

Tema 14: Adaptación al cambio climático en la Planificación Hidrológica

Situación actual

El cambio climático se ha consolidado como uno de los principales desafíos ambientales, sociales y económicos del siglo XXI, con efectos directos sobre los recursos hídricos, los ecosistemas acuáticos y los usos del agua en la Demarcación del Cantábrico Occidental (DHCOc en lo sucesivo). El calentamiento global, impulsado principalmente por la actividad humana y el uso de combustibles fósiles está generando alteraciones significativas en los ecosistemas fluviales de la región. En esta demarcación, el aumento de las temperaturas y los cambios en los patrones de precipitación afectan directamente al caudal de los ríos, modificando sus características físicas, la calidad del agua y los hábitats y especies que dependen de ellos. Frente a estos retos, la planificación hidrológica se convierte en una herramienta clave para anticipar, diagnosticar y mitigar los efectos del cambio climático, garantizando la seguridad hídrica, la protección de la biodiversidad y la sostenibilidad de las actividades socioeconómicas dependientes del agua en la región.

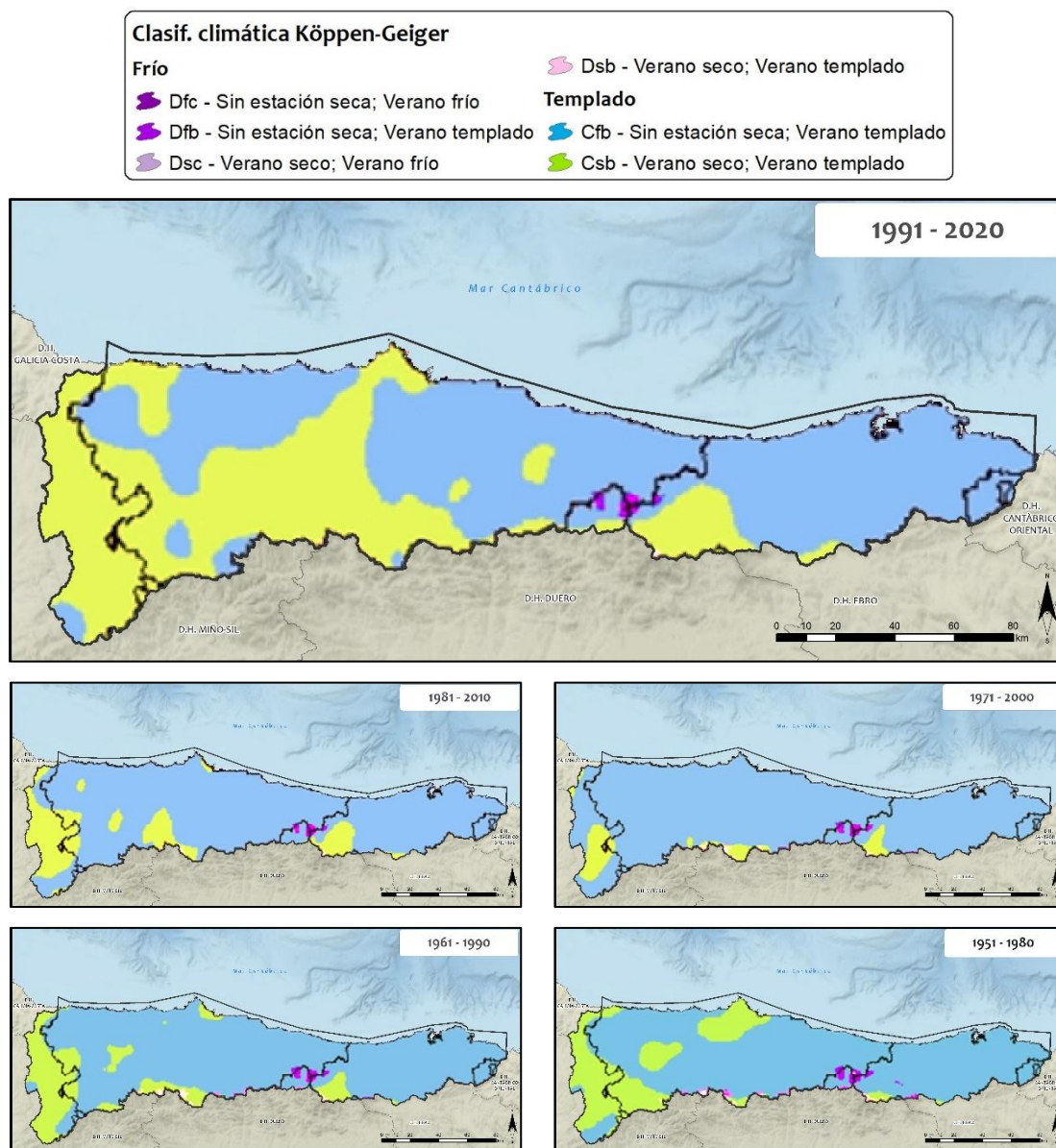


Figura 10.1. Clasificación climática Köppen-Geiger (Fuente: Chazarra Bernabé, A. *et al* (2022))

La clasificación climática de Köppen-Geiger se basa en la relación entre el clima y la distribución de la vegetación, definiendo tipos climáticos a partir de los valores medios mensuales y anuales de temperatura y precipitación y estableciendo umbrales para su identificación. Su relativa facilidad de cálculo y la buena correlación existente entre los tipos de clima definidos y la distribución de la vegetación natural han favorecido que sea una de las clasificaciones climáticas más sencillas de aplicar e interpretar.

Los resultados del análisis llevado a cabo por Chazarra Bernabé, A. *et al* (2022) evidencian una progresiva expansión de los climas áridos y un retroceso de los climas templados y fríos en España durante el periodo estudiado. Estos resultados sintetizan los efectos del calentamiento global observado en las últimas décadas en la distribución de los climas en nuestro territorio.

El análisis de la evolución climática en la DHCOc muestra una clara reducción de la superficie bajo clima frío, que queda restringida a las cotas más altas de la Cordillera Cantábrica. En el resto del territorio predomina el clima templado, que se diferencia en dos variantes principales: templado con veranos secos y templado sin estación seca. Los resultados evidencian un avance del clima con veranos secos en zonas como el occidente y centro de Asturias, el suroccidente de Cantabria y parte de Lugo. Un aspecto llamativo del análisis es que la superficie con veranos secos resulta más extensa en los periodos 1951–1980 y 1961–1990 que en 1971–2000, donde se observa un retroceso, si bien la tendencia posterior (1991–2020) muestra de nuevo un avance claro de este régimen climático. Esta oscilación intermedia puede explicarse por la fuerte variabilidad climática natural de la cornisa cantábrica y la influencia moduladora de factores atlánticos.

1. Marco normativo y antecedentes

La integración del cambio climático en la planificación hidrológica responde a un marco normativo en evolución, tanto a nivel europeo como nacional. La **Ley 7/2021, de cambio climático y transición energética**, y la modificación del **Reglamento de Planificación Hidrológica (Real Decreto 1159/2021, RPH en lo sucesivo)** establecen la obligatoriedad de desarrollar **estudios específicos de adaptación al cambio climático** en cada demarcación hidrográfica. Estos estudios deben evaluar los riesgos asociados al cambio climático mediante escenarios climáticos e hidrológicos, el análisis de impactos y la definición de medidas de adaptación, todo ello en el marco de una **evaluación estructurada de riesgos**.

La normativa nacional se alinea con los recientes desarrollos normativos de la Unión Europea. La **Estrategia Europea de Adaptación al Cambio Climático (2021)** y la **guía europea sobre gestión de cuencas en un clima cambiante ("River basin management in a changing climate", EC, 2024)**, establecen directrices para incorporar la adaptación al cambio climático en la gestión del agua bajo las principales directivas europeas: la **Directiva Marco del Agua (2000/60/CE)**, la **Directiva de Inundaciones (2007/60/CE)**, la **Directiva de aguas potables (UE 2020/2184)** y la **Directiva sobre aguas residuales urbanas (UE 2024/3019)**.

Este marco normativo integrador reconoce el papel esencial de la planificación hidrológica como herramienta para abordar los efectos del cambio climático de forma transversal y multisectorial. En particular, se subraya la importancia de aplicar el **enfoque de evaluación de riesgos** como metodología básica para priorizar actuaciones de adaptación basadas en criterios de exposición, vulnerabilidad y resiliencia.

2. La planificación hidrológica como instrumento de adaptación

Desde su tercera revisión, los planes hidrológicos en España han comenzado a integrar de forma progresiva el análisis de los efectos del cambio climático. El **Libro Blanco del Agua en España (2000)** ya introdujo escenarios climáticos sintéticos preliminares para evaluar la evolución de los recursos hídricos. A partir de entonces, y con la aprobación del **RPH** y la **Instrucción de Planificación Hidrológica (Orden ARM/2656/2008)**, se estableció la necesidad de incorporar el cambio climático en la estimación de recursos, demandas y balances hídricos, así como en el diseño de caudales ecológicos y en la definición de medidas de seguimiento.

La modificación del RPH en 2021 introduce un nuevo artículo (4 bis) que refuerza esta integración al exigir la elaboración de un **estudio específico de adaptación al cambio climático** en cada ciclo de planificación. Estos estudios deben analizar:

- Los **escenarios climáticos e hidrológicos** proyectados,
- La **exposición y vulnerabilidad** de los ecosistemas acuáticos y los usos del agua,
- Y las **medidas de adaptación** necesarias para reducir riesgos e incrementar la resiliencia.

De acuerdo con la Ley 7/2021, los planes hidrológicos deben incluir expresamente los **riesgos derivados de impactos previsible sobre los regímenes hidrológicos**, los **acuíferos**, la **frecuencia de eventos extremos** (avenidas, sequías), el **aumento de la temperatura del agua** y el **ascenso del nivel del mar**, con especial atención a sus efectos sobre:

- La garantía de los abastecimientos,
- Los ecosistemas acuáticos y terrestres asociados,
- Las actividades económicas (agrícolas, industriales, energéticas),
- La salud humana y los usos recreativos.

La misma ley introduce la **Estrategia del Agua para la Transición Ecológica** como instrumento programático de referencia para orientar la acción de las administraciones públicas en la adaptación hídrica al cambio climático. Asimismo, establece como prioridades:

- La identificación de los usos del agua que deban adaptarse a los recursos disponibles futuros,
- La incorporación de soluciones basadas en la naturaleza (SBN),
- La mejora del conocimiento mediante programas de seguimiento continuo,
- La integración de los impactos del cambio climático en todas las fases de la planificación hidrológica.

3. Evaluación de riesgos climáticos en la planificación hidrológica

Los estudios específicos de adaptación al cambio climático constituyen el principal instrumento metodológico para abordar los riesgos climáticos en las demarcaciones hidrográficas. La **Guía metodológica 2025** establece que estos estudios deben analizar los escenarios climáticos más relevantes (como SSP2-4.5 y SSP5-8.5), considerando horizontes a **medio plazo (2041–2070)** y **largo plazo (2071–2100)**. El objetivo es anticipar impactos y proponer medidas de adaptación específicas, que puedan incorporarse progresivamente en los sucesivos ciclos de planificación (horizontes 6 y 12 años).

Los principales riesgos a evaluar incluyen:

- La **reducción de recursos hídricos** disponibles, tanto superficiales como subterráneos.
- El **incremento en la frecuencia e intensidad de sequías e inundaciones**, que comprometen la seguridad hídrica y la integridad ecológica.
- La **alteración de los ecosistemas acuáticos** por el aumento de temperaturas y la estratificación térmica, con consecuencias sobre la oxigenación y la biodiversidad.
- La **salinización y afectación de acuíferos costeros** por ascenso del nivel del mar.
- El **deterioro de la calidad del agua** por concentración de contaminantes, procesos de eutrofización y alteración de procesos geoquímicos.

Estas amenazas exigen una evaluación sistemática de la **vulnerabilidad y resiliencia** de los sistemas hídricos, incorporando indicadores físicos, ecológicos y socioeconómicos. La **metodología híbrida de evaluación de riesgos**, promovida por el Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico (MITECO), permite combinar enfoques cuantitativos y cualitativos, basados en datos y en el juicio experto, para priorizar medidas y orientar la toma de decisiones.

Junto a estos efectos sobre los ecosistemas y los recursos, el cambio climático incide también en la gestión de las infraestructuras urbanas del agua. Uno de los impactos más evidentes en la DHCOc es la **mayor**

concentración temporal y espacial de las precipitaciones, que se traduce en **episodios de lluvia intensa de corta duración**. Este patrón, ya detectado en las series hidrometeorológicas recientes, genera **sobrecargas puntuales en los sistemas de saneamiento unitarios**, con el consiguiente **aumento de los vertidos por alivio y desbordamiento** hacia los cauces y zonas litorales.

Estas incidencias comprometen la calidad del agua, la capacidad depurativa de las estaciones de tratamiento y la consecución de los objetivos ambientales de las masas receptoras, especialmente en entornos urbanos y estuarinos.

Para hacer frente a este riesgo, resulta prioritario **impulsar la elaboración y actualización de los Planes Integrales de Gestión del Sistema de Saneamiento (PIGSS)**, incorporando en ellos criterios de adaptación al cambio climático y análisis de capacidad hidráulica bajo escenarios de intensificación de lluvias. Estos planes deben permitir una gestión dinámica y preventiva del sistema, integrando la digitalización, los sistemas de alerta y el control de desbordamientos en tiempo real, en coherencia con los objetivos de la nueva Directiva (UE) 2024/3019 sobre tratamiento de aguas residuales urbanas.

De acuerdo con el nuevo marco regulatorio, el cuarto ciclo de planificación incorpora, desde su inicio, la obligación legal establecida en el artículo 4 bis del RPH de que cada demarcación elabore un estudio específico de adaptación a los riesgos del cambio climático, que sirva de soporte técnico y metodológico a la planificación.

Estos estudios comparten un contenido mínimo común: la caracterización climática e hidrológica a medio y largo plazo, la selección de escenarios y definición del escenario hidrometeorológico probable, la identificación de impactos, exposición y vulnerabilidad, la evaluación de riesgos, y un catálogo de medidas orientadas a reducir la exposición y vulnerabilidad e incrementar la resiliencia.

