación, colaboración y coordinación entre las administraciones públicas.*

En el ámbito de la producción de energías renovables, se regula la generación de energía en dominio público hidráulico y la norma apuesta por promover, para usos propios de los sistemas de agua urbana, el aprovechamiento para la generación eléctrica de los fluyentes de los sistemas de abastecimiento y saneamiento urbanos, siempre condicionado al cumplimiento de los objetivos de dichos sistemas cuando sea técnica y económicamente viable (art. 7.3).

La Ley regula en el artículo 19 las relaciones entre el cambio climático y la planificación y gestión del agua, estableciendo los objetivos para la planificación y gestión hidrológica y el deber de adecuarse a las directrices y medidas que se desarrollen en la Estrategia del Agua para la Transición Ecológica. Si bien esta norma no hace una mención explícita a los sistemas de agua urbana, los objetivos de consecución de la seguridad hídrica, reducción de la exposición y la vulnerabilidad al cambio climático e incremento de la resiliencia son comunes y configuran unitario dentro de la lógica de la gestión integrada.

Otro ámbito regulado por la ley y con incidencia en las relaciones entre cambio climático y gestión de los sistemas de agua urbana está relacionado con la planificación y gestión territorial y urbanística, así como en las intervenciones en el medio urbano y en la edificación (art. 21) en donde deben considerarse los riesgos climáticos, integrando medidas de adaptación y resiliencia en los instrumentos de planificación.

El nexo planificación urbana, gestión del agua y cambio climático se refuerza en la Disposición final cuarta que modifica el texto refundido de la Ley de Suelo y Rehabilitación Urbana de tal manera que, en aplicación del principio de prevención de riesgos naturales, se deberán considerar los riesgos derivados del cambio climático en los criterios básicos de utilización del suelo.

Aspectos claves

1. La planificación y la gestión hidrológica, a efectos de su adaptación al cambio climático, tendrán como objetivos conseguir la seguridad hídrica para las personas, para la protección de la biodiversidad y para las actividades socioeconómicas, de acuerdo con la jerarquía de usos, reduciendo la exposición y vulnerabilidad al cambio climático e incrementando la resiliencia (art. 19.1).
2. La planificación y gestión, coherente con otras políticas, deben incluir los riesgos del cambio climático basándose en la información disponible, considerando: a) los riesgos por impactos previsibles en caudales hidrológicos y acuíferos, relacionados con cambios en temperatura, precipitaciones, acumulación de nieve y vegetación de la cuenca; b) los riesgos por cambios en la frecuencia e intensidad de fenómenos extremos como avenidas y sequías; c) los riesgos por el incremento de la temperatura del agua y sus efectos en el régimen hidrológico y los requerimientos de agua de actividades económicas; y d) los riesgos por el ascenso del nivel del mar sobre masas de agua subterránea, zonas húmedas y sistemas costeros.
3. La planificación hidrológica debe anticipar y gestionar los impactos del cambio climático, reduciendo la exposición y vulnerabilidad de actividades socioeconómicas y ecosistemas, y considerando fenómenos climáticos extremos. Debe identificar riesgos para cultivos, refrigeración de centrales y otros usos del agua, adaptando estos usos a los recursos disponibles. Además, se deben incluir medidas de seguridad hídrica y resiliencia, gestionar la retención de sedimentos, y asegurar la financiación y seguimiento de estas acciones.
4. La prevención de los riesgos naturales en la gestión de ordenación territorial y urbanística se incluirán los riesgos derivados del cambio climático, entre ellos; (...) b) Riesgos derivados de eventos meteorológicos extremos sobre las infraestructuras y los servicios públicos esenciales, como

el abastecimiento de agua y electricidad o los servicios de emergencias y (...) d) Riesgos asociados a la pérdida de ecosistemas y biodiversidad y, en particular, de deterioro o pérdida de bienes, funciones y servicios ecosistémicos esenciales (Disposición final cuarta).

Tabla 22. Aspectos claves de la Ley 7/2021 Cambio Climático y Transición Energética relacionados con los sistemas urbanos de agua.

Real Decreto 1/2001 de 30 de julio, por el que se aprueba el texto refundido de la Ley de Aguas

El Texto Refundido de la Ley de Aguas (TRLA) constituye la legislación básica nacional que regula el dominio público hidráulico, el uso del agua y del ejercicio de las competencias del Estado en esta materia y define las normas básicas de protección de todas las aguas integradas en el ciclo hidrológico, a excepción de las mineromedicinales, que tienen normativa propia. [Enlace](#).

La norma traspone la Directiva Marco del Agua y con ello configura la arquitectura básica de la gestión del ciclo hidrológico a través de la planificación hidrológica que tendrá por objetivos generales *conseguir el buen estado y la adecuada protección del dominio público hidráulico y de las aguas objeto de esta ley, la satisfacción de las demandas de agua, el equilibrio y armonización del desarrollo regional y sectorial, incrementando las disponibilidades del recurso, protegiendo su calidad, economizando su empleo y racionalizando sus usos en armonía con el medio ambiente y los demás recursos naturales* (art. 40).

En esta amalgama de objetivos se observa enfoques de gestión distintos y se pone de relieve la necesidad de revisar y adaptar la Ley de Aguas al nuevo marco de la adaptación climática y su convergencia con las distintas políticas y planes europeos. Así, tanto el Libro Verde de la Gobernanza del Agua en España como las Orientaciones Estratégicas de Agua y Cambio Climático plantean la reforma del TRLA entre otras cuestiones para garantizar la funcionalidad de la Ley respecto al cambio climático. En efecto, se hace necesaria una profunda adaptación de la norma en aspectos como los principios y objetivos generales y de la

planificación enfocados a la gestión del riesgo y la protección de los ecosistemas, garantizar la seguridad hídrica, la aplicación del principio quien contamina paga a todos los usuarios, incluidos los del sector agrario, la recuperación de costes incluidos los ambientales, el sistema de gobernanza del agua o la reforma del régimen concesional.

Aspectos claves:

1. Los objetivos de protección de las aguas y el dominio público hidráulico fijados en la Ley (art. 92) son claves para garantizar la adaptación al cambio climático y están alineados con las principales normas, planes y programas de carácter internacional y comunitarios. Hay que destacar los siguientes:
 - a) *Prevenir el deterioro, proteger y mejorar el estado de los ecosistemas acuáticos, así como de los ecosistemas terrestres y humedales que dependan de modo directo de los acuáticos en relación con sus necesidades de agua.*
 - b) *Promover el uso sostenible del agua protegiendo los recursos hídricos disponibles y garantizando un suministro suficiente en buen estado. (...)*
 - c) *Proteger y mejorar el medio acuático estableciendo medidas específicas para reducir progresivamente los vertidos, las emisiones y las pérdidas de sustancias prioritarias, así como para eliminar o suprimir de forma gradual los vertidos, las emisiones y las pérdidas de sustancias peligrosas prioritarias.*
 - d) *Garantizar la reducción progresiva de la contaminación de las aguas subterráneas y evitar su contaminación adicional*
 - e) *Paliar los efectos de las inundaciones y sequías.*
[...]
 - h) *Garantizar la asignación de las aguas de mejor calidad de las existentes en un área o región al abastecimiento de poblaciones*

2. La Ley regula la reutilización y el régimen jurídico del uso de las aguas regeneradas. Así, las *Administraciones públicas, como un medio para promover la economía circular y reforzar la adaptación al cambio climático, deberán impulsar la reutilización de aguas, previendo para ello los instrumentos económicos que consideren adecuados* (Art. 109.2).
3. Entre las medidas para impulsar la reutilización destacan la posibilidad de conceder ayudas a los concesionarios de aguas regeneradas o la elaboración de planes que fomenten la reutilización en usos urbanos en aglomeraciones mayores de 50.000 habitantes.

Tabla 23. Aspectos claves de la Ley de Aguas relacionadas con los sistemas urbanos de agua.

Real Decreto 849/1986, de 11 de abril, por el que se aprueba el Reglamento del Dominio Público Hidráulico

Este reglamento es la norma que desarrolla, entre otros, el contenido que regula el TRLA sobre el dominio público hidráulico y su utilización o el régimen de protección y de la calidad de las aguas la Ley de Aguas. [Enlace](#).

A pesar de ser una norma original del año 1986, ha experimentado una serie de modificaciones que distinto calado que han ido adaptando el reglamento a las principales directivas y normas europeas, desde la Directiva 91/271 sobre el tratamiento de las aguas residuales urbanas a la Directiva 2020/2184 relativa a la calidad de las aguas de consumo, pasando, entre las más relevantes, por la Directiva Marco del Agua o la Directiva de Inundaciones.

Aspectos claves:

1. Establece la ordenación y limitación de los usos del suelos y las actividades en las zonas inundables (Art. 14 bis), con especial atención al establecimiento de servicios o equipamientos sensibles o infraestructuras públicas esenciales.
2. Los organismos de cuenca deberán emitir informe previo sobre los actos y planes que las comunidades autónomas y entidades locales hayan de aprobar en el ejercicio de sus competencias (Art. 14 quater) y en el que se analizará la existencia de recursos hídricos para satisfacer las demandas de agua, la potencial afección a zonas inundables y cualquier cuestión relativa a la protección y calidad de las aguas que afecte al aprovechamiento de las mismas, y en especial, al desarrollo de actividades en los perímetros de protección.
3. Se promueve el respeto a la continuidad longitudinal y lateral de los cauces compatibilizándolo con los usos actuales del agua y las infraestructuras hidráulicas recogidas en la planificación hidrológica (Art. 126), un aspecto clave para garantizar el buen estado de conservación hidromorfológica de la red fluvial.
4. Se definen una serie de criterios generales para el diseño y conservación de las obras de protección en los cauces frente a inundaciones en la que se tenderá, en lo posible, a aumentar el espacio del cauce y no agravar la inundabilidad y el riesgo preexistente aguas arriba y aguas abajo de la actuación (Art. 126 ter). Igualmente el reglamento indica que no será autorizable, con criterio general, la realización de cubrimientos de los cauces ni la alteración de su trazado.

5. Además de estas cuestiones, el reglamento introduce el uso de sistemas urbanos de drenaje sostenible, tales como superficies y acabados permeables (Art. 126 ter 7.), en las nuevas urbanizaciones, polígonos industriales y desarrollos urbanísticos.
6. En las actuaciones de conservación y mantenimiento de cauces (Art. 126 quater) se priorizarán aquellas actuaciones basadas en la naturaleza.
7. En relación a la contaminación, el reglamento calificación como objeto de especial protección aquellos usos posteriores del dominio público hidráulico que correspondan al abastecimiento de aguas de consumo humano que impliquen afección a la salud humana o estén asociados a masas de agua incluidas en el registro de zonas protegidas.
8. El reglamento incorpora la protección de las fuentes de abastecimiento mediante la regulación de los perímetros de protección de captaciones de agua destinadas al consumo humano, que deberán ser determinados por las administraciones competentes en el abastecimiento urbano y los organismos de cuenca (Art. 243 ter). Dentro de los perímetros queda prohibido el ejercicio de actividades potencialmente contaminantes y también se podrán poner limitaciones y condicionantes a nuevas concesiones y otros usos y actividades.
9. En el ámbito de los vertidos, el reglamento avanza algunas de las cuestiones planteadas en la revisión de la Directiva de Aguas Residuales, como los desbordamientos del sistema de saneamiento en episodios de lluvia (Art. 259 ter) o los Planes Integrales de Gestión del Sistema de Saneamiento (PIGSS) para determinadas situaciones (Art. 259 quinquies). En el primer caso, el reglamento establece una serie de determinaciones para reducir la

contaminación en episodios de lluvia, que serán, al menos, un tratamiento primario en los sistemas de saneamiento unitario o un pretratamiento en sistemas de saneamiento separativo.