Para asegurar la consistencia y trazabilidad entre demarcaciones, estos trabajos se apoyan en tres referencias elaboradas bajo la coordinación de la **Oficina Española de Cambio Climático (OECC)**:

- la *Guía de Evaluación de Riesgos* (2023), centrada en el lenguaje común, las incertidumbres y los riesgos en cascada;
- la *Guía específica para planificación hidrológica* (2025), que desarrolla el tratamiento sectorial; y
- la *Evaluación de Riesgos e Impactos del Cambio Climático en España* (ERICC, 2025), que identifica riesgos clave y analiza riesgos complejos.

El marco conceptual del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre Cambio Climático (IPCC) orienta todo el proceso, considerando que el riesgo resulta de la interacción entre peligro, exposición y vulnerabilidad. En el ámbito hidrológico, los peligros incluyen los cambios térmicos y pluviométricos, las sequías, las precipitaciones extremas y el ascenso del nivel del mar.

Bajo este enfoque, el cambio climático deja de tratarse como un tema aislado para **integrarse transversalmente en todos los Temas Importantes** del Esquema Provisional (EpTI). Cada uno de ellos se evalúa bajo una perspectiva de riesgo climático, definiendo condicionantes de coherencia (asignaciones, garantías) y criterios de priorización de medidas, en los que se favorece la gestión de la demanda, las soluciones basadas en la naturaleza (restauración fluvial, recuperación de llanuras de inundación, gestión de sedimentos, revegetación de riberas) y las actuaciones estructurales selectivas.

El Plan Hidrológico reflejará este enfoque en las asignaciones y reservas de recursos, la seguridad hídrica, la protección del estado de las masas de agua y la mejora de la gobernanza, incorporando indicadores de riesgo y resiliencia climática que permitan el seguimiento y la mejora continua.

4. Papel futuro de la planificación hidrológica

En este marco, la planificación hidrológica no se limita a ser un instrumento de diagnóstico, sino que se convierte en un **vehículo para la acción adaptativa frente al cambio climático**. La elaboración de medidas concretas para el cuarto ciclo (2028–2033) deberá alinearse con los **ejes estratégicos de adaptación**

definidos en los estudios específicos, garantizando su coherencia con el **PNACC 2021–2030**, la **Estrategia de Adaptación de la UE**, y los compromisos asumidos en el marco del **Pacto Verde Europeo** y la **Ley Europea del Clima**.

Entre las herramientas más relevantes para esta adaptación se incluyen:

- La incorporación de **escenarios climáticos** en los balances hídricos y en la evaluación del estado de las masas de agua.
- La identificación de **zonas especialmente vulnerables** y masas de agua críticas.
- La integración de **medidas basadas en la naturaleza**, la promoción de la **eficiencia en el uso del agua**, y la mejora del **seguimiento hidrológico y meteorológico**.
- El impulso a la **gobernanza participativa**, que permita una respuesta eficaz y coordinada entre administraciones, sectores productivos y ciudadanía.

En definitiva, el cambio climático redefine el contexto y los objetivos de la planificación hidrológica, que debe evolucionar hacia una herramienta anticipatoria, integradora y adaptativa, capaz de enfrentar uno de los mayores retos ambientales de nuestro tiempo con una base sólida en la evidencia científica, el marco normativo vigente y los principios de sostenibilidad.

En este contexto, la implantación del **nuevo régimen de caudales ecológicos**, descrito en la Ficha 6 “Mantenimiento de caudales ecológicos”, constituye una medida clave de adaptación al cambio climático. Su objetivo es garantizar la conservación y funcionalidad de los ecosistemas acuáticos frente a escenarios de creciente irregularidad hidrológica, integrando criterios ecológicos y climáticos en la determinación de los caudales mínimos, máximos y tasas de cambio. La planificación del cuarto ciclo deberá asegurar la coherencia entre estos regímenes y los escenarios hidrometeorológicos proyectados, favoreciendo la resiliencia ecológica y el mantenimiento de los servicios ecosistémicos asociados.

Como complemento, el Anexo 14.I presenta un análisis transversal de la adaptación al cambio climático en cada uno de los temas importantes de la demarcación, mediante tablas estructuradas en cinco ámbitos: amenazas, riesgos, adaptación, mitigación y alternativas de intervención. Este anexo permite integrar de forma coherente las consideraciones climáticas en todas las fichas temáticas y en el diseño del Programa de Medidas. Además, en el Anexo 14.II se presenta una matriz de relación de los Temas Importantes, cuyo objetivo es mostrar cómo se vincula cada tema con los demás.

Acciones

El Programa de Medidas del ciclo 2028–2033 deberá incorporar de forma decidida un conjunto de actuaciones dirigidas a mitigar los principales impactos del cambio climático sobre el agua y los ecosistemas acuáticos, agrupadas en cinco líneas de actuación prioritarias. Cada una de ellas responde a un riesgo específico identificado en el estudio de adaptación al cambio climático, y ha de integrarse tanto en la planificación hidrológica como en los instrumentos de gestión ambiental y territorial de la DHCO.

1. Reducción del impacto por aumento de la temperatura del agua

El calentamiento progresivo de las aguas superficiales constituye una de las amenazas más relevantes para el buen estado ecológico, especialmente en ríos de cabecera y cursos de montaña, como los presentes en los sistemas fluviales del Narcea, Sella o Deva.

Para contrarrestar este efecto, el Programa de Medidas debe incluir:

- **Restauración de la vegetación de ribera** mediante revegetación autóctona que incremente la cobertura de sombra sobre los cauces.
- **Identificación de refugios térmicos** para especies sensibles en zonas donde se mantenga el flujo de aguas frías (afloramientos subterráneos o cabeceras sombreadas), y su protección mediante limitación de usos en la zona.

- **Gestión de embalses considerando la temperatura del agua**, incorporando sueltas selectivas desde distintos niveles del embalse (si las infraestructuras lo permiten) para evitar impactos térmicos aguas abajo.
- **Protección de aguas subterráneas** como fuentes de caudales base con menor temperatura.

Estas medidas no sólo reducen la temperatura del agua, sino que evitan efectos en cascada como la reducción del oxígeno disuelto, el incremento de especies invasoras o la pérdida de biodiversidad.

2. Adaptación al ascenso del nivel del mar en zonas costeras y humedales

El ascenso previsto del nivel medio del mar —estimado entre 0,8 y 1 metro a final de siglo— representa una amenaza directa sobre humedales litorales y zonas de transición clave en la DHCOc, como las marismas de Santoña, Victoria y Joyel; la ría de Villaviciosa; o la ría del Eo.

El Programa de Medidas debe priorizar:

- **Evaluación cartográfica y batimétrica detallada** de humedales costeros para delimitar áreas vulnerables a la intrusión marina.
- **Planes específicos de gestión adaptativa** para las marismas y estuarios más expuestos, como la Bahía de Santander o la ría de Avilés.
- **Definición de estrategias de contención y adaptación pasiva**, como la elevación controlada de lagunas litorales o la reconexión con antiguos llanos de inundación que actúen como colchón ante el retroceso del litoral.
- **Protección de acuíferos litorales frente a la salinización**, especialmente en zonas arenosas como Oyambre o Liencres.

Estas actuaciones deben alinearse con las políticas locales de ordenación del litoral y con los planes de gestión de las Zonas Húmedas del Inventario Español.

3. Reducción de la concentración de contaminantes y eutrofización

La reducción de los caudales circulantes en escenarios de cambio climático incrementa el riesgo de concentración de nutrientes y otros contaminantes en ríos y estuarios, especialmente en tramos afectados por vertidos urbanos y agrícolas.

Las medidas a incluir son:

- **Mejora del tratamiento de aguas residuales urbanas**, incorporando tecnologías que eliminen nitrógeno y fósforo incluso en pequeñas aglomeraciones.
- **Reutilización de aguas regeneradas** para riego urbano o industrial, evitando su vertido directo a cauces y reduciendo la carga de nutrientes.
- **Control de vertidos industriales indirectos**, sobre todo aquellos que se canalizan a través de redes urbanas y que aumentan la carga contaminante en momentos de bajo caudal.
- **Medidas agroambientales** para reducir escorrentías con nitratos y fitosanitarios en áreas de ganadería intensiva o praderías.

Estas acciones deben diseñarse de forma sinérgica con otras medidas de control de contaminación y gestión de nutrientes que se recogen en las fichas temáticas correspondientes.

Asimismo, resulta prioritario impulsar la elaboración y actualización de los Planes Integrales de Gestión del Sistema de Saneamiento (PIGSS), de acuerdo con lo establecido en la nueva Directiva (UE) 2024/3019 sobre tratamiento de aguas residuales urbanas. Estos planes constituyen la herramienta clave para integrar la gestión de los sistemas unitarios, la reducción de alivios y desbordamientos en episodios de lluvia intensa y la mejora de la eficiencia global del saneamiento urbano. Su desarrollo permitirá incorporar criterios de adaptación al cambio climático y de capacidad hidráulica, garantizando la coherencia entre las infraestructuras, el régimen de caudales y los objetivos ambientales de las masas de agua receptoras.

4. Sostenibilidad de los balances hídricos en sistemas de explotación

Aunque el Cantábrico Occidental no presenta déficits estructurales tan marcados como otras demarcaciones, los efectos del cambio climático pueden alterar los balances en sistemas dependientes de regulación artificial o acuíferos con escasa recarga.

El PdM debe contemplar:

- **Mejora de la eficiencia en redes de abastecimiento y riego**, especialmente en municipios donde se combinan usos urbanos y agrícolas.
- **Fomento de la reutilización de aguas depuradas**, incluyendo la infraestructura necesaria para su distribución, sobre todo en áreas turísticas con elevada demanda estacional.
- **Recarga artificial de acuíferos poco profundos**, mediante derivaciones controladas en épocas de excedente o la creación de zonas de infiltración en tramos de cauces regulados.
- **Planificación preventiva de usos** en masas de agua con riesgo de desequilibrio estacional (ríos con fuerte estacionalidad o masas subterráneas costeras).
- **Monitorización específica de los consumos de aquellos aprovechamientos cuyo volumen concedido representa el 99% del total de la cuenca**, con el objetivo de ajustar en su caso el volumen concedido y habilitar su posible uso por terceros.

Se recomienda, además, realizar modelizaciones específicas por sistema de explotación para anticipar desequilibrios en horizontes 2040 y 2070.

5. Prevención y gestión de eventos extremos: sequías e inundaciones

La intensificación de fenómenos extremos, como son las inundaciones repentinas o sequías intensas, es una de las manifestaciones más visibles del cambio climático.

El Plan debe incluir:

- **Desarrollo y ampliación de sistemas de información hidrológica**, como herramienta de gestión para las actuaciones de protección civil que fueran oportunas.
- **Actualización de los Planes Especiales de Sequía (PES)** incorporando escenarios de cambio climático y sus efectos sobre los indicadores de escasez y demanda.
- **Potenciación de medidas basadas en la naturaleza para reducir la peligrosidad de inundaciones**, como restauración de llanuras de inundación, recuperación de meandros o permeabilización de márgenes en tramos urbanos.

Todas estas medidas deberán integrarse en el próximo ciclo de planificación con un enfoque transversal, reforzando las sinergias entre el Programa de Medidas, el Plan de Gestión del Riesgo de Inundación (PGRI) y el Plan Nacional de Adaptación al Cambio Climático (PNACC). Asimismo, necesario mantener la coordinación con las comunidades autónomas y con otras administraciones competentes para maximizar la eficacia de las actuaciones a distintas escalas.

6. Expansión de las instalaciones de generación renovable y de almacenamiento energético

En coherencia con los objetivos establecidos por el Plan Nacional Integrado de Energía y Clima (PNIEC) 2021-2030 y por el Plan Nacional de Adaptación al Cambio Climático (PNACC) 2021-2030, la nueva planificación hidrológica tendrá en cuenta el efecto positivo de las diferentes tecnologías de generación renovable, así como de las instalaciones de almacenamiento energético; especialmente a través de la nueva construcción o ampliación de centrales hidroeléctricas reversibles.

Planteamiento de Alternativas

La incorporación del cambio climático como tema transversal dentro de la planificación hidrológica del Cantábrico Occidental obliga a considerar distintas alternativas de actuación que aborden, desde enfoques diversos, los efectos presentes y futuros del calentamiento global sobre los recursos hídricos y los

ecosistemas asociados. Aunque el Programa de Medidas 2022–2027 contempla únicamente una medida específica en materia de adaptación al cambio climático, múltiples actuaciones propuestas en otras fichas abordan riesgos directa o indirectamente vinculados al cambio climático, como la gestión de sequías e inundaciones, la restauración ecológica, la modernización de infraestructuras de saneamiento, el refuerzo del conocimiento técnico o la mejora de la gobernanza.

En este contexto, las alternativas que se plantean a continuación exploran distintos niveles de ambición y cobertura en la integración del cambio climático dentro del futuro Plan Hidrológico 2028–2033. Desde un escenario inercial basado en la ejecución parcial del programa vigente, hasta propuestas más integradoras centradas en anticipar impactos y articular medidas estructurales y de gobernanza, se busca identificar el grado de respuesta necesario para asegurar una planificación hidrológica alineada con los principios de resiliencia, sostenibilidad y prevención.

Alternativa 0: Escenario tendencial

Esta alternativa parte de un escenario en el que no se implementan nuevas medidas específicas en materia de adaptación al cambio climático, más allá de las ya previstas en el actual Programa de Medidas 2022–2027. En particular, se mantendría como única actuación directa la medida “Actualización del análisis de vulnerabilidad de la costa del Plan Ribera”, actualmente sin iniciar, sin ampliar ni reforzar otras líneas estratégicas orientadas a la adaptación climática en el ámbito del agua. El cambio climático seguiría tratándose de manera implícita, integrado de forma transversal en medidas no diseñadas expresamente para este fin.

Alternativa 1: Escenario SSP2-4.5 – Adaptación progresiva y basada en riesgos razonables

El **SSP2-4.5** es un escenario intermedio, compatible con una trayectoria de desarrollo sostenible moderado. Representa una evolución en la que se logran ciertas reducciones de emisiones mediante esfuerzos de mitigación razonables, pero no se alcanzan los niveles más ambiciosos del Acuerdo de París. Las proyecciones del IPCC para este escenario indican un aumento de temperatura global entre **2°C y 3°C** para finales de siglo, lo que conlleva una reducción moderada de recursos hídricos y un aumento de la frecuencia de eventos extremos (inundaciones, sequías, olas de calor).

La **alternativa 1** implica una adaptación proactiva pero escalonada del sistema de gestión del agua, centrada en zonas vulnerables o con riesgo evidente, y priorizando medidas con mejor relación coste-beneficio. Parte de las incertidumbres climáticas se gestionan reforzando el seguimiento, la planificación adaptativa y el diseño de medidas reversibles o flexibles.

Líneas de actuación asociadas:

1. **Incorporar la adaptación climática en la planificación hidrológica:**
 - Evaluar las tendencias de reducción de aportaciones hídricas en la DHCOc mediante modelización hidrológica a 2045.
 - Aplicar ajustes progresivos a las asignaciones de recursos y caudales ecológicos.
2. **Restauración selectiva de ecosistemas acuáticos:**
 - Identificar tramos fluviales y humedales estratégicos donde la restauración tenga mayor potencial para mejorar la resiliencia.
 - Potenciar la naturalización de riberas y la eliminación de presiones morfológicas donde se verifiquen beneficios ecológicos y de retención natural.
3. **Infraestructura verde y soluciones basadas en la naturaleza:**
 - Promover actuaciones multifuncionales (humedales artificiales y corredores fluviales) que mitiguen los efectos del cambio climático y mejoren la biodiversidad.

4. Refuerzo de la gestión del riesgo hídrico:

- Revisión de los PES y PGRI para incluir escenarios climáticos intermedios y herramientas de alerta temprana.

5. Digitalización y seguimiento:

- Implementación de sistemas de apoyo a la decisión basados en datos climáticos regionalizados.
- Refuerzo del control hidrológico y meteorológico en zonas de transición costera y cabeceras de cuenca.

Alternativa 2: Escenario SSP5-8.5 – Adaptación acelerada y anticipatorio ante altos riesgos

El **SSP5-8.5** representa un escenario de altas emisiones, en el que no se aplican políticas climáticas adicionales a las actuales. Se considera el “peor caso” en los informes del IPCC y prevé aumentos de temperatura media global de entre **4°C y 5°C** a final de siglo. Este escenario conlleva impactos severos sobre el ciclo hidrológico: importantes reducciones de caudales, aumento de sequías y precipitaciones extremas, riesgo de intrusión salina y degradación acelerada de ecosistemas acuáticos.

La **alternativa 2** propone un enfoque de **adaptación urgente y de amplio espectro**, con un rediseño profundo de la planificación hidrológica para incrementar la **resiliencia estructural y ecológica del sistema** frente a un escenario de crisis climática.

Líneas de actuación asociadas:

1. Gestión intensiva de la demanda hídrica:

- Revisión y reajuste de concesiones y derechos de uso, priorizando usos esenciales y ambientales.
- Fomento obligatorio del uso de recursos no convencionales (reutilización y desalación en zonas críticas).

2. Restauración ecológica a gran escala:

- Programa intensivo de restauración de ecosistemas fluviales y costeros con actuaciones estructurales (eliminación de barreras, ampliación de espacios fluviales, control morfológico).
- Protección activa frente a intrusión salina en zonas vulnerables como el estuario del Nalón o la Bahía de Santander.

3. Adaptación costera integral:

- Actuaciones de refuerzo en zonas de transición mar-tierra expuestas a subida del nivel del mar y temporales (sistemas dunares, estuarios y marismas).
- Monitorización de acuíferos costeros con riesgo de salinización.

4. Infraestructura híbrida y resiliente:

- Inversión en infraestructuras flexibles, adaptables al nuevo régimen hidrológico (depósitos de retención, almacenamiento estratégico y medidas de gestión activa).
- Integración de soluciones basadas en la naturaleza con actuaciones de ingeniería.

5. Revisión normativa y adaptación de la gobernanza:

- Alineamiento obligatorio con los principios de la Estrategia de Agua para la Transición Ecológica.
- Reforzamiento de capacidades administrativas en gestión climática del agua.

- Implementación de sistemas de evaluación climática obligatoria para todas las actuaciones del Programa de Medidas.

Enlaces a documentación adicional recomendada

A continuación, se indican documentos y recursos a los que se ha hecho referencia en el texto y que amplían la información sobre alteraciones morfológicas en la Demarcación Hidrográfica del Cantábrico Occidental:

- Acuerdo de París (2015). Marco internacional sobre mitigación y adaptación climática.
<https://unfccc.int/process-and-meetings/the-paris-agreement/the-paris-agreement>
- Directiva (UE) 2024/3019 del Parlamento Europeo y del Consejo, de 27 de noviembre de 2024, sobre el tratamiento de las aguas residuales urbanas, (versión refundida)
<https://www.boe.es/buscar/doc.php?id=DOUE-L-2024-81831>
- 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)
<https://eur-lex.europa.eu/eli/dir/2020/2184/oj>
- Directiva Marco del Agua (2000/60/CE)
<https://www.miteco.gob.es/es/agua/temas/planificacion-hidrologica/marco-del-agua.html>
- Directiva 2007/60/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 23 de octubre de 2007, relativa a la evaluación y gestión de los riesgos de inundación.
<https://www.boe.es/buscar/doc.php?id=DOUE-L-2007-82010>
- Estrategia de adaptación al cambio climático de la UE (2021). Comunicación de la Comisión Europea COM (2021) 82 final.
<https://climate-adapt.eea.europa.eu/es/eu-adaptation-policy/strategy>
- Evolución de los climas de Köppen en España en el periodo 1951-2020. Nota técnica 37 de AEMET. Chazarra Bernabé, A. *et al* (2022).
<https://aemetblog.es/2022/10/22/evolucion-de-los-climas-de-koppen-en-espana-en-el-periodo-1951-2020/>
- Guía metodológica para el desarrollo de los trabajos de evaluación de riesgos y estudios específicos de adaptación al cambio climático en las demarcaciones hidrográficas (UPV, 2025)
- Ley 7/2021, de 20 de mayo, de cambio climático y transición energética
<https://www.boe.es/buscar/act.php?id=BOE-A-2021-8447>
- Ley 21/2013, de evaluación ambiental. Integra la Evaluación Ambiental Estratégica (EAE) en los planes y programas.
<https://www.boe.es/buscar/doc.php?id=BOE-A-2013-12913>
- Objetivos de Desarrollo Sostenible (Agenda 2030). ODS 6: Agua limpia y saneamiento; ODS 13: Acción por el clima
<https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/objetivos-de-desarrollo-sostenible/>
- Orden ARM/2656/2008, de 10 de septiembre, por la que se aprueba la instrucción de planificación hidrológica

https://www.boe.es/diario_boe/txt.php?id=BOE-A-2008-15340

- Orientaciones estratégicas de agua y cambio climático (MITERD, 2022)
<https://www.miteco.gob.es/es/agua/temas/sistema-espaniol-gestion-agua/estrategia.html>
- Plan Hidrológico 2022–2027 de la DHCOc – Documentación oficial
<https://www.chcantabrico.es/plan-hidrologico-de-la-demarcacion-hidrografica-del-cantabrico-occidental-2022-2027>
- Plan Nacional de Adaptación al Cambio Climático (PNACC) 2021–2030. Estrategia marco de adaptación en España.
<https://www.miteco.gob.es/es/cambio-climatico/temas/impactos-vulnerabilidad-y-adaptacion/plan-nacional-adaptacion-cambio-climatico.html>
- Plan Nacional Integrado de Energía y Clima (PNIEC) 2021-2030
https://www.miteco.gob.es/content/dam/miteco/images/es/pnieccompleto_tcm30-508410.pdf
- Real Decreto 907/2007, de 6 de julio, por el que se aprueba el Reglamento de la Planificación Hidrológica
<https://www.boe.es/buscar/act.php?id=BOE-A-2007-13182>
- Real Decreto Legislativo 1/2001, de 20 de julio. Texto refundido de la Ley de Aguas.
<https://www.boe.es/buscar/act.php?id=BOE-A-2001-14276>

ANEXOS.

Anexo 14.I. Análisis transversal de adaptación al cambio climático en los temas importantes de la DHCOc

Tema 1. Contaminación de origen urbano	
Aspectos analizados	Consideraciones relativas al cambio climático
1. Amenazas climáticas relevantes	<ul style="list-style-type: none"> • Sequías prolongadas, que reducen la capacidad de dilución de los vertidos en el medio receptor y provocan una mayor concentración de nutrientes, materia orgánica y microcontaminantes en las masas de agua. • Episodios de lluvia intensa de corta duración, que sobrecargan las redes unitarias y provocan alivios y desbordamientos en estaciones depuradoras y colectores, generando riesgos sanitarios y ambientales. • Incremento de la temperatura del agua y del aire, que altera los procesos biológicos de las EDAR, acelera la desoxigenación en ríos y estuarios, y favorece la proliferación de patógenos y blooms algales. • Ascenso del nivel del mar, que potencia la intrusión salina en colectores y emisarios costeros, afectando su funcionamiento y el de los sistemas de bombeo. • Inundaciones y eventos extremos, que dañan infraestructuras críticas de saneamiento y ocasionan vertidos accidentales de aguas residuales sin tratar.
2. Riesgos y vulnerabilidades	<ul style="list-style-type: none"> • Incumplimiento de los objetivos ambientales de la Directiva Marco del Agua y de la Directiva (UE) 2024/3019 sobre aguas residuales urbanas, por sobrecarga de redes y episodios de vertido recurrente. • Riesgos sanitarios y pérdida de calidad en aguas de baño y zonas de marisqueo, asociados a contaminación microbiológica tras eventos de lluvia extrema. • Vulnerabilidad estructural de las infraestructuras en pequeños núcleos rurales y zonas costeras, con redes incompletas, colectores obsoletos y sistemas unitarios sin capacidad de retención. • Dependencia de sistemas complejos de gestión interadministrativa (titular de la autorización, gestor del vertido, operador), lo que dificulta la coordinación ante episodios críticos.

Tema 1. Contaminación de origen urbano	
Aspectos analizados	Consideraciones relativas al cambio climático
	<ul style="list-style-type: none"> • Impactos socioeconómicos derivados de restricciones de uso, costes de reparación y pérdida temporal de servicios ecosistémicos o turísticos.
3. Adaptación en la planificación hidrológica	<ul style="list-style-type: none"> • Implantación y actualización de los Planes Integrales de Gestión del Sistema de Saneamiento (PIGSS), como herramienta para gestionar desbordamientos y alivios, analizando la capacidad hidráulica bajo escenarios climáticos futuros. • Diseño resiliente de infraestructuras: ampliación de EDAR, construcción de tanques de tormenta, separación progresiva de redes pluviales y residuales, y modernización de emisarios y bombeos costeros. • Gestión dinámica de vertidos, con condiciones moduladas por caudal, carga contaminante o estación del año, priorizando la protección de masas en riesgo. • Incorporación de soluciones basadas en la naturaleza (SBN) y tecnologías descentralizadas: humedales construidos, filtros verdes, drenaje urbano sostenible (SUDS) y depuración extensiva para pequeños núcleos. • Digitalización y control en tiempo real de caudales y alivios, integrando sensores y plataformas de alerta hidrometeorológica. • Gobernanza coordinada entre administraciones hidráulicas, autonómicas y locales, garantizando coherencia en los PIGSS y en las autorizaciones de vertido.
4. Mitigación y otros beneficios climáticos	<ul style="list-style-type: none"> • Optimización energética en las EDAR mediante la mejora de la aireación, reducción de infiltraciones y recuperación de energía de procesos biológicos. • Integración de energías renovables y valorización de biogás, promoviendo depuradoras de neutralidad energética antes de 2040, en línea con la nueva Directiva (UE) 2024/3019. • Reutilización de aguas regeneradas para riego urbano, agrícola o industrial, reduciendo la extracción de recursos hídricos convencionales y las emisiones indirectas. • Reducción de emisiones de gases de efecto invernadero mediante la gestión sostenible de lodos y su valorización como biofertilizantes o compost.

Tema 1. Contaminación de origen urbano	
Aspectos analizados	Consideraciones relativas al cambio climático
	<ul style="list-style-type: none"> • Fomento de soluciones naturales (humedales, restauración fluvial) que actúan como sumideros de carbono y refuerzan la capacidad de autodepuración del medio.
5. Alternativas de intervención	<ul style="list-style-type: none"> • Escenario tendencial: Escenario continuista que mantiene las infraestructuras y medidas actuales sin adaptarlas a la nueva Directiva 2024/3019/CEE. No requiere inversión adicional inmediata, pero perpetúa los incumplimientos de la normativa europea, el riesgo de sanciones y la falta de mejora del estado de las masas afectadas por vertidos urbanos. • Cumplimiento de los objetivos mínimos de la Directiva 91/271/CEE: Cumplimiento de los objetivos mínimos de la Directiva 91/271/CEE mediante la finalización de actuaciones pendientes y la mejora de tratamientos secundarios y terciarios. Supone avances parciales en calidad del agua y resolución de expedientes, pero no aborda aún los nuevos requerimientos sobre microcontaminantes, desbordamientos o neutralidad energética. • Implementación completa del nuevo marco normativo (Directiva 2024/3019/CEE): Implementación completa del nuevo marco normativo de la Directiva 2024/3019/CEE, incluyendo tratamientos cuaternarios, control de desbordamientos, gestión de PIGSS y adaptación integral del sistema urbano de saneamiento. Garantiza la máxima mejora ambiental y cumplimiento normativo, aunque con elevados costes, complejidad técnica y necesidad de ejecución por fases. • Enfoque selectivo por riesgo e impacto: Priorización de actuaciones según riesgo e impacto ambiental, centrando las inversiones en aglomeraciones con afección comprobada sobre masas en mal estado. Optimiza recursos y facilita una aplicación gradual del nuevo marco normativo, aunque no asegura el cumplimiento total en el horizonte 2027 y puede generar desequilibrios territoriales.