El PIGSS realiza un diagnóstico del sistema de saneamiento, con objeto de definir objetivos de reducción de las distintas fuentes de contaminación urbana (escorrentías, desbordamientos, agua no tratada, etc.), las medidas a llevar a cabo y un cronograma de las actuaciones.

Tabla 24. Aspectos claves del Reglamento del Dominio Público Hidráulico relacionados con los sistemas urbanos de agua.

La Ley 10/2001, de 5 de julio, del Plan Hidrológico Nacional

La Ley del Plan Hidrológico Nacional regula el conjunto de materias a las que se refiere el art. 43 del TRLA. [Enlace](#). Aunque es una norma de orientación estratégica y que contiene un conjunto de determinaciones vinculadas con la planificación hidrológica, incluye dos importantes aspectos que tienen incidencia en la adaptación dlos sistemas de agua urbana al cambio climático.

En relación con la gestión de las sequías, establece la obligatoriedad de disponer de un Plan de Emergencia ante situaciones de sequía para las Administraciones públicas responsables de sistemas de abastecimiento urbano que atiendan, singular o mancomunadamente, a una población igual o superior a 20.000 habitantes (Art. 27.3.). La ley indica que estos planes debían estar operativos en un plazo máximo de cuatro años tras su entrada en vigor.

Otro elemento vinculado con la adaptación al cambio climático hace referencia a las actuaciones en cauces públicos situados en las zonas urbanas, que corresponderá a los ayuntamientos, por ser competentes en materia de ordenación del territorio y urbanismo (Art. 28.4).

Real Decreto 3/2023 de 10 de enero, por el que se establecen criterios técnico-sanitarios del agua de consumo, su control y suministro

El Real Decreto 3/2023 es una norma de gran calado e importancia en las políticas de adaptación de los sistemas de agua urbana al cambio climático. En efecto, este real decreto establece el marco jurídico para proteger la salud humana de los efectos adversos de cualquier contaminación del agua de consumo al garantizar que sea salubre y limpia. Por otra, facilita el acceso a la misma siguiendo lo indicado por Naciones Unidas en el derecho humano al agua y saneamiento en el Reino de España.” (parte II del preámbulo). La protección de la salud y la garantía de acceso al agua son estrategias claves en las políticas de adaptación al cambio climático definidas en instrumentos como el Pacto Verde, la Estrategia de Adaptación al Cambio Climático de la Unión Europea o el Plan Nacional de Adaptación. [Enlace](#).

Aspectos claves:

1. El real decreto se basa en el enfoque de gestión del riesgo, integrando la evaluación y gestión del riesgo de las zonas de captación de aguas de consumo humano; la evaluación y gestión del riesgo en la zona de abastecimiento, desde la captación hasta la entrega al usuario y, por último, la evaluación y gestión del riesgo de las instalaciones interiores en edificios prioritarios.
2. Establece una dotación diaria neta de consumo medio de, al menos, 100 litros por habitante y día (Art. 9.1.) así como el deber de los operadores de contabilizar el recurso captado, tratado y distribuido (Art. 9.2).
3. Se promueve el agua de grifo, tanto en dependencias y equipamientos públicos, como en establecimientos del sector de hostelería y restauración.

4. Acceso al agua y población vulnerable. Establece que las administraciones locales deberán adoptar las medidas necesarias para mejorar el acceso al agua de consumo a toda la población, en especial para los grupos vulnerables o en riesgo de exclusión social. Para ello se deberá identificar a las personas que no tienen acceso al agua, evaluar posibilidades de mejora, informar sobre mecanismos de acción social y elaborar un informe sobre la situación de acceso al agua en el municipio.
5. Los operadores de las zonas de abastecimiento tipo 3, 4, 5 y 6 deberán realizar una evaluación de los niveles de fugas estructurales de agua de consumo y agua bruta y el propietario de las infraestructuras afectadas deberá tomar las medidas correctoras y preventivas necesarias para reducir las fugas evitables (Art. 47).
6. Se debe realizar la evaluación del riesgo de las zonas de captación destinada a la producción de agua de consumo se realizará siempre que proporcionen un volumen medio de, al menos, 10 metros cúbicos diarios o abastezca a más de cincuenta personas (Art. 51). El real decreto establece los elementos y el alcance de la evaluación, incluyendo la detección de peligros y las medidas de gestión del riesgo. En el proceso de evaluación de riesgos se considerarán de forma específica los riesgos derivados del cambio climático, con el objeto de identificar las medidas de adaptación más adecuadas para hacerles frente.
7. Define la evaluación y gestión del riesgo en las zonas de abastecimiento y edificios prioritarios a través de los planes sanitarios del agua (PSA) (Art. 59, 60 y 61). El PSA es una metodología con un planteamiento integral de evaluación y gestión de los riesgos que abarca todas las etapas del abastecimiento, desde la toma de captación, potabilización, almacenamiento y distribución hasta el punto de cumplimiento y las instalaciones interiores (Art. 59.1).

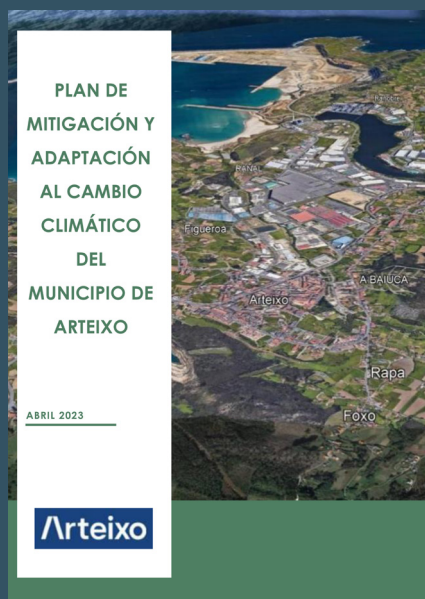
8. Refuerza la transparencia y el acceso a la información sobre calidad del agua de consumo. La administración local y las autoridades competentes deben proporcionar a los ciudadanos información accesible, adecuada y actualizada sobre la calidad del agua. Se refuerza la publicación periódica de los informes de calidad del agua así como informes de evaluación con periodicidad anual para el Ministerio y quinquenal para la autoridad sanitaria de las comunidades autónomas.

Tabla 25. Aspectos claves del Real Decreto 3/2023 de 10 de enero, por el que se establecen criterios técnico-sanitarios del agua de consumo, su control y suministro relacionados con los sistemas urbanos de agua.

ANEXO II

BUENAS PRÁCTICAS

Plan de mitigación y adaptación al cambio climático del municipio de Arteixo



El Concello de Arteixo ha desarrollado un Plan de acción para el clima en el que se reconoce la especial vulnerabilidad del municipio ante fenómenos como la intensificación de las lluvias torrenciales y las consecuentes inundaciones, las olas de calor, las sequías y la disminución progresiva de la disponibilidad hídrica.

El documento señala que los cambios en los patrones atmosféricos y oceánicos están generando alteraciones en la distribución y disponibilidad de los recursos hídricos, lo que conlleva implicaciones directas sobre la cantidad y calidad del agua destinada al abastecimiento urbano, así como sobre la eficiencia y capacidad del sistema de saneamiento y drenaje ante eventos extremos de precipitación. En línea con el Plan Nacional de Adaptación al Cambio Climático 2021-2030, se advierte de una tendencia descendente en la disponibilidad hídrica, con riesgos asociados tanto a la presión sobre infraestructuras como a la conservación de los ecosistemas acuáticos que dependen del buen funcionamiento del ciclo del agua.

El Plan incluye un conjunto estructurado de afecciones a los sistemas de agua urbana, señalando las siguientes amenazas como las principales:

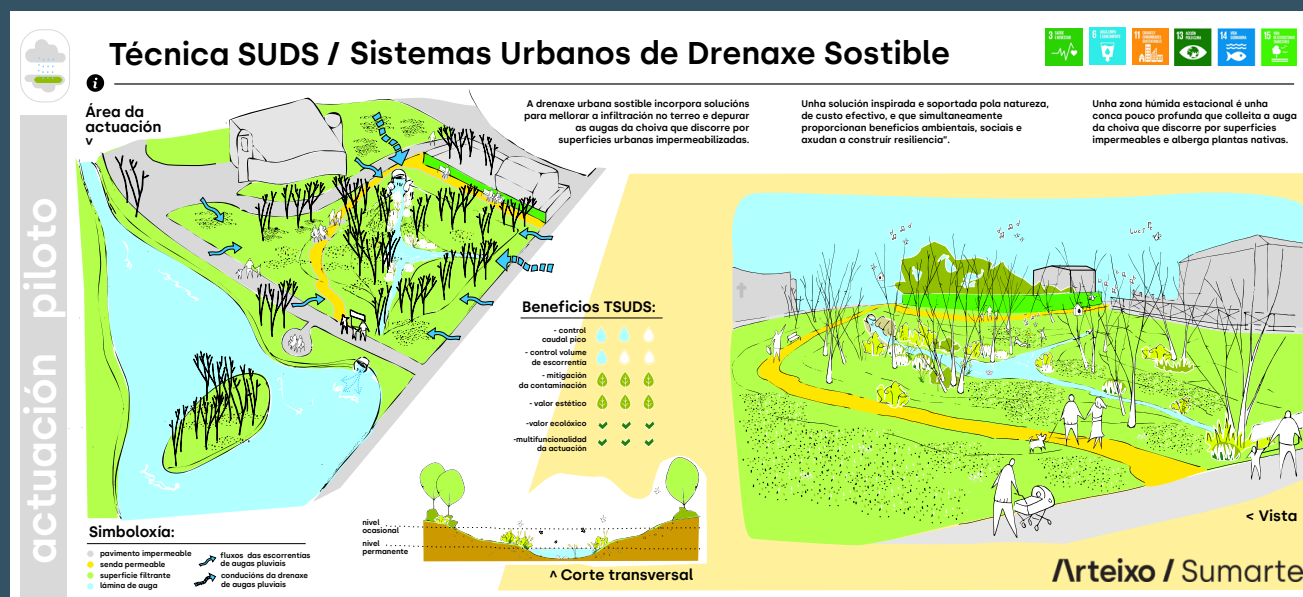
1. Por olas de calor:
 - Posible limitación en la operación de suministro de agua potable por el aumento de la demanda de agua.
 - Posible impacto económico por mayores necesidades de mantenimiento asociado al crecimiento de algas y bacterias favorecidas por el aumento de temperaturas.

- Episodios de mal olor en las instalaciones de depuración de las aguas residuales.
2. Por inundaciones:
 - Posible corte del servicio por aumento del volumen de aguas pluviales a tratar, tanto en la red de drenaje como en la planta de tratamiento de aguas.
 - Posible impacto económico por aumento de las necesidades de tratamiento de las aguas (descenso de la calidad de las aguas por erosión en embalses y cuencas fluviales).

Ante estas amenazas, las medidas adoptadas por el municipio han sido, según su Plan de mitigación y adaptación al cambio climático, las siguientes:

1. Mantenimiento, conservación y mejora de espacios y recursos naturales, orientados a proteger la biodiversidad y el paisaje, fomentar el uso eficiente de los recursos y generar conocimiento sobre cambio climático.
2. Optimización de la funcionalidad territorial y urbana, adaptando infraestructuras existentes a las nuevas condiciones climáticas e incorporando criterios de resiliencia en las nuevas.
3. Mejora de la eficiencia en sistemas de abastecimiento y riego, integrando recursos no convencionales y reforzando la gobernanza hídrica para afrontar el cambio climático.
4. Implantación de sistemas integrados de gestión de recursos hídricos: aguas superficiales, subterráneas, regeneradas, desaladas, etc.
5. Adaptación de los sistemas hídricos a la menor disponibilidad y mayor irregularidad del recurso, mediante una gestión de la demanda orientada a los escenarios previstos para la segunda mitad del siglo XXI.

Entre las actuaciones previstas por el Concello de Arteixo en materia de adaptación al cambio climático, una de las más representativas es el desarrollo del Plan ha sido el proyecto de drenaje urbano sostenible (SUDS). Con un presupuesto previsto de 120.000 €, esta intervención busca aplicar soluciones basadas en la naturaleza para gestionar las aguas pluviales en entornos urbanos, mediante técnicas de infiltración, retención y filtrado. El objetivo es reducir escorrentías, mejorar la calidad del agua y generar espacios públicos más resilientes frente a eventos extremos, evaluando su viabilidad para futuras replicaciones en el municipio.



Gestión de la demanda de Vitoria-Gasteiz

<https://www.vitoria-gasteiz.org/docs/wb021/contenidosEstaticos/adjuntos/es/17/97/71797.pdf>



La gestión de la demanda se presenta como un modelo de administración del agua urbana que busca enfrentar dos de las principales preocupaciones en el suministro urbano: garantizar la disponibilidad de agua mediante un manejo eficiente y sostenible, y asegurar un servicio público de calidad enfocado en el cliente. Este modelo se basa en tres pilares: el ahorro, el aumento de la eficiencia y la reutilización del agua. Su objetivo es fomentar una cultura de consumo mínimo que no solo responda a situaciones temporales de escasez, sino que se mantenga de manera constante.

Bajo la implementación del Plan Integral de Ahorro de Agua de Vitoria-Gasteiz (2004-2008) y el Plan Futura a partir de 2009, se han llevado a cabo diversas acciones técnicas y de comunicación dirigidas a todos los sectores de consumo. Gracias a estas iniciativas, se han alcanzado los principales objetivos establecidos en los planes, lo que ha permitido que Vitoria-Gasteiz continúe siendo una ciudad de referencia en la gestión del agua. Además, la ciudad ha logrado reducir su consumo de agua bruta y dotaciones, reforzando su estrategia ambiental mientras garantiza un mejor Servicio Integral del Agua.

Los objetivos se centran en fomentar la eficiencia en el uso y gestión del agua en Vitoria-Gasteiz, manteniendo niveles adecuados en el volumen de entrada y rendimientos de la red de distribución, y consolidando la tendencia a la reducción de dotaciones sectoriales. Además, buscan mejorar el conocimiento y seguimiento de la demanda de agua por sectores, especialmente en consumos domésticos y municipales, proporcionando a los usuarios información y herramientas para un consumo eficiente. También se pretende profundizar en el conocimiento ciudadano del Servicio Integral del agua y asociar la imagen de AMVISA con la eficiencia y calidad en la gestión del agua, integrándolo en su estrategia y comunicación.

Indicadores de cumplimiento de objetivos



Indicadores de consumo

	2003	2014	Objetivo 2017
Agua remitida (Hm³/año)	24,5	18,4	<19,5
Dotación general (litros/hab./día)	299	207	200-220
Consumo doméstico medio (litros/hab./día)	123,8	106,6	<105
Demanda neta global institucional (litros/hab./día)	39,7	27,1	<25
Demanda neta global comercial-industrial (litros/hab./día)	60,0	39,4	<40
Peso específico de los 150 mayores consumos de agua (% del consumo total, excluidos domésticos y riego)		21%	<17%
Peso específico de los mayores consumidores domésticos, superiores a 600 litros/vivienda/día (% del consumo)		7%	<7%
Reducción del consumo de los mayores consumidores domésticos (respecto a 2012)		2,7%	10%



Indicadores de sensibilización

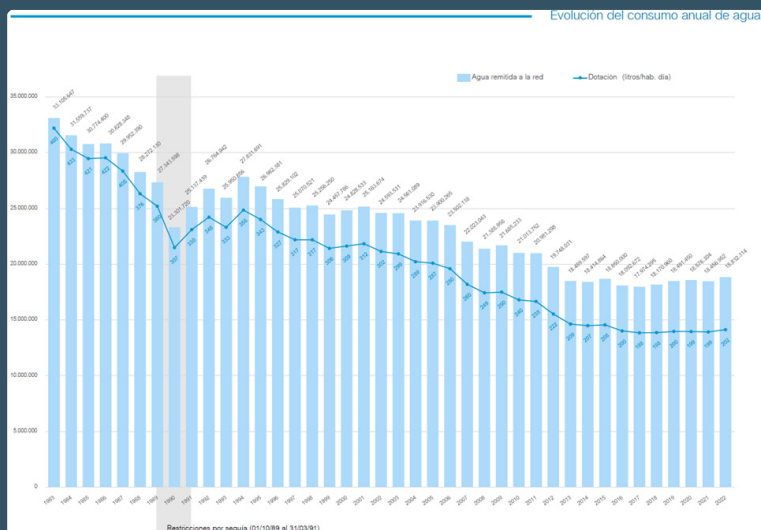
Población sensible al uso eficiente del agua (de 0 a 10)	5,82	7,23	>8
Población con hábitos de ahorro (manifiesta tenerlos)	75%	88%	>90%
Población con buenas prácticas en saneamiento (manifiesta tenerlas)			>75%



Otros indicadores

Número de contratos con seguimiento directo de sus consumos	235	>250
Buenas prácticas reconocidas en el período 2014-2017	13	Min. 40
Repercusión (nº de eventos oficiales organizados en el período 2014-2017)	8	Min. 20

Evolución del consumo anual de agua



Fuentes públicas de agua potable ACASA

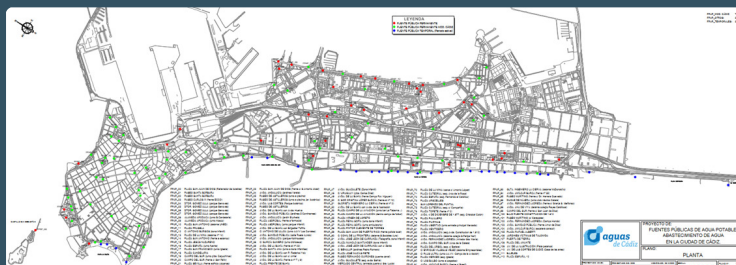
<https://www.aguasdecadiz.es/fpap/#1578918445552-4ce556fa-6552>



El “Proyecto de Instalación de Fuentes Públicas de Agua Potable en las Calles de la Ciudad de Cádiz” ha mejorado e incrementado el acceso gratuito al agua potable en los recorridos y lugares habituales por los que transita o acude la población gaditana en sus actividades cotidianas de trabajo, ocio o deporte, analizando y optimizando la red de fuentes de agua potable, en la vía pública y en los espacios abiertos, así como de aquellos turistas que acuden temporalmente a conocer el patrimonio histórico y cultural de la ciudad. Un adecuado abastecimiento de agua potable en las calles de la ciudad favorece además modelos de movilidad urbana sostenibles, más saludables y ecológicos.

El proyecto recopila y analiza información sobre la localización, distribución y estado de conservación de las fuentes públicas existentes de agua potable de la ciudad, con intención de sustituir y/o redistribuir en caso de necesidad y ampliar el número de surtidores de suministro. Para evitar la heterogeneidad de modelos de fuentes instaladas que incrementa la imagen de banalidad de la ciudad, se ha propuesto un nuevo modelo de fuente pública de agua potable original e idónea para un servicio adecuado y perdurable en el tiempo, al que hemos denominado “modelo Cádiz”.

El objetivo de este proyecto es ambicioso, ya que se aspira a llegar a instalar un total de 120 fuentes en la ciudad, alcanzando así un ratio de una fuente por cada 1000 habitantes, lo que situaría a Cádiz a la vanguardia muy por encima de la media nacional e incluso europea.



Proyecto SeGuía

<https://fnca.eu/investigacion/proyectos-de-investigacion/seguia>

Enlace a la guía: <https://bit.ly/2AdIBiQ>



SeGuía” - Guía metodológica para la elaboración participada de planes de gestión de riesgo por sequía en pequeñas y medianas poblaciones

El objetivo principal del proyecto SeGuía es la elaboración de una Guía que sea una herramienta que facilite la elaboración de estos planes bajo una perspectiva de gestión preventiva, incorporando la participación pública como elemento fundamental del proceso.

La guía está orientada a pequeñas y medianas poblaciones (menos de 50.000 habitantes) que estén interesadas en mejorar su sistema de abastecimiento, reducir su vulnerabilidad frente a las sequías en un contexto de cambio climático e involucrar a la ciudadanía en su elaboración.

En la Guía se presenta la metodología a seguir para la elaboración de un Plan de gestión de riesgos por sequía, las fuentes de información disponibles para completarla, y el procedimiento administrativo para su aprobación en el municipio. También se proporcionan ejemplos, plantillas y referencias para su elaboración. Los contenidos de la Guía se han desarrollado de modo que los planes resultantes sirvan a los sistemas de abastecimiento de más de 20.000 habitantes para cumplir con el mandato legal de elaboración de planes de emergencia.

Plan Emergencia Climática EMASESA

La adaptación al ciclo integral del agua en EMASESA

<https://www.emasesa.com/sostenibilidad/lucha-contra-el-cambio-climatico/la-adaptacion-del-ciclo-integral-del-agua/>



EMASESA cuenta con una Estrategia de Adaptación al Cambio Climático elaborada en el año 2021 y que define un marco de actuación

Campañas de sensibilización: trabajamos para promover la concienciación de nuestros usuarios, impulsar ciudades más sostenibles y aumentar la visibilización de los consumos individuales para ayudar a su reducción.

Aprovechamiento de los recursos hídricos: combinando el agua de los embalses con el uso de aguas subterráneas y pluviales, conseguimos optimizar y racionalizar la captación de recursos hídricos, así como reducir las pérdidas de aguas en las redes.

Garantía de calidad y aprovechamiento del agua: aplicamos mejoras en nuestras instalaciones, técnicas y procesos para maximizar la calidad del agua a nuestros usuarios.



La experiencia de EMALCSA en la reducción del consumo urbano de agua

<https://www.emalcsa.es/uploads/tinymce/Compromiso%20Social/MRS%2023%20G.pdf>



En los últimos años, la ciudad de A Coruña, a través de su operador público EMALCSA, ha logrado consolidar una evolución muy positiva en la reducción del consumo urbano de agua. El informe de Memoria de Sostenibilidad 2023 refleja cómo una estrategia integral, basada en la mejora de la eficiencia técnica, la aplicación de tecnologías inteligentes y la implicación de la ciudadanía, ha permitido alcanzar niveles de consumo sostenibles y coherentes con los objetivos de adaptación al cambio climático.