Tema 2. Contaminación puntual industrial y otras actividades no urbanas	
Aspectos analizados	Consideraciones relativas al cambio climático
1. Amenazas climáticas relevantes	<ul style="list-style-type: none"> • Reducción de caudales naturales en periodos secos, que limita la capacidad de dilución de vertidos industriales y eleva las concentraciones de sustancias prioritarias y peligrosas en el medio receptor. • Aumento de la frecuencia de sequías prolongadas, que obliga a reducir descargas o modificar procesos industriales dependientes del agua. • Episodios de precipitación intensa y avenidas, que pueden provocar desbordamientos en instalaciones de almacenamiento o tratamiento y arrastres de contaminantes hacia cauces, suelos o zonas costeras. • Incremento de temperaturas que afecta a la eficacia de los tratamientos físico-químicos y biológicos, alterando los procesos de depuración industrial. • Eventos extremos y ascenso del nivel del mar, con riesgo de inundación o intrusión salina en áreas portuarias e industriales, comprometiendo infraestructuras críticas, balsas y conducciones.
2. Riesgos y vulnerabilidades	<ul style="list-style-type: none"> • Incumplimiento de los objetivos de calidad ambiental de la Directiva Marco del Agua (DMA) por aumento de concentraciones de metales, hidrocarburos, biocidas y otras sustancias peligrosas. • Vulnerabilidad de las EDAR receptoras a vertidos industriales indirectos no tratados adecuadamente, que alteran sus procesos y reducen su rendimiento. • Riesgo de contaminación del suelo y aguas subterráneas por fugas, infiltraciones o vertidos accidentales desde instalaciones industriales, mineras o de gestión de residuos. • Concentración territorial de la actividad industrial en cuencas del Nalón, Nora, Aboño y Besaya, y en zonas portuarias (Avilés, Gijón, Santander), que incrementa la exposición a riesgos acumulativos. • Impactos socioeconómicos derivados de sanciones, restricciones operativas y pérdida de competitividad en sectores con alto consumo de agua o dependencia de vertidos.
3. Adaptación en la planificación hidrológica	<ul style="list-style-type: none"> • Revisión y adaptación de las autorizaciones de vertido industrial, integrando escenarios de cambio climático y condiciones variables de caudal en los cuerpos receptores.

Tema 2. Contaminación puntual industrial y otras actividades no urbanas	
Aspectos analizados	Consideraciones relativas al cambio climático
	<ul style="list-style-type: none"> • Implantación de pretratamientos en origen para reducir la carga contaminante antes del vertido, especialmente en industrias conectadas a redes urbanas. • Integración de las mejores técnicas disponibles (MTD) y conclusiones BREF en las instalaciones industriales, priorizando tecnologías de menor consumo hídrico y mayor eficiencia depurativa. • Gestión preventiva de riesgos climáticos en zonas industriales, incorporando criterios de resiliencia frente a inundaciones, sobrecalentamiento e intrusión salina en la planificación sectorial. • Fortalecimiento de los sistemas de control y monitorización continua, incluyendo sensores en línea, control remoto de caudales y concentración de contaminantes y evaluación de tendencias en tiempo real. • Coordinación interadministrativa y gobernanza multinivel, mejorando la colaboración entre organismos de cuenca, autoridades ambientales, gestores de redes de saneamiento y operadores industriales. • Evaluación de riesgos acumulativos en sedimentos y estuarios, con actuaciones específicas para la remediación de focos históricos en zonas industriales y portuarias.
4. Mitigación y otros beneficios climáticos	<ul style="list-style-type: none"> • Eficiencia energética en procesos industriales mediante optimización de aireación, bombeos y recuperación de calor residual. • Reducción de emisiones de gases de efecto invernadero a través del tratamiento avanzado de efluentes, reutilización interna del agua y valorización energética de subproductos. • Implantación de sistemas de economía circular, promoviendo la recirculación de aguas de proceso y la sustitución de sustancias peligrosas por alternativas menos contaminantes. • Gestión de lodos y residuos industriales con criterios de bajo impacto y aprovechamiento material o energético. • Mejora de la eficiencia hídrica y reducción de la huella hídrica del sector industrial, contribuyendo a la mitigación indirecta de los efectos del cambio climático.
5. Alternativas de intervención	<ul style="list-style-type: none"> • Escenario tendencial: Escenario tendencial que mantiene las medidas y autorizaciones actuales sin adaptación normativa ni mejoras técnicas. Evita nuevas inversiones a corto plazo, pero perpetúa los vertidos industriales existentes, incumple la Directiva

Tema 2. Contaminación puntual industrial y otras actividades no urbanas	
Aspectos analizados	Consideraciones relativas al cambio climático
	<p>2010/75/UE y la nueva Directiva 2024/3019/CEE, y mantiene el riesgo de sanciones y deterioro del estado químico de las masas de agua.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Cumplimiento de los objetivos mínimos de la Directiva 2010/75/UE: Cumplimiento básico de la Directiva 2010/75/UE (IED) mediante actualización de autorizaciones y refuerzo del control sobre las industrias más contaminantes. Mejora el seguimiento y reduce parcialmente la carga de vertidos, pero no aborda aún los contaminantes emergentes ni la eliminación en origen de sustancias peligrosas. • Implementación completa del nuevo marco normativo (Directiva 2024/3019/CEE): Adaptación completa del marco industrial a las Directivas 2010/75/UE e 2024/3019/CEE, con implantación sistemática de MTD, control de contaminantes emergentes y modernización de EDAR industriales. Asegura la máxima reducción de la contaminación y el cumplimiento normativo, aunque con costes elevados y fuerte exigencia técnica y administrativa. • Enfoque selectivo por riesgo e impacto: Priorización de sectores y zonas industriales con mayor riesgo o afección comprobada, aplicando primero las MTD y controles más exigentes donde el impacto sea crítico. Optimiza recursos y mejora la eficacia ambiental, pero puede generar desequilibrios territoriales y retrasar el cumplimiento pleno de los objetivos ambientales.

Tema 3. Contaminación difusa	
Aspectos analizados	Consideraciones relativas al cambio climático
1. Amenazas climáticas relevantes	<ul style="list-style-type: none"> • Precipitaciones torrenciales tras periodos secos, generan escorrentías con elevadas cargas de nutrientes (nitratos y fósforo), sedimentos, hidrocarburos urbanos y cenizas tras incendios. • Episodios de sequía prolongada, disminuyen la capacidad de dilución y favorecen la acumulación de contaminantes.

Tema 3. Contaminación difusa	
Aspectos analizados	Consideraciones relativas al cambio climático
	<ul style="list-style-type: none"> • Incremento de temperaturas, potencia la eutrofización, la proliferación de cianobacterias y la mineralización acelerada de nutrientes en suelos. • Incendios forestales más recurrentes y severos, dejan suelos expuestos, cuya primera lluvia posterior moviliza nutrientes, cenizas y metales pesados.
2. Riesgos y vulnerabilidades	<ul style="list-style-type: none"> • Eutrofización de embalses y lagos, proliferación algal, reducción de oxígeno y deterioro de los usos recreativos y de abastecimiento. • Contaminación de acuíferos, acumulación de nitratos en zonas de alta presión agraria. • Sobrecarga de sedimentos, incremento de turbidez, colmatación de embalses y degradación de hábitats acuáticos. • Vulnerabilidad territorial debido al cambio climático, que agrava la contaminación difusa al modificar los regímenes de lluvia y temperatura, incrementando la escorrentía y la lixiviación de contaminantes hacia las masas de agua.
3. Adaptación en la planificación hidrológica	<ul style="list-style-type: none"> • Agricultura y ganadería climáticamente inteligentes, aplicación de técnicas de fertilización optimizada, agricultura de precisión, manejo responsable de purines y empleo de cultivos de cobertura. • Infraestructuras verdes y soluciones basadas en la naturaleza, restauración de humedales, corredores vegetales de ribera y sistemas de laminación para retención de nutrientes y sedimentos. • Gestión forestal adaptativa, acciones inmediatas tras incendios (acolchados, repoblación) y medidas preventivas como la reducción de combustible vegetal. • Monitorización avanzada y alerta temprana, detección rápida de anomalías en calidad de agua y activación de protocolos de contingencia. • Ordenación del territorio, zonificación de áreas críticas y limitación de usos incompatibles con la protección de recursos hídricos. • Gobernanza y coordinación interinstitucional, en coherencia con la planificación hidrológica.

Tema 3. Contaminación difusa	
Aspectos analizados	Consideraciones relativas al cambio climático
4. Mitigación y otros beneficios climáticos	<ul style="list-style-type: none"> • Reducción de fertilizantes nitrogenados: menor emisión de óxido nitroso (N₂O), gas de efecto invernadero de elevado potencial. • Recuperación de humedales y masas vegetales: incremento del secuestro de carbono en biomasa y suelos. • Gestión integral de deyecciones ganaderas: producción de biogás como alternativa energética y reducción de emisiones de metano. • Conservación y mejora de suelos agrícolas: mayor captura de carbono y refuerzo de la capacidad de resiliencia frente a extremos climáticos.
5. Alternativas de intervención	<ul style="list-style-type: none"> • Escenario tendencial: Mantenimiento de las medidas actuales sin nuevas herramientas normativas ni tecnológicas. Supone la continuidad administrativa y bajo coste, pero conlleva alto riesgo de incumplir los objetivos ambientales y de recibir sanciones, al no abordar presiones persistentes ni alinearse con las estrategias europeas de contaminación cero. • Mejora progresiva: Mejora progresiva mediante la incorporación de técnicas de agricultura y ganadería de precisión, limitación de biocidas, control de fertilización y refuerzo de la coordinación institucional. Ofrece avances graduales, coherentes con el RD 1051/2022, aunque requiere recursos sostenidos y una gestión interadministrativa continua. • Desarrollo completo: Desarrollo integral del control y prevención de la contaminación difusa con medidas estructurales en origen: nuevas zonas vulnerables, buenas prácticas obligatorias, digestión de purines y umbrales más restrictivos. Garantiza el cumplimiento normativo y la mejora del estado químico y ecológico, pero exige una alta capacidad técnica, inversión elevada y adaptación del sector agroganadero.

Tema 4. Otras fuentes de contaminación	
Aspectos analizados	Consideraciones relativas al cambio climático
1. Amenazas climáticas relevantes	<ul style="list-style-type: none"> • Precipitaciones intensas y más irregulares, que incrementan la generación y el arrastre de lixiviados desde vertederos, escombreras, suelos contaminados o explotaciones mineras abandonadas hacia cauces y acuíferos. • Sequías prolongadas, que reducen la dilución natural de contaminantes persistentes (metales, sales, compuestos orgánicos) y agravan la acumulación de cargas tóxicas en suelos y aguas subterráneas. • Aumento de temperaturas, que acelera la descomposición de residuos orgánicos y puede favorecer emisiones difusas de compuestos volátiles o metano en vertederos. • Fenómenos extremos (inundaciones, incendios forestales), que movilizan contaminantes depositados en suelos o sedimentos históricos, especialmente en áreas mineras o industriales. • Ascenso del nivel del mar y temporales costeros, que intensifican la movilización de residuos marinos, el riesgo de vertidos en zonas portuarias y la intrusión salina en vertederos o balsas próximas al litoral. • Condiciones atmosféricas más variables, que modifican la dispersión, deposición y retorno al agua de contaminantes atmosféricos (SO_x, NO_x, metales, microplásticos).
2. Riesgos y vulnerabilidades	<ul style="list-style-type: none"> • Incremento de la contaminación crónica por lixiviados de vertederos antiguos, residuos industriales y drenajes ácidos de mina, con afección prolongada a aguas superficiales y subterráneas. • Liberación repentina de contaminantes tras lluvias intensas o incendios, reactivando focos de contaminación inactivos o históricos. • Riesgo de colapso o inestabilidad en escombreras y balsas mineras por saturación hídrica o erosión, con posibles vertidos accidentales. • Vulnerabilidad de zonas portuarias y costeras, donde se acumulan residuos MARPOL, microplásticos y vertidos de acuicultura, especialmente sensibles al ascenso del nivel del mar y a los temporales. • Contaminación atmosférica transfronteriza, con aumento de deposiciones ácidas y metales pesados procedentes de fuentes industriales. • Riesgo emergente por microplásticos y contaminantes persistentes (PFAS, fármacos), cuya concentración puede aumentar por la degradación térmica de materiales plásticos.

Tema 4. Otras fuentes de contaminación	
Aspectos analizados	Consideraciones relativas al cambio climático
3. Adaptación en la planificación hidrológica	<ul style="list-style-type: none"> • Inventario y priorización de focos contaminantes (mineros, industriales, portuarios, acuícolas, atmosféricos), integrando la variable climática en su evaluación de riesgo. • Refuerzo del control de lixiviados y drenajes ácidos, mediante infraestructuras resilientes: cubrición, drenaje, sistemas de tratamiento pasivo (humedales, filtros reactivos) y vigilancia automatizada. • Incorporación del cambio climático en los planes de restauración minera y de vertederos, garantizando la estabilidad estructural y la impermeabilización bajo condiciones de mayor pluviometría o erosión. • Protocolos de emergencia ante eventos extremos, para la gestión de vertidos accidentales, deslizamientos o liberación de contaminantes en zonas críticas. • Desarrollo de programas de seguimiento de contaminantes emergentes y microplásticos, en coordinación con las Estrategias Marinas y redes de calidad del agua continentales. • Integración de soluciones basadas en la naturaleza, para retención y depuración natural (humedales restaurados, biofiltros, vegetación ribereña) en zonas vulnerables. • Coordinación interadministrativa reforzada, especialmente con autoridades de residuos, minería y medio marino, para una respuesta coherente ante los riesgos asociados al cambio climático.
4. Mitigación y otros beneficios climáticos	<ul style="list-style-type: none"> • Reutilización y valorización de residuos, reduciendo emisiones de gases de efecto invernadero y la generación de lixiviados. • Restauración ecológica de espacios degradados (minas, vertederos, riberas), que incrementa el secuestro de carbono y la resiliencia del territorio. • Reducción de transporte y tratamiento energético intensivo, mediante gestión local y circular de residuos. • Desarrollo de infraestructuras verdes y suelos vegetados que disminuyen la escorrentía, mejoran la infiltración y amortiguan los efectos del cambio climático sobre la calidad del agua. • Monitorización y digitalización de la gestión de residuos y emisiones, con beneficios colaterales en eficiencia energética y reducción de fugas.