Durante 2023, EMALCSA gestionó un caudal medio de 1.107 litros por segundo, lo que supone una dotación de consumo de unos 243 litros por habitante y día. Esta cifra representa un avance significativo en el contexto histórico de la ciudad y se sitúa por debajo de los valores habituales en muchas redes urbanas comparables. Si bien el informe no detalla una serie temporal completa, sí evidencia que la tendencia descendente se ha mantenido de forma sostenida gracias a una estrategia multidimensional bien consolidada.

Una estrategia integral para un consumo más eficiente

Uno de los pilares fundamentales en la reducción del consumo ha sido el esfuerzo continuado de EMALCSA en la optimización hidráulica del sistema. A través de programas de renovación de infraestructuras y de una política activa de localización y reparación de fugas, la empresa ha conseguido reducir de forma notable las pérdidas de agua en la red, uno de los factores más críticos en la eficiencia del ciclo integral.

Paralelamente, la compañía ha desplegado soluciones de telegestión y control inteligente que permiten monitorizar en tiempo real los parámetros de la red y el comportamiento del consumo. La incorporación de sistemas avanzados de telemetría y lectura automática de contadores ha sido clave para detectar patrones anómalos, ajustar la operación y facilitar una respuesta rápida ante cualquier desviación, contribuyendo así a un uso más racional del recurso.

Además de las mejoras técnicas, EMALCSA ha apostado por una política tarifaria progresiva, diseñada para desincentivar el consumo excesivo mediante bloques tarifarios que penalizan los usos no esenciales. Esta herramienta económica se ha visto complementada con campañas periódicas de sensibilización ciudadana, orientadas a promover un cambio cultural hacia prácticas de consumo más responsables y sostenibles.

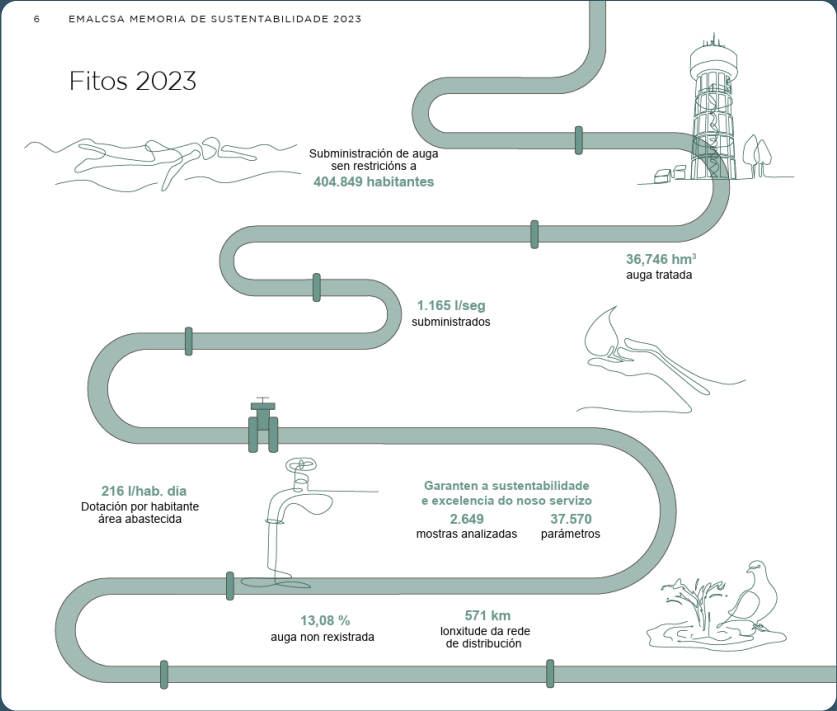
Un modelo de gobernanza sostenible

El enfoque de EMALCSA no se limita a la optimización del consumo en sí mismo, sino que forma parte de una visión más amplia de gestión circular del ciclo integral del agua, coherente con los principios del desarrollo sostenible y la acción climática. La empresa integra esta visión en su estrategia corporativa, en plena alineación con los Objetivos de Desarrollo Sostenible, en particular con el ODS 6 (agua limpia y saneamiento) y el ODS 13 (acción por el clima).

El resultado es un modelo de gobernanza que combina la innovación tecnológica con la participación activa de la sociedad y una operación eficiente y transparente. La evolución positiva del consumo per cápita alcanzada en A Coruña —con una dotación actual de 243 l/hab·día— es el reflejo tangible de este enfoque integrado y constituye un ejemplo inspirador de cómo las ciudades pueden avanzar hacia una gestión hídrica resiliente y adaptada a los desafíos climáticos.

Una buena práctica replicable

La experiencia de EMALCSA muestra que la combinación de inversión en infraestructuras inteligentes, políticas tarifarias bien diseñadas y un compromiso sostenido con la ciudadanía es una vía eficaz para lograr una reducción estructural del consumo urbano de agua. Este modelo es perfectamente replicable en otros contextos urbanos y aporta lecciones valiosas para la adaptación del ciclo integral del agua en tiempos de incertidumbre climática.



Digitalización del ciclo integral del agua en Vitoria-Gasteiz (Smart AMVISA)

https://www.vitoria-gasteiz.org/wb021/was/contenidoAction.do?idioma=es&uid=u74db0aeb_196c-8412b90_28c0



El operador público **AMVISA** (Aguas Municipales de Vitoria-Gasteiz) ha puesto en marcha un ambicioso proyecto de transformación digital del ciclo integral del agua, denominado **Smart AMVISA**, que constituye un ejemplo destacado de adaptación de los sistemas urbanos de agua frente a los retos que plantea el cambio climático. Este proyecto, financiado en el marco del **PERTE de digitalización del ciclo del agua** con fondos Next Generation EU,

supone una inversión total de **11,71 millones de euros** y está alineado con los principales objetivos del Pacto Verde Europeo y de los Objetivos de Desarrollo Sostenible, especialmente en los ámbitos de eficiencia hídrica y energética, resiliencia y gobernanza.

El contexto actual de cambio climático impone a los operadores de agua la necesidad de afrontar fenómenos extremos cada vez más frecuentes: sequías prolongadas, lluvias torrenciales, aumento de la temperatura media y variabilidad de la calidad de las masas de agua. Frente a estos desafíos, AMVISA ha desarrollado una estrategia integral basada en el conocimiento en tiempo real, la automatización avanzada y el uso de tecnologías como la inteligencia artificial (IA) y los gemelos digitales, con el objetivo de optimizar la gestión y la seguridad del sistema.

1. Una transformación digital con impacto en toda la cadena del ciclo del agua.

El proyecto Smart AMVISA contempla actuaciones en todas las fases del ciclo integral del agua, desde la captación hasta la depuración y el vertido, pasando por la distribución y la gestión de la demanda. La estrategia se basa en tres grandes pilares:

a) **Sensorización y control inteligente.**

Se está desplegando una extensa red de **sensores de caudal, presión y calidad** en puntos estratégicos del sistema: embalses de captación (Ullíbarri), estaciones de tratamiento, depósitos y redes de distribución y saneamiento. Los nuevos dispositivos incluyen **sondas multiparamétricas, prelocalizadores de fugas** y más de **20.000 contadores inteligentes** de agua doméstica, conectados mediante redes IoT (Internet de las Cosas).

Estas soluciones permiten una **monitorización continua** del estado del sistema, facilitando una gestión dinámica y proactiva. De este modo, es posible anticipar y gestionar situaciones de estrés hídrico, optimizar el uso del recurso y reducir las **pérdidas de agua** en la red, un aspecto clave en contextos de creciente escasez.

b) **Modelización avanzada y automatización.**

La segunda línea de actuación se centra en el desarrollo de **modelos matemáticos de redes** y la implementación de sistemas avanzados de automatización y control (**SCADA**) en las principales infraestructuras: la Estación de Tratamiento de Agua Potable (ETAP) de Araka y la Estación Depuradora de Aguas Residuales (EDAR) de Crispiana. En esta última se está creando un **gemelo digital** que permitirá simular el comportamiento de la planta ante distintos escenarios operativos y climáticos.

Estos avances dotan al operador de una capacidad inédita para **predecir eventos extremos**, optimizar procesos en tiempo real y mejorar la resiliencia frente a fenómenos como lluvias intensas o episodios de sequía. La modelización y automatización son herramientas esenciales para una planificación robusta y adaptativa.

c) **Integración, inteligencia artificial y gobernanza.**

El tercer eje del proyecto aborda la **integración de los sistemas de información y control** en una plataforma unificada, capaz de gestionar grandes volúmenes de datos operativos. Sobre esta base, se están incorporando algoritmos de **inteligencia artificial** para el análisis predictivo y la toma de decisiones automatizada, facilitando una gestión más eficiente y resiliente del sistema.

Además, se refuerzan los aspectos de **ciberseguridad**, asegurando la protección de infraestructuras críticas, y se promueve una gobernanza más transparente mediante la publicación de **indicadores de desempeño** y el desarrollo de portales de información accesibles para los distintos grupos de interés (autoridades, ciudadanía, usuarios).



2. Resultados esperados y valor como buena práctica.

Con la implantación progresiva del proyecto Smart AMVISA, se espera lograr:

- Una **reducción significativa de las pérdidas de agua**, contribuyendo a la sostenibilidad del recurso.
- Un ahorro sustancial en el **consumo energético**, mediante una operación más eficiente y optimizada.
- Una **mejora en la calidad del agua** suministrada y en el control de los vertidos, mediante el seguimiento en continuo y la capacidad de respuesta temprana.
- Una mayor **robustez del sistema** frente a incidentes climáticos y operativos, gracias a las capacidades predictivas y de modelización.
- Un avance en la **transparencia y la gobernanza**, con datos abiertos y accesibles para una mejor interacción con la sociedad y las administraciones.

Por todo ello, el proyecto Smart AMVISA se configura como una **referencia en la aplicación de tecnologías digitales para la adaptación de los sistemas urbanos de agua al cambio climático**. Su enfoque integral y replicable, que combina sensorización, automatización, inteligencia artificial y una gobernanza abierta, constituye una buena práctica con un elevado potencial de transferencia a otros contextos urbanos y territoriales.

Plan Local de Aguas Regeneradas de Chiclana de la Frontera

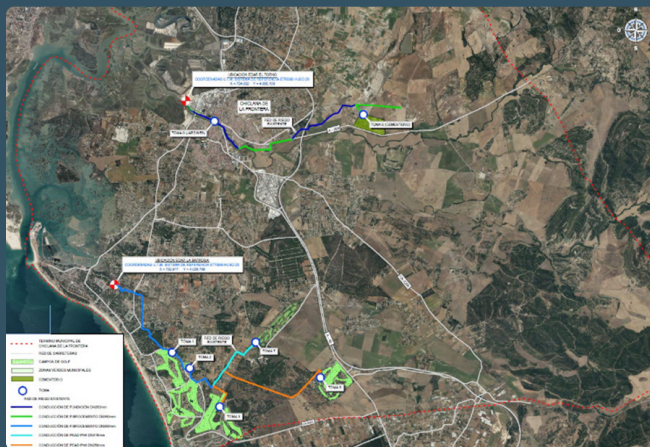
https://chiclananatural.com/wp-content/uploads/Agua/AGUAS_REGENERADAS.pdf



El Plan Local de Aguas Regeneradas de Chiclana de la Frontera es un documento elaborado por el Departamento de Aguas de Chiclana Natural que tiene por objeto definir los usos del agua regenerada, las infraestructuras necesarias para su tratamiento, almacenamiento y distribución, así como el régimen económico de recuperación de costes y el sistema tarifario, integrando asimismo la gestión del riesgo sanitario para garantizar la protección de la salud humana y el medio ambiente.