Tema 4. Otras fuentes de contaminación	
Aspectos analizados	Consideraciones relativas al cambio climático
5. Alternativas de intervención	<ul style="list-style-type: none"> • Escenario tendencial: Escenario tendencial sin nuevas medidas ni mejoras técnicas respecto al ciclo anterior. Supone mantener las actuaciones vigentes con bajo coste y escaso impacto administrativo, pero con alto riesgo de incumplir los objetivos ambientales, agravar las presiones existentes y generar sanciones europeas por falta de avance en la recuperación de las masas afectadas. • Implantación de medidas: Implantación de un conjunto integral de medidas específicas frente a fuentes diversas de contaminación, incluyendo restauración de escombreras y minas, tratamiento de lixiviados, control de vertidos industriales y mineros, seguimiento de microplásticos y gestión de acuicultura y lodos. Garantiza el cumplimiento normativo y la mejora significativa del estado de las masas de agua, pero exige una elevada inversión, recursos técnicos cualificados y una fuerte coordinación interadministrativa.

Tema 5. Alteraciones hidromorfológicas	
Aspectos analizados	Consideraciones relativas al cambio climático
1. Amenazas climáticas relevantes	<ul style="list-style-type: none"> • Crecidas más frecuentes e intensas, que exacerban la erosión de márgenes, la reorganización morfológica de cauces y la afectación de infraestructuras, además de incrementar la retención de sedimentos en embalses. • Estiajes prolongados, que reducen de manera sustancial la capacidad de transporte sólido, propician la colonización de vegetación helófila y modifican la sección hidráulica activa, la vegetación de ribera, y la estabilidad geomorfológica de orillas. • Incidencia creciente de incendios forestales, generando descargas súbitas de sedimentos y cenizas que afectan la capacidad de regulación de embalses y la calidad del agua. • Reducción de aportes navales y glaciares, alterando pulsos sedimentarios y desestabilizando taludes y morrenas.

Tema 5. Alteraciones hidromorfológicas	
Aspectos analizados	Consideraciones relativas al cambio climático
	<ul style="list-style-type: none"> • Elevación del nivel del mar e intrusión salina, comprometiendo su estabilidad geomorfológica y acelerando procesos de erosión regresiva.
2. Riesgos y vulnerabilidades	<ul style="list-style-type: none"> • Degradación morfológica fluvial y costera, con pérdida de hábitats estratégicos y regresión litoral. • Colmatación acelerada de embalses, comprometiendo su capacidad de abastecimiento, laminación de avenidas y producción hidroeléctrica. • Fragmentación ecológica intensificada, con severos efectos sobre especies migratorias. • Inestabilidad de márgenes y cauces, que expone a riesgos a infraestructuras críticas, suelos agrícolas y asentamientos urbanos. • Desconexión entre cauces, humedales y acuíferos asociados, con reducción de recarga natural y pérdida de funcionalidad ecológica.
3. Adaptación en la planificación hidrológica	<ul style="list-style-type: none"> • Restauración y renaturalización de ríos y llanuras aluviales, ampliando la capacidad de disipación de energía de avenidas y de almacenamiento temporal de sedimentos. • Gestión dinámica de sedimentos en embalses, mediante bypass, desembalses programados, dragados selectivos y técnicas de flushing en condiciones hidrológicas adecuadas. • Recuperación de la continuidad fluvial, eliminando infraestructuras obsoletas y potenciando dispositivos de paso para fauna y transporte sedimentario. • Gestión forestal preventiva y protección de riberas, combinando reforestación con especies resilientes, reducción del riesgo de incendios y refuerzo de la capacidad de fijación de carbono. • Planes específicos para sistemas deltaicos y costeros, incorporando sedimentación controlada, restauración de marismas y caudales ecológicos mínimos en estuarios. • Monitoreo científico e innovación, con redes de seguimiento morfodinámico y proyectos piloto para evaluar soluciones adaptativas.

Tema 5. Alteraciones hidromorfológicas	
Aspectos analizados	Consideraciones relativas al cambio climático
4. Mitigación y otros beneficios climáticos	<ul style="list-style-type: none"> • Incremento del secuestro de carbono en llanuras aluviales, humedales y formaciones riparias. • Reducción de emisiones de metano en embalses colmatados o eutrofizados. • Priorización de soluciones basadas en la naturaleza frente a infraestructuras grises, disminuyendo la huella de carbono. • Optimización de operaciones de gestión sedimentaria, con prácticas de bajo consumo energético y menor dependencia de maquinaria intensiva.
5. Alternativas de intervención	<ul style="list-style-type: none"> • Escenario tendencial: Mantenimiento del marco actual de actuación, limitado a la ejecución de medidas en curso sin incorporar nuevas actuaciones en el ciclo 2028–2033. El enfoque se centra en la continuidad de las intervenciones de mejora de la conectividad y recuperación de riberas ya previstas, con un impacto positivo pero insuficiente para alcanzar los objetivos ambientales en masas de agua fuertemente alteradas. No incorpora plenamente los nuevos criterios de resiliencia hídrica ni las oportunidades de financiación europea. • Mejora progresiva: Ejecución íntegra y optimizada de las medidas hidromorfológicas vigentes, con priorización de actuaciones en zonas de mayor presión y aplicación de criterios de eficiencia técnica, jurídica y económica. Incluye el deslinde previo del DPH, la coherencia con la Estrategia Nacional de Ríos y la Estrategia Europea de Resiliencia Hídrica, y la integración de soluciones basadas en la naturaleza. Representa una planificación realista y escalonada, que mejora la continuidad fluvial, la restauración de hábitats y la resiliencia frente a eventos extremos, ajustada a la capacidad operativa y financiera del organismo de cuenca. • Desarrollo completo: Implementación de un programa de restauración morfológica integral, orientado a la recuperación plena de la funcionalidad hidromorfológica de los sistemas fluviales. Incluye la eliminación o permeabilización de todos los obstáculos viables, el retranqueo de defensas longitudinales, la gestión integrada de sedimentos y la restauración amplia del espacio fluvial. Supone un avance transformador en la conectividad ecológica y la resiliencia frente al cambio climático, aunque con altas exigencias económicas, técnicas e institucionales que limitan su ejecución en un único ciclo.

Tema 6. Mantenimiento de caudales ecológicos	
Aspectos analizados	Consideraciones relativas al cambio climático
1. Amenazas climáticas relevantes	<ul style="list-style-type: none"> • Reducción de caudales base, con particular gravedad en estiajes prolongados. • Alteración de los regímenes estacionales, que comprometen funciones ecológicas como la reproducción íctica o la recarga de humedales temporales. • Incremento de la temperatura del agua, que reduce la solubilidad del oxígeno y favorece fenómenos de eutrofización y proliferación de especies invasoras. • Mayor intermitencia en los flujos, con tramos fluviales y humedales sujetos a desecarse de manera periódica durante ciertas épocas del año.
2. Riesgos y vulnerabilidades	<ul style="list-style-type: none"> • Riesgo ecológico, pérdida de hábitats acuáticos críticos, colapso de comunidades biológicas y alta mortalidad de especies acuáticas sensibles. • Degradación de la calidad del agua, reducción de la capacidad de dilución, menor flujo hidrodinámico (estancamiento), incremento de temperatura y proliferación algal. • Pérdida de biodiversidad, especial incidencia sobre especies reófilas y de aguas frías, así como sobre humedales estacionales. • Riesgo de incumplimiento normativo. • Tensiones socioeconómicas: conflicto en la asignación de recursos entre caudales ambientales y otros usos (diferentes del abastecimiento).
3. Adaptación en la planificación hidrológica	<ul style="list-style-type: none"> • Seguimiento adaptativo de caudales ecológicos, incorporando proyecciones climáticas y escenarios de menor disponibilidad. • Gestión dinámica, mediante ajustes temporales de caudales. • Creación de reservas hídricas estratégicas en embalses y acuíferos (environmental water banking). • Optimización del uso del recurso, mediante incremento de la eficiencia y análisis más detallado de las concesiones vigentes y futuras.

Tema 6. Mantenimiento de caudales ecológicos	
Aspectos analizados	Consideraciones relativas al cambio climático
	<ul style="list-style-type: none"> • Monitoreo intensivo de caudales, temperatura, oxigenación y bioindicadores, que permita activar mecanismos de respuesta temprana. • Restauración hidromorfológica y conectividad fluvial, para potenciar los efectos ecológicos de los regímenes de caudal. • Protocolos específicos para humedales con aportes extraordinarios en situaciones críticas, recurriendo a fuentes alternativas.
4. Mitigación y otros beneficios climáticos	<ul style="list-style-type: none"> • Mantenimiento de humedales como sumideros de carbono (turberas, marismas, etc). • Conservación de la vegetación de ribera, con capacidad de fijación de carbono adicional. • Prevención de emisiones derivadas de la oxidación de sedimentos orgánicos por desecación.
5. Alternativas de intervención	<ul style="list-style-type: none"> • Escenario tendencial: Mantener el régimen de caudales ecológicos actualmente vigente sin realizar ajustes ni revisiones metodológicas, limitando el seguimiento al marco actual sin mejoras en la red de control ni en los procedimientos de evaluación. • Mejora progresiva: Continuar con el enfoque de gestión y seguimiento adaptativo, incorporando la revisión de Qeco en masas con incumplimientos frecuentes, perfeccionamiento metodológico del Anejo V, refuerzo de la red de seguimiento (especialmente en tramos críticos y espacios protegidos), validación de series de aforo y medidas de sensibilización y formación sobre la dinámica e importancia de los caudales ecológicos. • Desarrollo completo: Implantar la totalidad de los elementos del régimen de caudales ecológicos definidos en la IPH (mínimos, máximos, tasas de cambio, crecidas controladas y situaciones de sequía) en todas las masas de agua, integrando además el Programa de continuidad de sedimentos del PGRI 2022–2027 y las obligaciones derivadas de la Ley de Cambio Climático y Transición Energética. Incluye acciones de divulgación y sensibilización ciudadana.

Tema 7 Especies Exóticas Invasoras	
Aspectos analizados	Consideraciones relativas al cambio climático
1. Amenazas climáticas relevantes	<ul style="list-style-type: none"> • Aumento sostenido de la temperatura del agua, que favorece especies termófilas y desplaza a organismos nativos menos resistentes. • Alteración de regímenes hidrológicos: estiajes prolongados, caudales irregulares y episodios de déficit hídrico. • Eventos extremos (avenidas, inundaciones) que facilitan la dispersión. • Cambios físico-químicos (salinidad) que amplían la tolerancia de especies invasoras.
2. Riesgos y vulnerabilidades	<ul style="list-style-type: none"> • Pérdida de biodiversidad nativa y alteración funcional de hábitats. • Impactos en el ciclo de nutrientes, procesos de eutrofización y colapso de hábitats acuáticos sensibles • Daños en infraestructuras hidráulicas (embalses, canales, filtros). • Efectos socioeconómicos: costes de gestión, riesgos sanitarios y restricciones de uso.
3. Adaptación en la planificación hidrológica	<ul style="list-style-type: none"> • Prevención y bioseguridad: protocolos en navegación y transporte acuático. • Detección temprana, respuesta rápida con redes de monitoreo y erradicación especializada. • Restauración ecológica y refuerzo de resiliencia en ecosistemas nativos. • Coordinación interadministrativa y alineación con el Reglamento (UE) 1143/2014.
4. Mitigación y otros beneficios climáticos	<ul style="list-style-type: none"> • Restauración de humedales como sumideros de carbono. • Control biológico y soluciones basadas en la naturaleza con baja huella de carbono. • Optimización energética en infraestructuras afectadas.
5. Alternativas de intervención	<ul style="list-style-type: none"> • Escenario tendencial: Mantiene las actuaciones puntuales y la monitorización básica del mejillón cebra sin desarrollar una estrategia integral ni reforzar los recursos destinados a la gestión de EEI. Bajo este escenario, la respuesta continuaría siendo reactiva, limitada a intervenciones aisladas o condicionantes en proyectos de obra pública. Aunque implica un bajo coste y una

Tema 7 Especies Exóticas Invasoras	
Aspectos analizados	Consideraciones relativas al cambio climático
	<p>continuidad administrativa sencilla, conlleva un riesgo elevado de expansión incontrolada de especies invasoras, pérdida de biodiversidad y posible incumplimiento de los objetivos ambientales y normativos europeos.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Mejora progresiva: Plantea un refuerzo gradual de la gestión mediante la actualización del diagnóstico de EEI, la implantación de medidas piloto de control y la intensificación del seguimiento y la prevención, con protocolos de bioseguridad más exigentes. Esta alternativa permite avanzar de forma escalonada con un coste asumible y aumentar el conocimiento técnico y la visibilidad del problema, aunque su alcance limitado y la falta de una estrategia común reducen su eficacia global y perpetúan la dependencia de actuaciones puntuales o voluntarias. • Desarrollo completo: Propone la implantación de una estrategia integral de gestión, prevención y control de EEI en toda la demarcación, conforme al Reglamento (UE) 1143/2014. Incluye planes específicos de erradicación y restauración, seguimiento post-actuación, criterios técnicos basados en MTD y una red de parcelas piloto para la experimentación y evaluación de técnicas de control. A su vez, integra medidas de sensibilización, bioseguridad, detección temprana y coordinación interadministrativa, reforzando la prevención como eje principal. Garantiza la mayor eficacia ambiental y alineación normativa, pero requiere una inversión inicial alta, nuevos instrumentos técnicos y una fuerte cooperación institucional para su sostenibilidad a largo plazo.

Tema 8 Protección de hábitats y especies asociadas a zonas protegidas	
Aspectos analizados	Consideraciones relativas al cambio climático
1. Amenazas climáticas relevantes	<ul style="list-style-type: none"> • Reducción de aportaciones hídricas, que altera los regímenes hidrológicos de humedales y riberas, pudiendo llegar a comprometer los caudales ecológicos. • Aumento de temperaturas atmosféricas y del agua, que altera ciclos biológicos y favorece especies invasoras. • Sequías e inundaciones más frecuentes, que degradan hábitats y calidad del agua.

Tema 8 Protección de hábitats y especies asociadas a zonas protegidas	
Aspectos analizados	Consideraciones relativas al cambio climático
	<ul style="list-style-type: none"> • Intrusión salina en acuíferos y humedales costeros por el ascenso del nivel del mar.
2. Riesgos y vulnerabilidades	<ul style="list-style-type: none"> • Pérdida de biodiversidad y deterioro de hábitats acuáticos protegidos. • Ecosistemas frágiles (lagunas, turberas y marismas) con baja resiliencia. • Alta presión socioeconómica (turismo, regadío y abastecimiento). • Fragmentación ecológica y baja conectividad.
3. Adaptación en la planificación hidrológica	<ul style="list-style-type: none"> • Restauración ecológica de riberas, humedales y llanuras de inundación. • Gestión adaptativa de caudales ecológicos. • Sistemas de alerta temprana con teledetección y análisis predictivo. • Coordinación intersectorial con políticas agrarias, forestales y de conservación. • Exenciones excepcionales con criterios claros y reversibles.
4. Mitigación y otros beneficios climáticos	<ul style="list-style-type: none"> • Restauración de humedales y turberas: captura de carbono y regulación hídrica. • Reforestación: mejora de infiltración y reducción de erosión. • Evitar medidas de emergencia con alta huella de carbono (como bombeos intensivos).
5. Alternativas de intervención	<ul style="list-style-type: none"> • Escenario tendencial: Mantiene el enfoque actual sin incorporar nuevas medidas más allá de las ya programadas, limitándose a la ejecución de estudios sobre hábitats y especies asociados a zonas protegidas. Supone un escenario de mínima intervención, sin refuerzo de la coordinación institucional ni de los mecanismos de seguimiento. Aunque presenta bajo coste y continuidad administrativa, su limitada capacidad de acción impide avanzar en la integración efectiva entre planificación hidrológica y conservación, manteniendo el riesgo de incumplimiento de los objetivos ambientales en espacios RN2000 dependientes del buen estado de las masas de agua.

Tema 8 Protección de hábitats y especies asociadas a zonas protegidas

Aspectos analizados	Consideraciones relativas al cambio climático
	<ul style="list-style-type: none"> • Integración activa en la planificación hidrológica: Plantea una gestión activa y coordinada que integre los objetivos de conservación de hábitats y especies en la planificación del agua, incorporando los instrumentos de gestión de ZEC y ZEPA y promoviendo actuaciones conjuntas de restauración, saneamiento, control de EEI y mejora de la conectividad ecológica. Incluye la creación de programas específicos de seguimiento y la actualización del Registro de Zonas Protegidas (RZP) como herramienta operativa. Aun con mayores requerimientos técnicos, institucionales y financieros, esta alternativa refuerza la coherencia normativa, mejora la protección de ecosistemas y optimiza la gestión integrada del medio hídrico y natural.

Tema 9 Abastecimiento urbano y a la población dispersa

Aspectos analizados	Consideraciones relativas al cambio climático
1. Amenazas climáticas relevantes	<ul style="list-style-type: none"> • Sequías prolongadas que reducen la dilución natural y elevan contaminantes en las masas. • Lluvias extremas y recurrentes arrastran contaminantes a embalses, captaciones y acuíferos. • Aumento de temperatura que favorece algas tóxicas, cianobacterias y patógenos. • Intrusión salina en acuíferos costeros por ascenso del nivel del mar y sobreexplotación de aguas subterráneas.
2. Riesgos y vulnerabilidades	<ul style="list-style-type: none"> • Riesgo sanitario por incumplimiento normativo (Directiva UE 2020/2184). • Fragilidad de sistemas rurales con baja capacidad de tratamiento. • Pérdida de confianza social e institucional en la calidad del suministro. • Dependencia crítica de infraestructuras centralizadas vulnerables a eventos extremos.

Tema 9 Abastecimiento urbano y a la población dispersa	
Aspectos analizados	Consideraciones relativas al cambio climático
3. Adaptación en la planificación hidrológica	<ul style="list-style-type: none"> • Diversificación de fuentes de suministro priorizando la protección de acuíferos estratégicos, aguas regeneradas y desaladas. • Modernización tecnológica en potabilización y depuración con potencialidad para afrontar contaminantes emergentes y proliferaciones de algas tóxicas. • Sistemas de alerta temprana y modelización predictiva. • Apoyo técnico y financiero a pequeños sistemas rurales.
4. Mitigación y otros beneficios climáticos	<ul style="list-style-type: none"> • Eficiencia energética en plantas y redes mediante digitalización. • Optimización del ciclo integral del agua urbana • Reutilización y desalación con energías renovables.
5. Alternativas de intervención	<ul style="list-style-type: none"> • Escenario tendencial: Mantiene el ritmo actual de ejecución de medidas sin introducir mejoras ni nuevas actuaciones en el ciclo 2028–2033. Se limita a completar las acciones en curso y prorrogar las pendientes, garantizando estabilidad presupuestaria y administrativa, pero sin incorporar soluciones innovadoras ni avances en eficiencia, resiliencia o adaptación al cambio climático. Este enfoque presenta bajo riesgo operativo, pero resulta insuficiente para responder a las nuevas exigencias normativas y climáticas, comprometiendo la sostenibilidad del abastecimiento y el cumplimiento de los objetivos ambientales. • Mejora progresiva: Plantea la ejecución completa de las medidas previstas en el ciclo 2022–2027, reforzando la garantía del suministro, la eficiencia de los sistemas y la capacidad de respuesta ante sequías. Incluye la adaptación al Real Decreto 3/2023, la gestión de fugas estructurales y la implantación de planes de acción para asegurar la calidad del agua. Supone un avance significativo en la resiliencia del medio hídrico y la modernización de infraestructuras, aunque requiere un esfuerzo técnico, financiero y de coordinación interadministrativa superior al escenario tendencial. • Desarrollo completo: Integra el cumplimiento total de las actuaciones vigentes y añade nuevas medidas de modernización y seguridad hídrica, alineadas con el Plan Director de Abastecimiento de Asturias 2020–2030 y el Real Decreto 3/2023. Incluye la implantación de Planes de Seguridad del Agua, el refuerzo del control sanitario, la reducción de fugas y la mejora de la transparencia en la gestión. Representa una opción integral y resiliente que garantiza la sostenibilidad y calidad del abastecimiento

Tema 9 Abastecimiento urbano y a la población dispersa	
Aspectos analizados	Consideraciones relativas al cambio climático
	frente al cambio climático, aunque exige una elevada inversión, compleja coordinación institucional y recursos técnicos y administrativos adicionales.

Tema 10 Seguridad de infraestructuras hídricas	
Aspectos analizados	Consideraciones relativas al cambio climático
1. Amenazas climáticas relevantes	<ul style="list-style-type: none"> • Reducción estructural de aportaciones que disminuye la eficiencia de embalses. • Sequías prolongadas y recurrentes que infrautilizan grandes obras de regulación. • Avenidas torrenciales más frecuentes que sobrecargan presas y defensas. • Incremento térmico que intensifica la evaporación en embalses y canales. • Intrusión salina y ascenso del nivel del mar que afectan infraestructuras costeras.
2. Riesgos y vulnerabilidades	<ul style="list-style-type: none"> • Obsolescencia funcional y vulnerabilidad estructural frente a extremos. • Riesgo económico por infraestructuras sobredimensionadas o insuficientes. • Costes crecientes de mantenimiento y modernización. • Riesgos sociales y de seguridad por fallos potenciales en presas críticas.
3. Adaptación en la planificación hidrológica	<ul style="list-style-type: none"> • Revisión integral de diseño y operación con escenarios climáticos. • Digitalización avanzada: sensores, gemelos digitales y alerta temprana. • Gestión integrada con reutilización, desalación y acuíferos.

Tema 10 Seguridad de infraestructuras hídricas	
Aspectos analizados	Consideraciones relativas al cambio climático
	<ul style="list-style-type: none"> • Soluciones basadas en la naturaleza para laminación de avenidas. • Mantenimiento preventivo y modernización sistemática.
4. Mitigación y otros beneficios climáticos	<ul style="list-style-type: none"> • Optimización energética en bombeos y trasvases. • Uso de energías renovables en sistemas hidráulicos. • Co-beneficios ecosistémicos al combinar infraestructuras grises y verdes.
5. Alternativas de intervención	<ul style="list-style-type: none"> • Escenario tendencial: Mantiene el sistema actual de seguridad y auscultación de presas y embalses sin introducir mejoras adicionales. Garantiza el cumplimiento normativo y la estabilidad operativa mediante la continuidad de los procedimientos y recursos existentes. No obstante, presenta limitaciones ante el envejecimiento de infraestructuras y el incremento de fenómenos extremos asociados al cambio climático, lo que reduce su capacidad de adaptación y su eficacia preventiva a medio plazo. • Mejora progresiva: Propone reforzar la seguridad mediante la modernización gradual de los sistemas de auscultación, la actualización de planes de emergencia y la digitalización parcial de la gestión. Incorpora sensores avanzados, plataformas de análisis en tiempo real y mayor coordinación con Protección Civil, mejorando la detección temprana y la resiliencia operativa. Aunque requiere inversión y personal especializado, supone un avance realista y eficaz hacia una gestión más preventiva y adaptada al cambio climático. • Transformación integral y resiliencia avanzada: Plantea una modernización completa del sistema de seguridad de presas y embalses, integrando instrumentación inteligente (IoT), monitorización continua, modelos predictivos y simulación de escenarios extremos. Alineada con las “Líneas de actuación para la mejora de la seguridad de presas 2023–2033”, busca consolidar una gestión integrada y transparente que maximice la prevención y la sostenibilidad a largo plazo. Exige una inversión elevada y una reorganización técnica profunda, pero ofrece la máxima fiabilidad, eficiencia y resiliencia frente a los riesgos estructurales e hidrológicos.

Tema 11 Otros usos	
Aspectos analizados	Consideraciones relativas al cambio climático
1. Amenazas climáticas relevantes	<ul style="list-style-type: none"> • Reducción de caudales estivales y mayor irregularidad en las precipitaciones, afectando la disponibilidad para usos industriales, agroganaderos y recreativos. • Incremento de la frecuencia e intensidad de sequías, reduciendo la fiabilidad de los recursos superficiales y subterráneos. • Aumento de la temperatura del agua y del riesgo de contaminación difusa, con impacto sobre la calidad y la producción acuícola. • Episodios extremos (avenidas e inundaciones) que alteran infraestructuras y actividades recreativas o industriales en zonas ribereñas. • Mayor competencia entre sectores productivos por recursos limitados, incrementando la presión sobre las masas de agua.
2. Riesgos y vulnerabilidades	<ul style="list-style-type: none"> • Dependencia de fuentes convencionales de agua y escasa diversificación de recursos (baja implantación de reutilización). • Elevada sensibilidad del sector agroganadero a los periodos de estiaje y sequía. • Impactos en la productividad industrial y energética por limitaciones temporales de suministro. • Riesgo de deterioro de masas de agua por vertidos industriales o agrícolas en escenarios de bajo caudal. • Falta de control y medición efectiva en pequeñas concesiones dispersas, dificultando la gestión del dominio público hidráulico. • Vulnerabilidad económica en sectores dependientes del turismo y de los usos recreativos ante episodios extremos o restricciones de caudal.
3. Adaptación en la planificación hidrológica	<ul style="list-style-type: none"> • Impulso de la reutilización y regeneración de aguas depuradas para usos industriales, agrícolas y urbanos no potables. • Aplicación de las mejores técnicas disponibles (MTD) en los procesos industriales para reducir consumos y vertidos. • Promoción de la eficiencia hídrica en la agricultura y ganadería mediante tecnologías de control, monitorización y riego eficiente. • Fortalecimiento del seguimiento y control de caudales derivados conforme a la Orden TED/1191/2024. • Integración de los escenarios de cambio climático en la planificación de concesiones y demandas sectoriales. • Optimización de las infraestructuras existentes mediante el aprovechamiento energético de roturas de carga (microturbinas). • Desarrollo de planes de gestión sostenible para actividades recreativas en tramos sensibles. • Evaluación periódica de nuevas demandas emergentes (hidrógeno verde, bioeconomía, almacenamiento energético).

Tema 11 Otros usos	
Aspectos analizados	Consideraciones relativas al cambio climático
4. Mitigación y otros beneficios climáticos	<ul style="list-style-type: none"> • Reducción de la presión sobre fuentes naturales mediante la sustitución parcial por agua regenerada. • Mejora de la calidad del agua y reducción de vertidos al medio receptor. • Disminución del consumo energético asociado al bombeo y tratamiento, gracias a una gestión más eficiente. • Promoción de la economía circular y de procesos industriales de bajo impacto ambiental. • Contribución a la descarbonización del sistema productivo mediante la integración del agua en la transición energética.
5. Alternativas de intervención	<ul style="list-style-type: none"> • Escenario tendencial: Mantiene las medidas actuales de reutilización y eficiencia sin ampliarlas. Aporta continuidad administrativa, pero no mejora la resiliencia ni reduce las presiones sobre el recurso. • Mejora progresiva: Ejecuta plenamente las medidas 2022–2027 y acelera la implantación de la reutilización de aguas regeneradas y la eficiencia en sectores no urbanos. Representa un avance realista, aunque exige refuerzo técnico y coordinación sectorial. • Desarrollo completo: Integra todas las medidas vigentes y amplía su alcance con incentivos a la reutilización, control reforzado de concesiones, planes de sostenibilidad para usos recreativos y aplicación de MTD en sectores industriales. Supone un modelo avanzado y ambicioso de gestión sostenible del agua en usos productivos.

Tema 12 Inundaciones	
Aspectos analizados	Consideraciones relativas al cambio climático
1. Amenazas climáticas relevantes	<ul style="list-style-type: none"> • Mayor frecuencia de precipitaciones torrenciales y fenómenos convectivos extremos (DANA y gotas frías). • Subida del nivel del mar • Incremento de la escorrentía tras sequías e incendios.

Tema 12 Inundaciones	
Aspectos analizados	Consideraciones relativas al cambio climático
	<ul style="list-style-type: none"> • Urbanización de llanuras aluviales, impermeabilización del suelo y pérdida de humedales.
2. Riesgos y vulnerabilidades	<ul style="list-style-type: none"> • Humanos: pérdidas de vidas y daños a la salud. • Materiales: impactos en viviendas, infraestructuras críticas, agricultura y comercio. • Servicios: interrupciones de energía, transporte y agua. • Ambientales: contaminación, erosión de riberas y pérdida de hábitats. • La exposición es máxima en áreas costeras. La vulnerabilidad se agrava por defensas obsoletas y ocupación de zonas inundables
3. Adaptación en la planificación hidrológica	<ul style="list-style-type: none"> • Los Planes de Gestión del Riesgo de Inundación (PGRI) son los instrumentos principales. • Cartografía prospectiva: mapas con escenarios IPCC AR6 y redefinición de ARPSI. Incorporación de paleoinundaciones y otros factores: uso del suelo, morfología fluvial, carga de sedimentos, vegetación riparia y presencia de material leñoso. • Soluciones basadas en la naturaleza: restauración de humedales, llanuras y bosques de ribera. • Infraestructuras resilientes: diques, presas de laminación, drenaje urbano sostenible. • Revisión de caudales de cálculo en infraestructuras críticas. • Ordenación territorial: freno a nuevas urbanizaciones en zonas inundables y retirada planificada. • Sistemas de alerta y respuesta: avisos automáticos, protección civil y educación ciudadana. • Operación flexible de infraestructuras: limpieza de cauces, gestión de embalses. • Coordinación intersectorial de políticas de adaptación.
4. Mitigación y otros beneficios climáticos	<ul style="list-style-type: none"> • Restauración de humedales y llanuras de inundación: sumideros de carbono. • Reforestación de cuencas altas. Reducción de escorrentía y captura de CO₂. • Electrificación de sistemas de bombeo.

Tema 12 Inundaciones	
Aspectos analizados	Consideraciones relativas al cambio climático
	<ul style="list-style-type: none"> • Urbanismo sostenible: pavimentos permeables, parques inundables, mitigación del efecto isla de calor.
5. Alternativas de intervención	<ul style="list-style-type: none"> • Escenario tendencial: Mantiene el actual marco de gestión del riesgo de inundación sin introducir mejoras ni nuevas actuaciones, limitándose a la ejecución parcial de las medidas del PGRI 2022–2027. Aunque garantiza la continuidad administrativa y el aprovechamiento de las actuaciones en curso, presenta una baja capacidad de respuesta frente al incremento previsto de fenómenos extremos por cambio climático. La falta de ejecución efectiva y la ausencia de medidas adicionales reducirían significativamente la eficacia del plan, manteniendo zonas vulnerables sin la protección necesaria. • Mejora progresiva: Propone la ejecución completa del PGRI 2022–2027, impulsando tanto medidas estructurales como no estructurales bajo los pilares de prevención, protección, preparación y recuperación. Integra la adaptación al cambio climático en la toma de decisiones y promueve soluciones basadas en la naturaleza, restauración fluvial y mejora de la coordinación institucional. Requiere un esfuerzo sostenido de gestión y financiación, pero ofrece un equilibrio realista entre ambición técnica y viabilidad operativa, garantizando una reducción progresiva del riesgo y una mayor resiliencia territorial. • Desarrollo completo: Plantea un escenario de máxima ambición que acelera la implantación de todas las medidas del PGRI y añade actuaciones adicionales para reducir la peligrosidad y vulnerabilidad del territorio. Incorpora la actualización continua de los mapas de riesgo, la integración del riesgo de inundación en la ordenación del territorio y la ejecución prioritaria de soluciones basadas en la naturaleza y restauración fluvial. Aunque exige una inversión elevada y una coordinación interinstitucional reforzada, proporciona la mayor seguridad y resiliencia frente a eventos extremos, alineándose plenamente con la Directiva 2007/60/CE y las estrategias europeas de adaptación climática.

Tema 13 Sequía	
Aspectos analizados	Consideraciones relativas al cambio climático
1. Amenazas climáticas relevantes	<ul style="list-style-type: none"> • Disminución de la precipitación media anual, • Incremento de la irregularidad temporal de las lluvias • Aumento generalizado de las temperaturas (evapotranspiración) • Mayor presión de las demandas • Fenómenos que aumentan las amenazas: reducción de la nieve invernal, la intrusión salina en acuíferos costeros o el incremento de incendios forestales
2. Riesgos y vulnerabilidades	<ul style="list-style-type: none"> • Socioeconómicos: pérdidas en agricultura, menor turismo, costes de abastecimiento alternativo y tensiones sociales. • Ambientales: degradación de ríos, humedales y acuíferos; desertificación y pérdida de biodiversidad. • Territoriales: alta vulnerabilidad en comunidades rurales dependientes de una sola fuente, riesgo de despoblación. • Conflictos entre usos: prioridad al consumo humano y caudales mínimos frente a regadío o hidroenergía.
3. Adaptación en la planificación hidrológica	<ul style="list-style-type: none"> • Monitorización y alerta temprana. • Gestión de la demanda (ahorro, tarificación, modernización del regadío). • Fuentes alternativas (desalación renovable, reutilización, recarga de acuíferos). • Regulación adaptativa (embalses, acuerdos intersectoriales). • Protección ambiental (humedales, ecosistemas, calidad del agua). • Coordinación institucional y cesión de derechos.
4. Mitigación y otros beneficios climáticos	<ul style="list-style-type: none"> • Eficiencia hídrica. • Agricultura de riego eficiente.

Tema 13 Sequía	
Aspectos analizados	Consideraciones relativas al cambio climático
	<ul style="list-style-type: none"> • Protección y conservación de humedales. • Desalación o trasvases.
5. Alternativas de intervención	<ul style="list-style-type: none"> • Escenario tendencial: Mantiene el esquema actual de gestión de la sequía en la DHCOc sin incorporar nuevas medidas ni refuerzos técnicos o institucionales. Basada en el marco operativo del PES vigente, esta opción prioriza la continuidad de los indicadores de seguimiento y la actuación básica ante situaciones de escasez coyuntural. Aunque presenta un bajo coste y estabilidad administrativa, resulta insuficiente frente al aumento previsto de sequías más intensas y prolongadas, limitando la capacidad de anticipación y adaptación de la demarcación. • Mejora progresiva: Propone la ejecución completa de las medidas recogidas en el borrador del PES 2025, reforzando la prevención, seguimiento y actuación ante escenarios de escasez. Integra la mejora de la eficiencia hídrica, la reducción de fugas, el control del uso agroganadero y la digitalización del sistema mediante tecnologías IoT, alineándose con los objetivos de sostenibilidad y adaptación climática. Aunque requiere un mayor esfuerzo técnico y presupuestario, ofrece una respuesta equilibrada y realista que incrementa la resiliencia del sistema hidráulico y mejora la capacidad de gestión frente a episodios de sequía. • Refuerzo de la planificación y mejora integral de la eficiencia: Plantea un modelo de gestión avanzada y preventiva, basado en el cumplimiento íntegro del PES 2025 y la ampliación de su alcance hacia una estrategia integral de eficiencia y control. Incluye la extensión del control de fugas a municipios menores de 50.000 habitantes, la modernización de infraestructuras críticas, la implantación de sistemas de medición en el uso agroganadero y la interoperabilidad entre administraciones. Esta alternativa proporciona la máxima seguridad hídrica y capacidad de anticipación ante escenarios de estrés hídrico, aunque exige una inversión sustancial y un elevado nivel de coordinación institucional.

Tema 15 Coordinación entre administraciones	
Aspectos analizados	Consideraciones relativas al cambio climático
1. Amenazas climáticas relevantes	<ul style="list-style-type: none"> • Contradicciones normativas, duplicidades administrativas y vacíos legales.
2. Riesgos y vulnerabilidades	<ul style="list-style-type: none"> • Incoherencia normativa entre planes hidrológicos, autonómicos o urbanísticos. • Retrasos en la ejecución de medidas por falta de permisos o financiación conjunta. • Desigualdades territoriales en capacidad técnica y financiera. • Descoordinación en emergencias por ausencia de protocolos comunes. • Pérdida de oportunidades de financiación europea. • Conflictos interadministrativos, especialmente en cuencas compartidas.
3. Adaptación en la planificación hidrológica	<ul style="list-style-type: none"> • Refuerzo de estructuras de coordinación existentes (Conferencia Sectorial, Comisión de Coordinación de Políticas de Cambio Climático). • Grupos de trabajo interadministrativos para retos específicos. • Convenios Estado-CCAA para cofinanciar medidas. • Fortalecimiento de los Consejos del Agua de las demarcaciones con comisiones específicas de cambio climático. • Protocolos conjuntos de emergencia. • Plataformas compartidas de datos climáticos e hídricos. • Formación y simulacros interadministrativos ante emergencias. • Armonización normativa en todos los niveles.
4. Mitigación y otros beneficios climáticos	<ul style="list-style-type: none"> • Optimización agua-energía (embalses, bombeos con renovables). • Planificación territorial coherente (infraestructuras verdes, urbanismo compacto).

Tema 15 Coordinación entre administraciones	
Aspectos analizados	Consideraciones relativas al cambio climático
	<ul style="list-style-type: none"> • Proyectos integrales interadministrativos con financiación europea. • Soluciones basadas en la naturaleza con resiliencia y captura de carbono.
5. Alternativas de intervención	<ul style="list-style-type: none"> • Escenario tendencial: Mantiene el modelo actual de gobernanza interadministrativa basado en el Comité de Autoridades Competentes y en las medidas del ciclo 2022–2027, sin incorporar nuevos instrumentos de cooperación. Este enfoque consolida los mecanismos ya operativos y asegura la continuidad institucional y normativa, pero limita la capacidad para afrontar los desafíos emergentes —como la adaptación al cambio climático o la digitalización— y mantiene una coordinación fundamentalmente formal, con escasa integración real entre políticas y administraciones. • Mejora completa: Plantea un refuerzo sustancial de la cooperación entre administraciones, promoviendo una gobernanza más activa, integrada y orientada a resultados. Incorpora la ejecución plena de las medidas vigentes y la creación de grupos técnicos especializados bajo el Comité de Autoridades Competentes, reforzando su papel estratégico. Potencia la coordinación con comunidades autónomas, entidades locales y sectores clave, integrando la planificación hidrológica con políticas de ordenación del territorio, protección civil, biodiversidad y salud pública. Esta alternativa supone un avance significativo hacia un modelo cooperativo más eficaz y adaptativo, aunque exige un esfuerzo adicional en recursos, coordinación y consolidación institucional.

Tema 16 Recuperación de Costes y financiación del Programa de Medidas	
Aspectos analizados	Consideraciones relativas al cambio climático
1. Amenazas climáticas relevantes	<ul style="list-style-type: none"> • Choque de costes en la gestión del agua. Incremento significativo de los costes de provisión del servicio y, menor capacidad de financiación por menores volúmenes facturados en situaciones de escasez.

Tema 16 Recuperación de Costes y financiación del Programa de Medidas	
Aspectos analizados	Consideraciones relativas al cambio climático
	<ul style="list-style-type: none"> • Reducción del margen presupuestario para ejecutar el Programa de Medidas debido al aumento de los costes energéticos, materiales y de mantenimiento de infraestructuras. • Retraso o paralización de inversiones estratégicas por falta de fondos o dependencia de transferencias públicas inestables.
2. Riesgos y vulnerabilidades	<ul style="list-style-type: none"> • Insostenibilidad financiera si no se ajustan cánones y tarifas. • Retraso en medidas de adaptación por falta de fondos. • Deterioro del servicio: cortes, averías, pérdida de calidad. • Impactos socioeconómicos: inviabilidad de cultivos de bajo valor, desigualdades territoriales, “pobreza hídrica”. • Subsidios distorsionadores: precios bajos que retrasan la adaptación. • Incumplimiento normativo y riesgo de sanciones. • Baja ejecución del Programa de Medidas por insuficiencia estructural de recursos financieros y falta de cofinanciación interadministrativa. • Dependencia excesiva de aportaciones presupuestarias no garantizadas, que compromete la continuidad de proyectos plurianuales.
3. Adaptación en la planificación hidrológica	<ul style="list-style-type: none"> • Revisión periódica de los análisis económicos de los planes incorporando escenarios climáticos en los costes de explotación e inversión. • Ajuste progresivo de tarifas y cánones: bloques más acusados en escasez. • Políticas tarifarias equitativas con bonificaciones sociales. • Internalización de costes ambientales mediante cánones modulados. • Fondos de contingencia para suministros esenciales y colectivos vulnerables. • Convenios de cofinanciación entre usuarios y administraciones.

Tema 16 Recuperación de Costes y financiación del Programa de Medidas	
Aspectos analizados	Consideraciones relativas al cambio climático
	<ul style="list-style-type: none"> • Instrumentos financieros innovadores (bonos verdes, seguros, pagos por servicios ecosistémicos). • Medidas de eficiencia y economía circular (fugas, energías renovables, reutilización). • Establecimiento de un marco financiero estable para el Programa de Medidas, basado en una combinación de recursos presupuestarios, tasas, cánones y financiación externa (fondos europeos, colaboración público-privada). • Refuerzo del seguimiento económico del Programa de Medidas, incorporando indicadores de ejecución financiera y de coste-eficacia.
4. Mitigación y otros beneficios climáticos	<ul style="list-style-type: none"> • Tarifas que incentiven eficiencia en agua y energía. • Financiación de medidas win-win (reforestación, biogás en depuradoras). • Impulso a la economía circular (reutilización vs. fuentes convencionales). • Penalización de prácticas intensivas en carbono. • Priorización de la financiación de medidas con co-beneficios climáticos y ambientales (soluciones basadas en la naturaleza, restauración fluvial, reducción de emisiones en EDAR). • Integración de los criterios de sostenibilidad y resiliencia en la asignación de fondos del Programa de Medidas.
5. Alternativas de intervención	<ul style="list-style-type: none"> • Escenario tendencial: Mantiene el actual modelo de recuperación de costes y de financiación del Programa de Medidas, basado principalmente en aportaciones presupuestarias y transferencias del Estado, sin introducir reformas en las tarifas ni en el régimen económico-financiero del dominio público hidráulico. Este escenario asegura la continuidad administrativa y cierta estabilidad a corto plazo, pero no resuelve la insuficiencia estructural de ingresos ni la dependencia de fondos públicos para la ejecución de medidas. La limitada capacidad recaudatoria y la baja internalización de los costes ambientales dificultan el cumplimiento del artículo 9 de la Directiva Marco del Agua y comprometen la ejecución completa del Programa de Medidas. Se trata de un enfoque conservador que perpetúa los déficits detectados y reduce la resiliencia financiera del sistema frente al cambio climático. • Modificación del régimen económico-financiero de la utilización del dominio público hidráulico: Propone una revisión gradual de los instrumentos económicos vigentes (tarifas, cánones y tasas) y la incorporación de mecanismos que aseguren la recuperación efectiva de los costes de los servicios del agua, incluyendo los ambientales y del recurso. Paralelamente, plantea la creación de un

Tema 16 Recuperación de Costes y financiación del Programa de Medidas	
Aspectos analizados	Consideraciones relativas al cambio climático
	<p>marco financiero más estable y finalista para el Programa de Medidas, garantizando que los ingresos obtenidos a través de estos instrumentos se destinen directamente a la financiación de actuaciones hídricas y de adaptación climática. Este enfoque promueve la corresponsabilidad de usuarios y administraciones, refuerza la trazabilidad económica y mejora la sostenibilidad del sistema, al tiempo que permite un despliegue más predecible y eficiente del Programa de Medidas. Requiere, no obstante, un importante esfuerzo técnico y de coordinación interadministrativa, así como medidas compensatorias que garanticen la equidad social y territorial.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Modificación presupuestaria: Se basa en el refuerzo del papel de la financiación pública como vía principal para garantizar la ejecución íntegra del Programa de Medidas y el cumplimiento de los objetivos ambientales. Este enfoque plantea aumentar las transferencias presupuestarias de la Administración General del Estado y de las comunidades autónomas, complementándolas con fondos europeos, convenios de cofinanciación y fórmulas de colaboración público-privada. La alternativa busca estabilizar la inversión a medio plazo, priorizando actuaciones estratégicas con co-beneficios climáticos y ambientales, como las soluciones basadas en la naturaleza, la restauración fluvial o la mejora de la eficiencia energética. Aunque mejora la capacidad de ejecución del plan, depende fuertemente de la disponibilidad presupuestaria y puede debilitar los incentivos a la eficiencia y al principio de “quien contamina paga”. • Derivación de inversiones a ACUAES: Plantea la derivación de determinadas actuaciones a sociedades estatales o entes instrumentales, como ACUAES, que asumirían la ejecución directa de inversiones con recuperación parcial o total de costes mediante convenios específicos con los beneficiarios. Este modelo permite una gestión más ágil y profesionalizada de las inversiones, reduce la carga financiera directa sobre la Confederación y refuerza el cumplimiento del principio de recuperación de costes en proyectos con beneficiarios identificables, especialmente en abastecimiento y saneamiento. Sin embargo, su aplicación es limitada a actuaciones con retorno económico claro, por lo que debe considerarse complementaria a otros mecanismos de financiación general.

Tema 17 Mejora del conocimiento	
Aspectos analizados	Consideraciones relativas al cambio climático
1. Amenazas climáticas relevantes	<ul style="list-style-type: none"> • Aumento de la variabilidad en el régimen de precipitaciones y de la frecuencia de eventos extremos (sequías e inundaciones), dificultando la previsión y modelización de escenarios hidrológicos. • Incremento de la incertidumbre en la evaluación de recursos disponibles y demandas hídricas futuras. • Cambios en la temperatura y calidad del agua que alteran los indicadores ecológicos y biológicos de seguimiento. • Aparición de nuevas sustancias emergentes y contaminantes difusos no incluidos en los programas tradicionales de control. • Riesgo de obsolescencia tecnológica de las redes de seguimiento ante la rápida evolución de las herramientas digitales y analíticas.
2. Riesgos y vulnerabilidades	<ul style="list-style-type: none"> • Insuficiencia de datos para diagnosticar adecuadamente el estado de las masas de agua y sus presiones. • Desigual cobertura territorial y tipológica de las redes de control (aguas superficiales, subterráneas y zonas protegidas). • Carencias en la interoperabilidad entre sistemas de información, lo que dificulta el intercambio y uso eficiente de los datos. • Limitaciones técnicas y presupuestarias para el mantenimiento y renovación de equipos de medida y laboratorios. • Déficit en el seguimiento de sustancias emergentes y de parámetros hidromorfológicos clave. • Riesgo de retraso en la detección de incumplimientos de los objetivos ambientales o en la respuesta ante situaciones de crisis hídrica.
3. Adaptación en la planificación hidrológica	<ul style="list-style-type: none"> • Refuerzo, modernización y ampliación de las redes de seguimiento de aguas superficiales, subterráneas y zonas protegidas. • Integración de la digitalización e interoperabilidad en los sistemas de información hidrológica (SAI CH Cantábrico y PERTE del agua). • Incorporación de tecnologías avanzadas de observación y análisis: sensores IoT, teledetección, drones y fotogrametría. • Desarrollo de estudios sobre cambio climático, presiones, sustancias emergentes y dependencia ecosistémica del régimen hidrológico. • Implantación de protocolos de seguimiento hidromorfológico y de control del cumplimiento del régimen de caudales ecológicos (PIGA).

Tema 17 Mejora del conocimiento	
Aspectos analizados	Consideraciones relativas al cambio climático
	<ul style="list-style-type: none"> • Refuerzo del seguimiento piezométrico automatizado y en tiempo real en acuíferos. • Mejora de los inventarios y bases de datos de concesiones, vertidos y ocupaciones del dominio público hidráulico. • Fomento de la cooperación interadministrativa y la formación técnica del personal. • Impulso de la I+D+i aplicada al diagnóstico, gestión y planificación del agua.
4. Mitigación y otros beneficios climáticos	<ul style="list-style-type: none"> • Reducción de la incertidumbre en la planificación, mejorando la capacidad de anticipación ante fenómenos extremos. • Optimización del uso de recursos y reducción de costes mediante la digitalización y el análisis avanzado de datos. • Mejora de la eficiencia energética al modernizar equipos de medida y transmisión. • Mayor precisión en la evaluación de emisiones, vertidos y presiones, facilitando políticas de reducción de contaminantes. • Incremento de la transparencia y de la participación pública mediante la disponibilidad de información abierta y verificable. • Apoyo a la mitigación del cambio climático a través de una gestión más adaptativa y basada en evidencias científicas.
5. Alternativas de intervención	<ul style="list-style-type: none"> • Escenario tendencial: Mantiene las líneas actuales de seguimiento y estudio, consolidando las redes existentes sin reforzarlas. Ofrece continuidad institucional, pero limita la capacidad de anticipación y respuesta frente a nuevas presiones o efectos del cambio climático. • Mejora progresiva: Ejecuta íntegramente las medidas previstas en el ciclo 2022–2027, reforzando redes, estudios estratégicos, digitalización y herramientas de planificación. Permite una mejora sustancial de la calidad del diagnóstico y de la gobernanza del agua, aunque exige un esfuerzo institucional y presupuestario relevante. • Desarrollo completo: Integra todas las medidas vigentes y amplía su alcance con una modernización estructural del sistema de conocimiento: digitalización integral, interoperabilidad avanzada, incorporación de tecnologías emergentes, I+D+i aplicada y fortalecimiento de la formación y sensibilización social. Representa el escenario más ambicioso y transformador, alineado con el Pacto Verde Europeo y la Estrategia de Digitalización del Agua.

Tema 18 Sensibilización, Formación y Participación Pública	
Aspectos analizados	Consideraciones relativas al cambio climático
1. Amenazas climáticas relevantes	<ul style="list-style-type: none"> • Desinformación y apatía social, que dificultan la adaptación comunitaria. • Fatiga climática, donde la ciudadanía percibe la adaptación como abstracta. • Desfase territorial en la percepción del riesgo, con menor sensibilidad en zonas tradicionalmente húmedas y resignación en regiones áridas
2. Riesgos y vulnerabilidades	<ul style="list-style-type: none"> • Incumplimiento de medidas de ahorro o restricciones. • Conflictos sociales o territoriales derivados de la redistribución de recursos en épocas críticas. • Falta de apoyo político y social a medidas necesarias de adaptación. • Pérdida de oportunidades de integración del conocimiento local en la gestión.
3. Adaptación en la planificación hidrológica	<ul style="list-style-type: none"> • Incorporar escenarios climáticos en la comunicación pública. • Habilitar espacios de participación inclusiva. • Potenciar la educación ambiental en todos los niveles. • Fomentar la transparencia y el acceso a la información. • Colaborar con ONGs, centros educativos y medios de comunicación para ampliar el alcance de la sensibilización.
4. Mitigación y otros beneficios climáticos	<ul style="list-style-type: none"> • Reducción de la huella hídrica-energética en el hogar y en los usos productivos. • Mayor apoyo a las energías renovables en la gestión del agua. • Impulso de soluciones basadas en la naturaleza que refuercen tanto la resiliencia hídrica como la captura de carbono. • Fomento de una cultura ambiental integral, que vincula agua, energía y residuos
5. Alternativas de intervención	<ul style="list-style-type: none"> • Escenario tendencial: Se basa en conservar el modelo de participación pública actual, centrado en el cumplimiento formal de los requisitos normativos de información y consulta establecidos por la Directiva Marco del Agua y el Reglamento de Planificación

Tema 18 Sensibilización, Formación y Participación Pública	
Aspectos analizados	Consideraciones relativas al cambio climático
	<p>Hidrológica. Las actuaciones se limitarían a la difusión de los principales documentos del ciclo y a la organización de jornadas informativas puntuales, sin reforzar la implicación activa de la ciudadanía ni ampliar la diversidad de actores participantes. Este enfoque permite mantener la operatividad institucional y reducir costes, pero perpetúa las limitaciones detectadas: baja incidencia social del proceso, escasa diversidad de públicos y falta de mecanismos permanentes de colaboración. Resulta adecuado únicamente para un contexto de gestión estable, pero insuficiente para avanzar hacia una gobernanza más participativa, transparente y corresponsable.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Mejora progresiva: Plantea una intensificación moderada de las acciones de participación pública, asegurando la ejecución completa de la medida vigente “Campañas de comunicación, divulgación y exposiciones” e incrementando la accesibilidad y visibilidad de los procesos de consulta. Esta alternativa implica fortalecer los canales existentes —web institucional, jornadas, formularios de participación— y mejorar la claridad y disponibilidad de la información, garantizando así un acceso más equitativo al proceso de planificación. Aunque supone un avance en términos de transparencia y cumplimiento de los compromisos institucionales, mantiene una orientación fundamentalmente informativa y de consulta, sin consolidar una estructura de gobernanza participativa ni mecanismos de diálogo continuado con los agentes implicados. • Desarrollo completo: Propone la implantación de un modelo avanzado de participación pública, que combine comunicación, consulta, deliberación y corresponsabilidad social en la planificación hidrológica. Este escenario implica la ejecución plena de la medida del tercer ciclo y la incorporación de nuevas líneas de actuación: educación y sensibilización en materia de agua y cambio climático, actualización dinámica de la base de datos de agentes interesados, intensificación de la presencia institucional en el ámbito digital, diversificación de los espacios presenciales de participación (talleres, foros, mesas sectoriales), fomento del voluntariado ambiental y de los programas de custodia fluvial, y promoción de la igualdad y la inclusión en todos los procesos participativos. Asimismo, se incorporarán mecanismos de seguimiento y evaluación que permitan medir la representatividad, la calidad y el impacto de la participación en la toma de decisiones. Esta alternativa refuerza la gobernanza del agua en la demarcación, promueve la corresponsabilidad social y contribuye a mejorar la legitimidad, eficacia y aceptación de las políticas públicas del agua. Su puesta en marcha exige un mayor esfuerzo técnico, presupuestario y organizativo, pero ofrece el mayor potencial transformador y de alineación con las directrices europeas en materia de participación y transparencia ambiental.

Anexo 14.II. Matriz de relación de Temas Importantes

	Tema 1	Tema 2	Tema 3	Tema 4	Tema 5	Tema 6	Tema 7	Tema 8	Tema 9	Tema 10	Tema 11	Tema 12	Tema 13	Tema 14	Tema 15	Tema 16	Tema 17	Tema 18
Tema 1	-	X	X	X				X	X					X	X	X	X	X
Tema 2	X	-	X	X				X	X					X	X	X	X	X
Tema 3	X	X	-	X				X	X					X	X	X	X	X
Tema 4	X	X	X	-				X	X					X	X	X	X	X
Tema 5					-	X	X	X		X	X	X	X	X	X	X	X	X
Tema 6					X	-		X		X	X		X	X	X	X	X	X
Tema 7					X		-	X	X					X	X	X	X	X
Tema 8	X	X	X	X	X	X	X	-						X	X	X	X	X
Tema 9	X	X	X	X			X		-	X		X	X	X	X	X	X	X
Tema 10					X	X			X	-				X	X	X	X	X
Tema 11					X	X					-	X	X	X	X	X	X	X
Tema 12					X				X		X	-	X	X	X	X	X	X
Tema 13					X	X			X		X	X	-	X	X	X	X	X
Tema 14	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	-	X	X	X	X
Tema 15	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	-	X	X	X
Tema 16	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	-	X	X
Tema 17	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	-	X
Tema 18	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	-