Se trata de uno de los primeros planes redactado en España

El origen de este Plan Local de Aguas Regeneradas se encuentra en la intención de la empresa pública Chiclana Natural de hacer frente a los nuevos retos que plantea el actual contexto de crisis climática y completar la reutilización de las aguas residuales conforme a los volúmenes asignados en la autorización de vertido y reutilización de la Junta Andalucía. El objetivo es que se priorice y fomente el uso del agua regenerada hasta su máxima capacidad, ampliando el uso urbano del agua regenerada en el término municipal, incorporando para ello nuevos usos y actividades. Se pretende así contribuir a la reducción de la presión sobre las masas de agua superficial y subterránea y garantizar la sostenibilidad económica del servicio de aguas regeneradas en la ciudad.



Ordenanza municipal de gestión sostenible de reutilización del agua en Calvià

<https://intranet.caib.es/eboibfront/ca/2023/11699/670339/aprovacio-definitiva-de-l-ordenanca-municipal-de-g>



La Ordenanza Municipal de Gestión Sostenible de la Reutilización del Agua en Calvià es una normativa de referencia en España que establece un marco regulador para el uso del agua regenerada a escala municipal. Su principal objetivo es fomentar la reutilización de recursos hídricos no convencionales en ámbitos urbanos, agrícolas, industriales y recreativos, garantizando su seguridad sanitaria y ambiental. A través de esta ordenanza, el Ayuntamiento de

Calvià define una línea estratégica alineada con la sostenibilidad de los recursos hídricos y la economía circular, reduciendo la presión sobre los recursos convencionales y promoviendo un modelo de gestión más eficiente del agua.

Este reglamento es un ejemplo de herramienta en clave de adaptación al cambio climático y la optimización del ciclo del agua, alineándose con las mejores prácticas internacionales y las normativas europeas. La ordenanza regula el suministro, distribución y control de calidad del agua regenerada, estableciendo criterios claros para su uso y supervisión. Además, promueve la sensibilización ciudadana y la colaboración público-privada, asegurando que tanto instituciones como empresas y particulares contribuyan activamente a un consumo más racional y sostenible del agua.

La ordenanza de Calvià se posiciona como un referente dentro de este tipo de normas a nivel nacional, al desarrollar un marco normativo innovador que podría servir de modelo para otras ciudades con retos similares. Su implementación permite aprovechar el agua regenerada como un recurso estratégico en la planificación urbana, disminuyendo el impacto ambiental y garantizando una mayor resiliencia hídrica para el futuro.

Observatorio del Agua de Terrassa

<https://www.oat.cat/>



El Observatorio del Agua de Terrassa (OAT) es un proyecto impulsado por el Parlamento Ciudadano y el movimiento social de la ciudad.

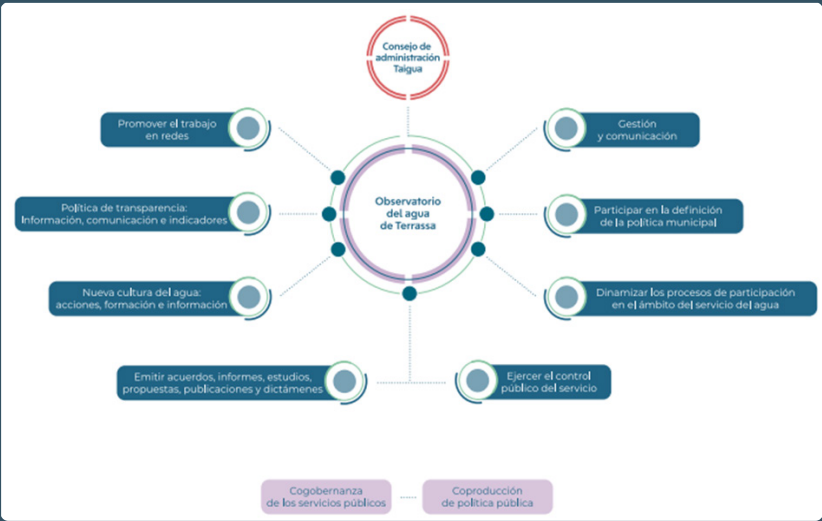
El OAT es un órgano participativo municipal que tiene un funcionamiento autónomo. Fue creado por el Pleno Municipal del Ayuntamiento en julio de 2018 y se constituyó en su primera reunión de 20 de febrero de 2019.

En Observatorio se pone en marcha con la voluntad política de mejorar la gobernanza de la ciudad profundizando en la participación, la colaboración y la concertación con la ciudadanía y los agentes sociales. Se trata de un nuevo espacio de participación, creado con el objetivo de definir una nueva cultura de la participación ciudadana en la gestión de los bienes comunes de la ciudad y se convierte, por tanto, en un reto democrático, social y político.

El OAT promueve unos valores del agua que se concretan a asumirla como una responsabilidad pública, como un bien natural esencial e indispensable para la vida y sus ecosistemas, y como un derecho humano que debe garantizarse a todas las personas. El agua es un recurso compartido con la naturaleza y debemos hacer un uso responsable y sostenible, es un recurso escaso y lo será más en el contexto de cambio climático, y es un bien común que no puede ser tratado como una mercancía. Necesitamos para la ciudad una nueva cultura del agua construida sobre estos valores.

El Observatorio está formado por el Plenario, máximo órgano de gobierno de la OAT y de expresión de la corresponsabilidad entre el mundo social, político y técnico en el servicio del agua, que es donde se toman los acuerdos, la Comisión Permanente, que es el órgano ejecutivo, encargado de dirigir, coordinar y controlar el funcionamiento de la OAT para la consecución de su objetivo y el desarrollo de sus funciones y los grupos de trabajo, que son espacios abiertos a la máxima participación ciudadana, y podrán incorporar a las entidades, colectivos y ciudadanía a título individual que tengan interés en debatir y reflexionar sobre el ámbito que se ponga.

Además, el Observatorio se apoya en dos redes de colaboración, la Mesa Investigación, que es una red abierta dedicada a la investigación aplicada y colaborativa, integrada por personas del mundo académico, del activismo social y del mundo técnico y profesional, creada para la colaboración con la OAT en el desarrollo de sus objetivos y tareas y la Mesa Ciudadanía, que es una red que reúne a las entidades sociales que colaboran en el desarrollo del proyecto del Observatorio.



Plan Depura, Badajoz

<https://plandepura.es/>

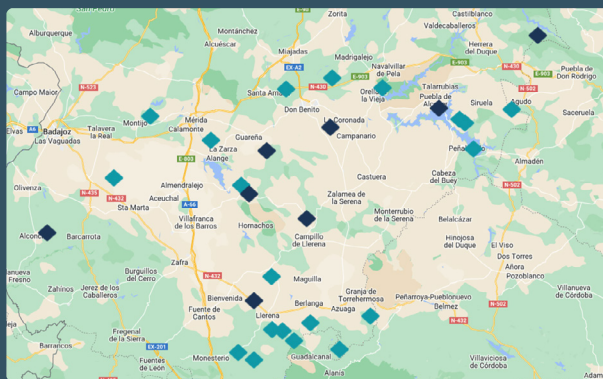


El Plan Depura es una iniciativa liderada por la Diputación de Badajoz y PROMEDIO que persigue dotar de depuración a 74 aglomeraciones urbanas de menos de 1.000 habitantes, que ahora vierten sus aguas a cauce público sin ningún tratamiento. Se trata de una inversión estratégica que hará que la provincia pacense sea una de las primeras de España en lograr la plena depuración de sus aguas.

El Plan contempla cuatro tecnologías para la depuración:

- Humedales artificiales: para la eliminación de residuos de las aguas residuales a través de procesos naturales.
- Contactores biológicos rotativos: sistema de tratamiento biológico de aguas a través de biodiscos.
- Reactores compactos de aireación prolongada: tratamiento biológico de las aguas residuales en condiciones aerobias.
- Reactores secuenciales (SBR): tratamiento biológico en un único depósito para realizar procesos de fangos activados.

Con el Plan, se espera reducir los vertidos a los ríos y pequeños arroyos, que dejarán de recibir los 4.000 kilos de materia orgánica, 500 kilos de nitrógeno y 50 kilos de fósforo que acumulan ahora cada día.



Los SUDS en Barcelona: hacia una gestión resiliente y sostenible del agua pluvial

https://bcnroc.ajuntament.barcelona.cat/jspui/bitstream/11703/112398/1/20180401_PLARHAB_Estudi%20SUDS.pdf



El Ayuntamiento de Barcelona, a través de su Institut Municipal d'Urbanisme, ha impulsado una estrategia avanzada de gestión sostenible del agua pluvial como parte esencial de su política de adaptación al cambio climático. El estudio “Aprovechamiento de aguas pluviales mediante SUDS” (2018) constituye el marco técnico y conceptual para la integración de los **Sistemas Urbanos de Drenaje Sostenible (SUDS)** en el planeamiento y diseño urbano de la ciudad.

En un contexto de urbanización densa, con crecientes retos derivados del cambio climático —episodios de lluvias intensas, saturación de redes de alcantarillado, estrés hídrico—, Barcelona apuesta por transformar su sistema de drenaje desde un modelo puramente evacuador hacia un enfoque descentralizado, multifuncional y resiliente.

Un cambio de paradigma en la gestión de las aguas pluviales

El estudio plantea una visión integral: no se trata solo de evacuar las aguas de forma rápida, sino de **retener, infiltrar, reutilizar y gestionar localmente los recursos hídricos**, incorporando soluciones basadas en la naturaleza dentro del entramado urbano. Este planteamiento favorece tanto la **adaptación climática** como la mejora de la calidad ambiental del espacio público.

La estrategia contempla la incorporación de los SUDS en diversos niveles del planeamiento municipal y su aplicación tanto en desarrollos urbanos nuevos como en la **reurbanización de espacios existentes**. De este modo, se pretende garantizar que la implantación de infraestructuras verdes de drenaje sea un elemento estructural del diseño urbano.

Soluciones adaptadas al contexto mediterráneo

El estudio identifica diversas tipologías de SUDS especialmente adecuadas para el tejido urbano y las condiciones climáticas de Barcelona:

- **Jardines de lluvia:** sistemas de bioretención que capturan y filtran in situ las aguas de escorrentía, permitiendo su infiltración gradual y mejorando su calidad.
- **Pavimentos permeables:** aplicados en aceras, plazas o áreas de aparcamiento, permiten la infiltración directa al subsuelo, reduciendo el volumen de escorrentía superficial.
- **Depósitos de retención:** sistemas de almacenamiento temporal que limitan los picos de caudal vertidos a la red de alcantarillado, fundamentales para mitigar el riesgo de inundaciones urbanas.
- **Cubiertas verdes:** techos ajardinados que retienen el agua de lluvia, disminuyen la escorrentía y aportan beneficios adicionales en confort térmico y biodiversidad urbana.

Cada tipología se analiza en detalle en cuanto a su **dimensionado, materiales, mantenimiento y adecuación a distintos tipos de espacio urbano**, garantizando su viabilidad y eficacia en el contexto local.

Integración normativa y planificación urbana

Uno de los aspectos más destacados del estudio es su enfoque en la integración normativa. Se propone la incorporación de los SUDS en los documentos de planeamiento municipal, estableciendo:

- **límites máximos de vertido** a la red convencional para nuevas urbanizaciones;
- **criterios de obligado cumplimiento** para operaciones de reurbanización;
- **ámbitos prioritarios** para la implantación de SUDS en espacios públicos y zonas verdes.

De este modo, se proporciona una base jurídica sólida para que los SUDS dejen de ser elementos excepcionales y pasen a formar parte del modelo estándar de urbanismo sostenible de la ciudad.

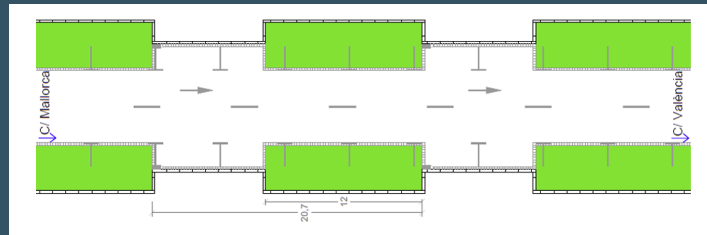


Figura 101: Planta de la propuesta para la C/ Lepanto, caso c) (Tipo 2).

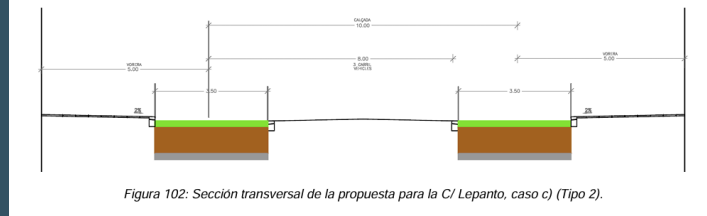


Figura 102: Sección transversal de la propuesta para la C/ Lepanto, caso c) (Tipo 2).

Beneficios ambientales y climáticos

El estudio subraya los múltiples beneficios que aporta esta estrategia:

- **Reducción de caudales pico** y prevención de inundaciones urbanas.
- **Mejora de la calidad del agua** gracias a procesos naturales de depuración.
- **Recarga de acuíferos** mediante infiltración controlada.
- **Contribución a la mitigación del efecto isla de calor urbano.**
- **Incremento de la biodiversidad urbana** y mejora del confort ambiental.

Estos efectos positivos hacen de los SUDS una herramienta clave para la adaptación urbana al cambio climático, y un componente esencial de una gestión integrada del ciclo del agua.

Conclusión

El estudio “*Aprovechamiento de aguas pluviales mediante SUDS*” proporciona un **modelo técnico y normativo de referencia** para la integración de infraestructuras verdes de drenaje en la ciudad de Barcelona. Su enfoque riguroso y adaptado al contexto mediterráneo convierte esta experiencia en una buena práctica de gran interés para otros entornos urbanos que buscan avanzar hacia sistemas de drenaje más sostenibles, resilientes y compatibles con los objetivos climáticos.

Reducción de la huella de carbono en Xabia

<https://amjasa.com/>



Amjasa, ha puesto en marcha una nueva estación fotovoltaica para autoabastecerse de energía. Se trata de la quinta instalación de este tipo y la de mayor tamaño. Tiene 120 paneles solares de 540 vatios en máximo de potencia, con lo que puede generar unos 64'8 kilovatios (97 200 kilovatios al año), y está instalada en el exterior de las oficinas de la empresa.

Esta estación genera suficiente energía para abastecer el bombeo de Adsubia-Cabanes, que es la que suministra el agua a unas 7.000 viviendas de las urbanizaciones del sur del municipio (Cap de la Nau; Ambo-lo, Portitxol, La Guardia; Granadella; Tosalet; Cansalades; Pinomar-Pinosol). De esta instalación también se nutren las oficinas y los cargadores de los vehículos (la mayor parte de la flota de la empresa es eléctrica).

Las distintas actuaciones de eficiencia energética han permitido que en los últimos diez años la factura eléctrica de la hídrica se reduzca a prácticamente un tercio (en 2011 se pagó en recibos de luz un total de 900.000 euros y en 2020 fueron 320.000 euros).



EMAYA impulsa la descarbonización del ciclo del agua

<https://www.emaya.es/energia/generacion/renovable/>

EMAYA, la empresa pública responsable de los servicios del ciclo integral del agua en Palma, ha emprendido una ambiciosa transformación energética con el objetivo de reducir de forma significativa su huella de carbono. A través de una apuesta decidida por la autosuficiencia energética y la descarbonización de sus procesos, ha incorporado diversas soluciones tecnológicas basadas en fuentes renovables y en la valorización energética de los residuos generados en sus propias instalaciones.



Empresa Municipal de
Agua y Alcantarillado de
Palma de Mallorca



Uno de los pilares fundamentales de esta estrategia es el impulso a la generación de energía solar fotovoltaica. EMAYA ha desplegado instalaciones solares en diversas infraestructuras clave, como los depósitos de Can Vairo, las cubiertas y pérgolas del complejo de Son Pachs, o en espacios municipales como Bon Sosec, Son Valentí y el área de protección animal. En conjunto, estas plantas suman una potencia instalada superior a los 1.400 kW, lo que permite cubrir una parte creciente del consumo eléctrico mediante energía limpia generada in situ. Gracias a estas instalaciones, se evita la emisión de más de mil toneladas de CO₂ al año.



A esta producción fotovoltaica se suma la valorización energética del biogás generado en la depuración de aguas residuales. En la EDAR de Sant Jordi, el biogás resultante del proceso de digestión anaerobia se convierte en electricidad mediante una planta de cogeneración de 2.100 kW de potencia, capaz de producir más de 10 millones de kWh anuales. Esta energía cubre el 85% de las necesidades eléctricas de la propia depuradora, reduciendo en torno a 5.350 toneladas las emisiones de dióxido de carbono al año.

Pero la estrategia de EMAYA no se limita al presente. La empresa ya trabaja en nuevos proyectos para ampliar su capacidad de generación renovable, con la instalación de campos solares en los terrenos de los sondeos del Pont d'Inca, y con planes para desplegar hasta 57 GWh adicionales en diversas dependencias municipales. Estas inversiones se acompañan del desarrollo de un sistema de almacenamiento energético en Son Pacs, con una capacidad de 1,73 MWh, que permitirá mejorar la gestión de la energía renovable generada.

El compromiso de EMAYA con la transición energética va aún más allá. Desde 2019, la entidad actúa también como comercializadora pública de energía, suministrando electricidad 100% renovable al conjunto de instalaciones municipales. Este modelo no solo garantiza un abastecimiento más limpio, sino que refuerza la soberanía energética de la ciudad y su alineación con los objetivos climáticos.

Por último, la apuesta por la sostenibilidad se traslada también al ámbito de la movilidad. EMAYA está desarrollando una red pública de recarga para vehículos eléctricos que alcanzará los 2.000 puntos, en un esfuerzo por fomentar una movilidad urbana más limpia y eficiente.

Gracias a este conjunto de iniciativas, Palma ha logrado cubrir ya el 40% del consumo energético municipal con fuentes renovables. EMAYA se posiciona así como un actor clave en la transición ecológica del territorio, integrando la gestión del agua con políticas activas de mitigación del cambio climático y descarbonización urbana.

Barcelona impulsa la reutilización de aguas grises

<https://ajuntament.barcelona.cat/transparencia/es/ordenanza-aguas-grises>



Barcelona ha iniciado un cambio normativo clave en la gestión urbana del agua con la aprobación inicial de una ordenanza específica para el aprovechamiento de aguas grises. Esta medida, impulsada por el Ayuntamiento, se enmarca en la estrategia de adaptación al cambio climático y refuerza el compromiso de la ciudad con un uso más eficiente y circular del recurso hídrico.



La ordenanza establece el marco normativo para la instalación obligatoria de sistemas de reutilización de aguas grises —procedentes principalmente de duchas y bañeras— en determinadas edificaciones. Su aplicación se centra en nuevas construcciones y grandes rehabilitaciones, así como en edificios de uso intensivo del agua, como hoteles, equipamientos deportivos y otras instalaciones con un consumo significativo.

Con esta iniciativa, Barcelona da un paso firme hacia la reducción del consumo de agua potable en usos no prioritarios, promoviendo la sustitución por agua regenerada en aplicaciones como la descarga de inodoros o el riego. El objetivo último es reducir la presión sobre los recursos hídricos convencionales,

aumentar la resiliencia del sistema urbano ante periodos de escasez y avanzar hacia una ciudad más autosuficiente en términos hídricos.

Aljarafesa impulsa el proyecto: “Agua inteligente, futuro sostenible”



En un contexto marcado por el cambio climático y la creciente presión sobre los recursos hídricos, la digitalización y la inteligencia artificial emergen como aliados fundamentales para garantizar una gestión eficiente y sostenible del agua. El proyecto GAIA, financiado por los fondos NextGenerationEU, representa una apuesta decidida de Aljarafesa por reforzar el modelo de gestión mancomunado en sistemas supramunicipales, aplicando las tecnologías más avanzadas para proteger entornos naturales de alto valor ecológico.

Aljarafesa, empresa pública encargada de la gestión del agua en la comarca del Aljarafe, está liderando este ambicioso proyecto de digitalización e innovación tecnológica que transforma la forma en que se gestiona el recurso vital: el agua.

Este proyecto pionero digitaliza todo el ciclo integral del agua, desde la captación hasta el vertido, mediante sensores inteligentes y sistemas de inteligencia artificial. Su objetivo es optimizar la gestión, anticipar incidencias, reducir pérdidas y garantizar el cumplimiento estricto de la normativa ambiental, especialmente en zonas protegidas. Además, GAIA fortalece la colaboración entre municipios, facilitando el acceso a tecnologías avanzadas a todos, independientemente de su tamaño.

Una de las claves del éxito de GAIA es su especial atención al cumplimiento de la normativa ambiental, especialmente en el control de vertidos en entornos sensibles como el Parque Nacional de Doñana y el corredor verde del río Guadimar. La inteligencia artificial permite anticipar y prevenir posibles incidencias, minimizando el impacto sobre estos ecosistemas protegidos.

El modelo mancomunado de Aljarafe, que agrupa a todos los municipios del Aljarafe sevillano, facilita la colaboración y el uso compartido de recursos y tecnologías avanzadas, permitiendo que localidades de distinto tamaño accedan a soluciones innovadoras que, de otro modo, serían inviables. Este enfoque colaborativo no solo mejora la eficiencia, sino que también garantiza la equidad territorial y la sostenibilidad a largo plazo.

De esta forma, los ciudadanos verán mejoras en la calidad y continuidad del servicio, con una gestión más eficiente que reduce pérdidas y optimiza el uso del agua. Además, al proteger ecosistemas como Doñana, contribuimos a preservar el entorno natural que forma parte de nuestra identidad y patrimonio. GAIA también nos permite ser más transparentes, ofreciendo información actualizada sobre la gestión del agua y fomentando la participación ciudadana.

El proyecto GAIA, financiado con fondos NextGenerationEU, es un ejemplo claro de cómo la digitalización y la inteligencia artificial pueden aplicarse para afrontar los retos del cambio climático, la escasez hídrica y la protección ambiental, asegurando un futuro sostenible.

Energías renovables y eficiencia energética

La sostenibilidad a largo plazo de los servicios de agua y saneamiento es una de las mayores responsabilidades de las administraciones y gestores públicos. No se trata solo de garantizar el acceso actual a agua suficiente y de calidad, sino de asegurar que las generaciones futuras también puedan disfrutar de este derecho fundamental, todo ello en un contexto de cambio climático que multiplica los retos y exige respuestas innovadoras, responsables y solidarias.

Aljarafe apuesta por la integración de energías limpias en el sector, con la instalación de parques fotovoltaicos en plantas potabilizadoras y depuradoras, lo que nos permite reducir nuestra huella ecológica y proteger a la ciudadanía de las fluctuaciones del mercado energético. En este sentido podemos decir que, Aljarafe ha reducido un 48% las emisiones de CO₂ desde 2017, gracias a la optimización energética y a la mejora continua de sus procesos e infraestructuras. Estas medidas no solo suponen un ahorro económico, sino que refuerzan la estabilidad y sostenibilidad del servicio a largo plazo.

ANEXO III

BIBLIOGRAFÍA

Adger, W. N. (2006). Vulnerability. *Global Environmental Change*, 16(3), 268–281. <https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2006.02.006>

Agencia Europea de Medio Ambiente. (2006). Conjunto básico de indicadores de la AEMA. Ministerio de Medio Ambiente; OPCE. https://www.miteco.gob.es/content/dam/mitesco/es/calidad-y-evaluacion-ambiental/publicaciones/ConjuntoBasicoIndicadores_tcm30-185692.pdf

Ahern, J. (2011a). From fail-safe to safe-to-fail: Sustainability and resilience in the new urban world. *Landscape and Urban Planning*, 100(4), 341–343. <https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2011.02.021>

Ahern, J. (2011b). From fail-safe to safe-to-fail: Sustainability and resilience in the new urban world. *Landscape and Urban Planning*, 100(4), 341–343. <https://doi.org/10.1016/J.LANDURBPLAN.2011.02.021>

Arrojo, P. (2022). Informe temático especial sobre el cambio climático y los derechos humanos al agua y al saneamiento.

Arrojo, P., & Del Moral, L. (2023). Impactos de la sobreexplotación y contaminación de las aguas subterráneas sobre el Derecho Humano al Agua. Perspectiva global y valoración de la situación en Andalucía. XI Simposio Del Agua En Andalucía.

Birkmann, J., Welle, T., Solecki, W., Lwasa, S., & Garschagen, M. (2016). Boost resilience of small and mid-sized cities. *Nature*, 537(7622), 605–608. <https://doi.org/10.1038/537605a>

Bowler, D. E., Buyung-Ali, L., Knight, T. M., & Pullin, A. S. (2010). Urban greening to cool towns and cities: A systematic review of the empirical evidence. *Landscape and Urban Planning*, 97(3), 147–155. <https://doi.org/10.1016/J.LANDURBPLAN.2010.05.006>

Brown, R. R., & Farrelly, M. A. (2009). Delivering sustainable urban water management: a review of the hurdles we face. *Water Science and Technology : A Journal of the International Association on Water Pollution Research*, 59(5), 839–846. <https://doi.org/10.2166/WST.2009.028>

Brown, R. R., Rogers, B. C., & Werbeloff, L. (2016). Moving Towards Water Sensitive Cities: A Guidance Manual for Strategists and Policy Makers. In *Cooperative Research Centre for Water Sensitive Cities* (Vol. 7, Issue 1). Cooperative Research Centre for Water Sensitive Cities Ltd. <https://research.monash.edu/en/publications/moving-towards-water-sensitive-cities-a-guidance-manual-for-strat>

Bush, J., & Doyon, A. (2019). Building urban resilience with nature-based solutions: How can urban planning contribute? *Cities*, 95. <https://doi.org/10.1016/j.cities.2019.102483>

Butler, D., Ward, S., Sweetapple, C., Astaraie-Imani, M., Diao, K., Farmani, R., & Fu, G. (2017a). Reliable, resilient and sustainable water management: the Safe & SuRe approach. *Global Challenges*, 1(1), 63–77. <https://doi.org/10.1002/gch2.1010>

Butler, D., Ward, S., Sweetapple, C., Astaraie-Imani, M., Diao, K., Farmani, R., & Fu, G. (2017b). Reliable, resilient and sustainable water management: the Safe & SuRe approach. *Global Challenges*, 1(1), 63–77. <https://doi.org/10.1002/gch2.1010>

Carr, E. R., & Thompson, M. C. (2014). Gender and Climate Change Adaptation in Agrarian Settings: Current Thinking, New Directions, and Research Frontiers. *Geography Compass*, 8(3), 182–197. <https://doi.org/10.1111/gec3.12121>

Cutter, S. L. (1996). Vulnerability to environmental hazards. *Progress in Human Geography*, 20(4), 529–539. <https://doi.org/10.1177/030913259602000407>

Davies, C., & Lafortezza, R. (2019). Transitional path to the adoption of nature-based solutions. *Land Use Policy*, 80, 406–409. <https://doi.org/10.1016/J.LAN-DUSEPOL.2018.09.020>

Del Moral, L. (2018). La revisión de la Directiva 98/83/CE relativa a la calidad de las aguas destinadas al consumo humano.

Doménech, Ignacio A., Anta, J., Perales-Momparler, S., & Rodríguez-Hernández, J. (2021). Sustainable Urban Drainage Systems in Spain: A Diagnosis. *Sustainability* 2021, Vol. 13, Page 2791, 13(5), 2791. <https://doi.org/10.3390/SU13052791>

European Commission. (2015). Towards an EU research and innovation policy agenda for nature-based solutions & re-naturing cities. Final report of the Horizon 2020 expert group on “Nature-based solutions and re-naturing cities.” Publications Office of the European Union. <https://data.europa.eu/doi/10.2777/479582>

Ferguson, B. C., Frantzeskaki, N., & Brown, R. R. (2013). A strategic program for transitioning to a Water Sensitive City. *Landscape and Urban Planning*, 117, 32–45. <https://doi.org/10.1016/J.LANDURBPLAN.2013.04.016>

Fletcher, S. M., Miotti, M., Swaminathan, J., Klemun, M. M., Strzepek, K., & Siddiqi, A. (2017). Water Supply Infrastructure Planning: Decision-Making Framework to Classify Multiple Uncertainties and Evaluate Flexible Design. *Journal of Water Resources Planning and Management*, 143(10), 04017061. [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)WR.1943-5452.0000823](https://doi.org/10.1061/(ASCE)WR.1943-5452.0000823)

Franco-Torres, M., Kvålshaugen, R., & Ugarelli, R. M. (2021). Understanding the governance of urban water services from an institutional logics perspective. *Utilities Policy*, 68, 101159. <https://doi.org/10.1016/J.JUP.2020.101159>

Frantzeskaki, N., Borgström, S., Gorissen, L., Egermann, M., Ehnert, F., Frantzeskaki, N., Borgström, S., Gorissen, L., Egermann, M., & Ehnert, F. (2017). Nature-Based Solutions Accelerating Urban Sustainability Transitions in Cities: Lessons from Dresden, Genk and Stockholm Cities. *Theory and Practice of Urban Sustainability Transitions*, 65–88. https://doi.org/10.1007/978-3-319-56091-5_5

Frantzeskaki, N., & McPhearson, T. (2022). Mainstream Nature-Based Solutions for Urban Climate Resilience. *BioScience*, 72(2), 113-115. <https://doi.org/10.1093/BIOSCI/BIABI05>

Guerrero, J. J., Caceres, F., Giménez de Azcarate, F., & Moreira, J. M. (2016). Servicios de regulación climática aportados por la vegetación urbana a la Ciudad de Córdoba. 1a Parte: Fundamentos y Metodología (REDIAM. Consejería de Medio Ambiente y Ordenación del Territorio., Ed.). Junta de Andalucía. . https://www.juntadeandalucia.es/medioambiente/portal/documents/20151/401014/servicios_regulacion_clima_vege.pdf/d1a1d99e-c772-1b8b-1ee4-6b82d-f97a1a8?t=1459248396000

Gutiérrez, L., García, G., & García, I. (2017). ‘Soluciones Naturales’ para la adaptación al cambio climático en el ámbito local de la Comunidad Autónoma del País Vasco (S. P. de G. Ambiental. G. Vasco. Ihobe, Ed.).

IPCC. (2014). Cambio climático 2014: Informe de síntesis. Contribución de los Grupos de trabajo I, II y III al Quinto Informe de Evaluación del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático.

IPCC. (2022). Climate Change 2022: Impacts, Adaptation and Vulnerability | Climate Change 2022: Impacts, Adaptation and Vulnerability. <https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg2/>

Juvillà Ballester, E. (Coord.). (2019). Renaturalización de la ciudad (Área de Territorio y Sostenibilidad de la Diputación de Barcelona, Ed.; Colección Estudios.). Diputación de Barcelona. .

Kabisch, N., Korn, H., Stadler, J., & Bonn, A. (2017). Theory and Practice of Urban Sustainability Transitions Nature-based Solutions to Climate Change Adaptation in Urban Areas. <http://www.springer.com/series/13408>

Lara, Á. (2018). Agua y espacio habitado : propuestas para la construcción de ciudades sensibles al agua. Universidad de Sevilla.

Lara, Á., & Moral, L. del. (2022). Nature-Based Solutions to Hydro-Climatic Risks: Barriers and Triggers for Their Implementation in Seville (Spain). *Land*, 11(6), 868. <https://doi.org/10.3390/land11060868>

Liquete, C., Udias, A., Conte, G., Grizzetti, B., & Masi, F. (2016). Integrated valuation of a nature-based solution for water pollution control. Highlighting hidden benefits. *Ecosystem Services*, 22, 392–401. <https://doi.org/10.1016/J.ECOSER.2016.09.011>

Madrid, C., Cabello, V., & Giampietro, M. (2013). Water-Use Sustainability in Socioecological Systems: A Multiscale Integrated Approach. *BioScience*, 63(1), 14–24. <https://doi.org/10.1525/BIO.2013.63.1.6>

Millennium Ecosystem Assessment. (2005). *Ecosystems and Human Well-being: Synthesis*. (Island Press). <https://www.millenniumassessment.org/documents/document.356.aspx.pdf>

Nikolopoulos, D., Kossieris, P., Tsoukalas, I., & Makropoulos, C. (2022). Stress-Testing Framework for Urban Water Systems: A Source to Tap Approach for Stochastic Resilience Assessment. *Water*, 14(2), 154. <https://doi.org/10.3390/w14020154>

OECC. (2022). Cambio Climático: Impactos, Adaptación y Vulnerabilidad GUÍA RESUMIDA DEL SEXTO INFORME DE EVALUACIÓN DEL IPCC GRUPO DE TRABAJO II. https://www.miteco.gob.es/content/dam/miteco/es/cambio-climatico/temas/impactos-vulnerabilidad-y-adaptacion/ipcc-guia-resumida-gt2-imp-adap-vuln-ar6_tcm30-548667.pdf

Özerol, G., Dolman, N., Bormann, H., Bressers, H., Lulofs, K., & Böge, M. (2020). Urban water management and climate change adaptation: A self-assessment study by seven midsize cities in the North Sea Region. *Sustainable Cities and Society*, 55, 102066. <https://doi.org/10.1016/J.SCS.2020.102066>

Pita López, M. F., Moral Ituarte, L. del, Pedregal Mateos, B., Limones Rodríguez, N., & Hernández Mora, N. (2014). Nuevos paradigmas en la gestión de recursos y riesgos hídricos: datos e información necesarios para una gestión integrada del agua. *Boletín de La Asociación de Geógrafos Españoles*, 65, 519–542. <http://hdl.handle.net/11441/36612>

Saurí, D. (2003). Tendencias recientes en el análisis geográfico de los riesgos ambientales. *AREAS. Revista de Ciencias Sociales*, 23(Los procesos de riesgo con origen natural: una constante en la relación entre hombre y medio), 17–30.

Schmidt, G., Martínez, J., Hernández-Mora, N., De Stefano, L., García Bautista, A., & Sánchez, L. (2022). La protección de las fuentes del abastecimiento doméstico del agua en España. Retos y propuestas a partir de casos de estudio de pequeñas poblaciones.

Sharma, A., Pezzaniti, D., Myers, B., Cook, S., Tjandraatmadja, G., Chacko, P., Chavoshi, S., Kemp, D., Leonard, R., Koth, B., & Walton, A. (2016). Water Sensitive Urban Design: An Investigation of Current Systems, Implementation Drivers, Community Perceptions and Potential to Supplement Urban Water Services. *Water*, 8(7), 272. <https://doi.org/10.3390/w8070272>

Short, M. D., Peirson, W. L., Peters, G. M., & Cox, R. J. (2012). Managing adaptation of urban water systems in a changing climate. *Water Resources Management*, 26(7), 1953–1981. <https://doi.org/10.1007/S11269-012-0002-8/METRICS>

Stakhiv, E. Z. (2011). Pragmatic Approaches for Water Management Under Climate Change Uncertainty1. JAWRA Journal of the American Water Resources Association, 47(6), 1183–1196. <https://doi.org/10.1111/J.1752-1688.2011.00589.X>

Suárez López, J., Puertas, J., Anta, J., Jacome Burgos, J.-A., & Álvarez Campana, J. M. (2014). Integrated management of water resources in urban water system: Water Sensitive Urban Development as a strategic approach. Ingeniería Del Agua, ISSN 1134-2196, Vol. 18, No. 1, 2014, Págs. 111-123, 18(1), 111-123. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=4820619&info=resumen&idioma=SPA>

Yang, B., & Lee, D. (2021). Urban Green Space Arrangement for an Optimal Landscape Planning Strategy for Runoff Reduction. Land 2021, Vol. 10, Page 897, 10(9), 897. <https://doi.org/10.3390/LAND10090897>

ANEXO IV

ACRÓNIMOS

AEMET	Agencia Estatal de Meteorología.
CC-CUA	Cambio Climático - Ciclo Urbano del Agua.
CEE	Comunidad Económica Europea.
DMA	Directiva Marco del Agua.
DAP	Directiva de Aguas Potables.
DHAS	Derecho Humano al Agua y el Saneamiento.
EUCRA	Evaluación de los Riesgos Climáticos Europeos (European Climate Risk Assessment por sus siglas en inglés).
EDAR	Estación Depuradora de Aguas Residuales.
EBAP	Estación de Bombeo de Aguas Pluviales.
EMASESA	Empresa Metropolitana de Abastecimiento y Saneamiento de Aguas de Sevilla.
GEI	Gases de Efecto Invernadero.
GIAU	Gestión Integrada de Aguas Urbanas.
GIRH	Gestión Integrada de Recursos Hídricos.

IPCC	Panel Intergubernamental sobre Cambio Climático (Intergovernmental Panel on Climate Change, en inglés).
MITECO	Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico.
ODS	Objetivos de Desarrollo Sostenible.
OECC	Oficina Española de Cambio Climático.
ONU	Organización de Naciones Unidas.
PEM	Plan de Emergencia por Sequía.
PERTE	Proyecto Estratégico para la Recuperación y Transformación Económica.
PIGSS	Plan Integral de Gestión del Sistema de Saneamiento.
Plan DSEAR	Plan Nacional de Depuración, Saneamiento, Eficiencia, Ahorro y Reutilización.
PLAR	Plan Local de Aguas Regeneradas.
PNACC	Plan Nacional de Adaptación al Cambio Climático.
PSA	Plan Sanitario del Agua.

RD	Real Decreto.
SbN	Soluciones Basadas en la Naturaleza.
SUDS	Sistemas Urbanos de Drenaje Sostenible.
UE	Unión Europea.
WSUD	Diseño Urbano Sensible al Agua (WSUD en inglés).

ANEXO V

ÍNDICE DE TABLAS Y FIGURAS

V.I. Índice de tablas

Tabla 1. Ejemplos de factores de vulnerabilidad e impactos de cada uno de los riesgos hidrológicos.	25
Tabla 2. Relación de peligros, grupos de impacto e interacciones de las inundaciones con los sistemas de agua urbana.	41
Tabla 3. Relación de peligros, grupos de impacto e interacciones de las sequías y la escasez con los sistemas de agua urbana.	43
Tabla 4. Relación de peligros, grupos de impacto e interacciones de las temperaturas extremas y las olas de calor con los sistemas de agua urbana.	46
Tabla 5. Principales líneas de acción del PNACC relacionadas con los sistemas de agua urbana.	68
Tabla 6. Principales metas de la Estrategia relacionadas con los sistemas de agua urbana.	68
Tabla 7. Principales objetivos del Plan DSEAR relacionados con la adaptación del ciclo urbano.	69
Tabla 8. Principales objetivos de las orientaciones estratégicas relacionadas con la adaptación del ciclo urbano	70
Tabla 9. Ideas claves del marco estratégico de adaptación de los sistemas de agua urbana al cambio climático.	71

Tabla 11. Objetivos de adaptación al cambio climático de los sistemas de agua urbana.	83
Tabla 12. Orientaciones estratégicas de adaptación de los sistemas de agua urbana al cambio climático.	92
Tabla 13. Orientaciones estratégicas de adaptación de carácter transversal relacionadas con los sistemas de agua urbana.	93
Tabla 14. Marco competencial del sistema de agua urbana y su relación con el cambio climático.	100
Tabla 15. Acciones del objetivo de protección de la salud de las personas relacionadas con el agua. PESMA, 2022.	225
Tabla 16. en el contenido del Proyecto Estratégico para la Recuperación y la transformación Económica (PERTE) Digitalización del ciclo del agua.	231
Tabla 17. Principales consideraciones del Acuerdo de París relacionadas con los sistemas urbanos de agua.	240

V.II. Índice de figuras

Figura 1. Orientaciones de la Guía de Adaptación al Cambio Climático en el Ciclo Urbano del Agua. Elaboración propia.	14
Figura 2 y 3. Esquemas explicativos de los componentes del riesgo. Fuente: IPCC (AR5, 2014) / (AR6, 2022).	22
Figura 4. Componentes del riesgo frente al cambio climático. Fuente: adaptado de Martín y Paneque (2022).	23
Figura 5. Evolución de las emisiones futuras. Fuente: Elaboración propia a partir de la Guía Resumida del Sexto Informe de Evaluación del IPCC, Grupo I.	28
Figura 6. Imagen superior: Evolución del número de noches tropicales en la península ibérica 2040-2100. Cordex -EUR-II-Climatology-RCP8.5. Fuente: Atlas Climático Interactivo Copernicus y elaboración propia. Imagen inferior: Evolución de la evapotranspiración entre 2040-2100 en la España peninsular y las Islas Baleares. Cordex -EUR-II-Climatology-RCP8.5. Fuente: Visor de escenarios de cambio climático de la Adaptatecca y elaboración propia.	29
Figura 7. Impactos observados del cambio climático en sistemas humanos. Fuente: Elaboración propia a partir del Informe Grupo de Trabajo II del IPCC (2022).	30
Figura 8. Factores climáticos que impulsan la sequía, efectos sobre la disponibilidad de agua e impactos. Adaptado del adaptado del Sexto Informe IPCC, 2021.	32

Figura 9. Principales interacciones e impactos del cambio climático en los grupos de evaluación del Sexto Informe del IPPC (AR6) y sus vínculos con el agua. Elaboración propia.	35
Figura 10. Relaciones de los riesgos hidroclimáticos con el sistema de agua urbana. Elaboración propia.	38
Figura 11. Transición hacia el modelo de gestión resiliente del cambio climático: clima, ecosistemas y sociedad como sistemas acoplados. Fuente: Elaboración propia a partir del Informe Grupo de Trabajo II del IPCC (2022).	49
Figura 12. Transición a la gestión resiliente mediante la aplicación del marco FPSIR a la gestión de riesgos hidroclimáticos.	52
Figura 13. Esquema del proceso de diseño de un marco de actuación para la adaptación de los sistemas de agua urbana al cambio climático.	106
Figura 14. Fuente diseñada por Aguas de Cádiz para facilitar el acceso al agua en el espacio público de la ciudad, siguiendo un estudio de movilidad que determina los puntos de mayor concurrencia para cubrir al mayor número de viandantes con el menor número posible de fuentes. Un estudio realizado por Aguas de Cádiz en colaboración con AEOPAS.	122
Figura 15. Imagen realizada por Inteligencia Artificial para ponencias de AEOPAS.	175

Figura 16. Noticia de prensa aparecida en el diario El País. https://elpais.com/cultura/2022-10-11/amsterdam-se-hunde-por-la-sequia-pero-el-rijksmuseum-se-salva.html .	182
Figura 17. Noticia de prensa aparecida en dirio digital alemán Tagesschau. https://www.tagesschau.de/wissen/niedrigwasser-oekosystem-100.html	184
Figura 18. Noticia aparecida en el diario italiano Corriere del Sera. https://corrieredelveneto.corriere.it/notizie/venezia-mestre/cronaca/23_febbraio_15/venezia-a-secco-canali-e-rii-ora-si-svuotano-772c46fe-ac94-11ed-8eec-aa70e165bee3.shtml	186
Figura 19. Estado o potencial ecológico de las masas de agua superficial de media de la Unión Europea (Informe seguimiento 3er ciclo de planificación, Comisión Europea, 2025).	189
Figura 20. Algunos de los Planes de Gestión de Riesgo por Sequía elaborados por AEOPAS.	193
Figura 21. Marco teórico conocido como “cultural theory of risk”, elaborado por la antropóloga Mary Douglas y Michael Thompson.	198
Figura 22. Esquema de co-creación aplicado a los entornos urbanos.	201
Figura 23. Esquema del ODS 6. Fuente. Elaboración propia a partir de informes de la ONU.	214

	Página
Figura 24. Líneas de acción del Pacto Verde.	217
Figura 25. Ejes de acción del Plan de Recuperación, Transformación y Resiliencia (PRTR). Fuente, PRTR.	231
Figura 26. Instrumentos de las orientaciones estratégicas. Fuente. Orientaciones Estratégicas agua y cambio climático. Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico (MITERD).	236

Con la colaboración especial del:

