



EL PACTO VERDE EUROPEO Y LAS PRESAS



Comité Nacional Español de Grandes Presas

Índice

1) INTRODUCCIÓN	3
2) INTEGRACIÓN DE SISTEMAS ENERGÉTICOS	5
a) Embalses reversibles – como almacenamiento de energía	5
b) PNIEC	7
c) Huella hídrica de la producción de energía	8
3) ADAPTACIÓN AL CAMBIO CLIMÁTICO	12
a) Disminución de la calidad del agua potable	12
b) Papel que los embalses pueden jugar en la gestión de inundaciones y sequías	15
c) Seguridad de presas e impacto del cambio climático	21
d) Garantía del abastecimiento del recurso hídrico	22
4) ESTRATEGIA DE BIODIVERSIDAD	33
a) Restauración de ríos libres de obstáculos	33
b) Caudales ecológicos	35
c) Flujo de sedimentos	38
CRÉDITOS	41

1) INTRODUCCIÓN

La Comisión Europea propone transformar la economía y la sociedad de la UE de una forma drástica para responder a las ambiciones climáticas. Para ello, ha adoptado una serie de propuestas para adaptar las políticas de la UE en materia de clima, energía, transporte y fiscalidad con el fin de reducir las emisiones netas de gases de efecto invernadero en al menos un 55 % de aquí a 2030, en comparación con los niveles de 1990. Es crucial lograr estas reducciones de emisiones en la próxima década para que Europa se convierta en el primer continente climáticamente neutro del mundo de aquí a 2050 y se materialice el Pacto Verde Europeo.

El 11 de diciembre de 2019, la Comisión presentó su Comunicación sobre el Pacto Verde Europeo. Se trata de la nueva estrategia de crecimiento para la Unión Europea, que tiene por objeto situar a Europa en la senda de la transformación hacia una sociedad climáticamente neutra, equitativa y próspera, con una economía moderna y competitiva que utilice de manera eficiente los recursos.

Durante la reunión del Consejo Europeo de diciembre de 2019, los dirigentes de la UE reiteraron la determinación de la UE de desempeñar un papel de liderazgo en la lucha mundial contra el cambio climático, refrendando en sus Conclusiones el objetivo de la UE de alcanzar la neutralidad climática de aquí a 2050.

Posteriormente, en diciembre de 2020, el Consejo Europeo confirmó su determinación de llevar a cabo la transición ecológica de la UE. Los dirigentes de la UE refrendaron un nuevo objetivo vinculante para la UE, a saber: lograr de aquí a 2030 una reducción interna neta de las emisiones de gases de efecto invernadero del 55 % como mínimo con respecto a los valores de 1990, superando así el objetivo acordado en 2014 de reducir las emisiones en al menos un 40 % para 2030. Los dirigentes de la UE pidieron al Consejo y al Parlamento que reflejasen este nuevo objetivo en la “Ley Europea del Clima”.

En julio de 2021, la Comisión presentó el paquete de medidas «Objetivo 55», un conjunto de propuestas e iniciativas cuyo objetivo es revisar y actualizar la legislación de la UE a fin de adaptarla a los objetivos climáticos de la UE para 2030 y 2050. El paquete se presentó a los ministros de Medio Ambiente y Clima de la UE en una reunión informal celebrada durante la Presidencia eslovena los días 20 y 21 de julio.

Según la UE, el Pacto Verde Europeo resalta la necesidad de aplicar un enfoque global en el que todas las actuaciones y políticas de la UE contribuyan a los objetivos del Pacto Verde. En su Comunicación, la Comisión anunció iniciativas que abarcan toda una serie de ámbitos de actuación, como el clima, el medio ambiente, la energía, el transporte, la industria, la agricultura y las finanzas sostenibles, todos ellos estrechamente interconectados. De nuevo, como ya sucediera en los Objetivos de Desarrollo del Milenio de la ONU, el agua no aparece explícitamente contemplada, pero no cabe duda de que es un recurso transversal que afecta decisivamente a muchos de esos vectores y ha de contribuir a la adaptación y mitigación del cambio climático.

Además, en el marco del Pacto Verde, se va a pasar revista a todas las políticas actuales relacionadas con el objetivo de neutralidad climática, con el fin de modificarlas cuando sea necesario de acuerdo con unos objetivos climáticos más exigentes. Esto afecta, por ejemplo, a la legislación vigente sobre emisiones de gases de efecto invernadero, energías renovables y eficiencia energética.

Para empezar, la UE ya está trabajando activamente en el agua potable para uso doméstico¹. La Comisión ya ha enviado al Parlamento Europeo la propuesta final de una nueva directiva, cuyo texto actualiza las normas de calidad del agua potable fijadas hace más de 20 años y establece nuevos requisitos mínimos de higiene para todos los materiales que entran en contacto con ella, como tuberías y grifos, para evitar una posible contaminación.

Las nuevas reglas requieren el control de sustancias orgánicas, productos farmacéuticos y microplásticos y establecen condiciones de acceso al agua para las minorías que tienen acceso limitado o nulo a ella. También proporcionan apoyo financiero, que incluye dinero del Fondo Social Europeo para la instalación de tuberías y fuentes de suministro. Se presta especial atención al uso de agua en lugares públicos como restaurantes, bares y pubs, y la directiva tiene como objetivo actuar sobre los costes para incentivar el ahorro. También se hace hincapié en el embotellado de vidrio en origen y el reciclaje de botellas para garantizar una disminución en el uso de plástico.

Se prevé la protección del agua y sus cuencas como bien público, garantizar agua limpia y saludable para todos y acceso universal, estableciendo el agua potable, la defensa de cuencas, lagos y ríos, embalses y estructuras de mantenimiento y distribución como pilares fundamentales del bien común europeo en el sector del agua.

Bajo el prisma del Pacto Verde, en el área de las presas, hay diversos temas que, entre otros, deberán ser revisados, y que aborda este documento:

- ✓ La integración de sistemas energéticos y, dentro de ello, los embalses reversibles – como almacenamiento de energía, la influencia del Plan Nacional Integrado de Energía y Clima (PNIEC) o la huella hídrica de la producción de energía
- ✓ La adaptación al cambio climático, donde se analizarán la posible disminución de la calidad del agua potable, el papel que los embalses pueden jugar en la gestión de inundaciones y sequías y la influencia en la garantía del abastecimiento del recurso hídrico
- ✓ La estrategia de biodiversidad, respecto a la que se abordará la restauración de ríos libres de obstáculos, los caudales ecológicos y el flujo de sedimentos.

¹ Roberto Di Giovan Paolo, The European Green Deal starts with water, pág. 45. Ver: https://www.eni.com/static/en-IT/world-energy-magazine/water-stories/We_WorldEnergy_46_eng.pdf

2) INTEGRACIÓN DE SISTEMAS ENERGÉTICOS

a) *Embalses reversibles – como almacenamiento de energía*

Desde que las líneas eléctricas de transporte pudieron articular redes a escala nacional e incluso transnacional, el parque hidroeléctrico, en especial los saltos asociados a grandes presas han jugado un papel estratégico, no solo por su contribución a la matriz energética, participando de una proporción de la producción de energía, sino en la garantía de estabilidad y seguridad de la red eléctrica general. Si bien no todas las centrales hidroeléctricas contribuyen de igual manera a este segundo rol, aquéllas a las que se asigna un carácter de arranque autónomo constituyen un activo de seguridad de las redes peninsulares.

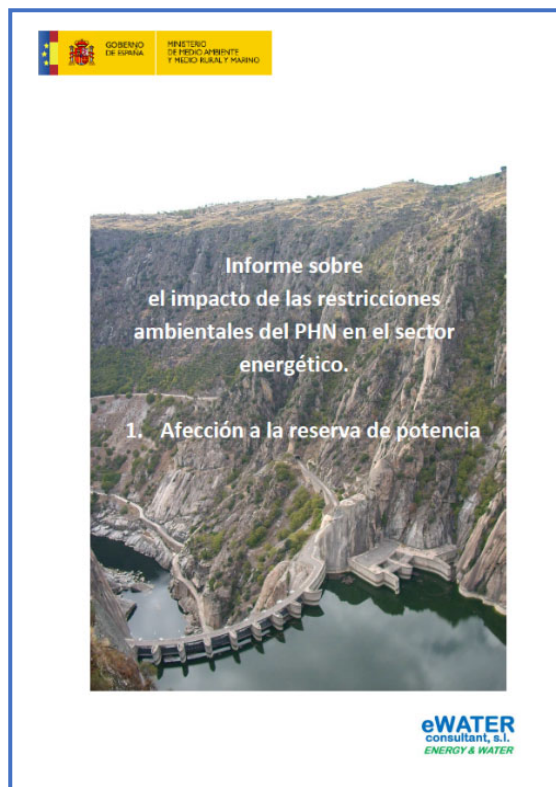
Ese rol, de reacción rápida a los cambios de demanda, evitando problemas de frecuencia o potencia reactiva, además se complementaba con el stock de energía de rápida movilización en embalses con saltos de pie de presa. Siempre han jugado y juegan estos embalses una función de almacenamiento con reserva de potencia.

Este rol a nivel estatal fue analizado en etapas anteriores de la planificación hidrológica nacional, concluyendo que el sistema se puede estabilizar por medio de una serie de grandes presas y/o la construcción de embalses de bombeo y contra-embalses.

Las grandes centrales que descargan en un gran embalse ofrecen flexibilidad al sistema sin comprometer las condiciones ecológicas derivadas de las altas tasa de cambio requeridas para esta función. Es por lo que el mencionado estudio proponía ya la promoción de centrales reversibles, bien de bombeo puro, bien la dotación de contra-embalses a algunas de las centrales estratégicas donde las tasas de cambio pudieran amenazar la flexibilidad que aportan a la red y al sistema conjunto ibérico.

Desde entonces se dispone de una mayor, y creciente, proporción de energías renovables intermitentes, como la eólica y solar. Ambas necesitan, y no es opcional, el complemento de un parque de almacenamiento y reserva no solo de potencia de reacción rápida, sino de energía. Ya no se trata simplemente de adaptar a nivel diario la oferta y la demanda, o de evitar problemas puntuales, sino de almacenar energía renovable variable (VRE, eólica o fotovoltaica) en periodos más largos en que hay excedentes de producción para retornarlos cuando hay periodos de déficit de producción. Este último servicio lo desarrolla la componente hidroeléctrica y en menor medida las centrales de ciclo combinado.

El aprovechamiento del potencial renovable no almacenable, cuya magnitud es creciente de un gran potencial, requiere el complemento de seguridad funcional, pero también, y, sobre todo, almacenamiento a corto plazo. De nuevo es el sector hidroeléctrico el que ofrece la mayor capacidad de respuesta, junto con las baterías, sector que también jugará un papel en el almacenamiento.



Así, aunque la apuesta por la penetración a gran escala de VRE, necesitará la concurrencia de distintas tecnologías de almacenamiento, hay que destacar los puntos fuertes que operan a favor de contar con el almacenamiento hidráulico de energía:

Capacidad unitaria de la instalación de almacenamiento (potencia y energía):

- ▶ La potencia y capacidad energética de las Centrales Hidroeléctricas Reversibles (CHR) se sitúa normalmente uno o dos órdenes de magnitud por encima de los valores que caracterizan a otras tecnologías de almacenamiento disponibles en la actualidad.
- ▶ Madurez tecnológica, fiabilidad y disponibilidad dentro de España del conocimiento y medios necesarios: Se trata con diferencia de la tecnología de almacenamiento a gran escala más madura y probada, sobre la cual se dispone en España de una amplia experiencia y conocimiento técnico.
- ▶ Duración del ciclo carga-descarga: Es flexible y ajustable a tiempos mucho más largos (fundamentalmente en descarga) que los de otros sistemas alternativos.
- ▶ Capacidad para afrontar diversos regímenes de operación (horario, diario, semanal, estacional): El almacenamiento hidráulico a gran escala es la única tecnología que actualmente y a corto-medio plazo es capaz de operar con tal versatilidad.
- ▶ Rendimiento y eficiencia energética del ciclo: Aunque es ligeramente inferior al de los sistemas de baterías (75% vs. 85%) el rendimiento de la CHR es razonablemente alto y muy superior al de futuros sistemas basados en hidrógeno verde.
- ▶ Vida útil de la instalación: Muy superior comparativamente a la de otros tipos de tecnologías.
- ▶ Costes a lo largo de su vida útil (inversión, O&M, y en su caso de retiro y reciclaje): Considerando su capacidad (potencia y energía) puede afirmarse que los costes del almacenamiento hidráulico son competitivos.
- ▶ Integración del almacenamiento en la planificación energética del país: Si se pretenden cumplir los objetivos del PNIEC 2021-2030 es importante no demorar la tramitación de las concesiones de nuevas CHR, en coordinación con la planificación hidrológica de las cuencas y la de la red de transporte.
- ▶ Creación de empleo, valor añadido nacional y contribución a los principios de Transición Justa: Indudablemente muy superior a lo que podría conseguirse con otras tecnologías de almacenamiento energético.
- ▶ Contribución a la estabilidad, operación eficiente y flexibilidad del sistema eléctrico: Las CHR aparte de almacenar y generar energía en el contexto del SE, contribuyen a su operación flexible y segura mediante la aportación, a demanda del Operador del Sistema, de servicios de ajuste y de inercia mecánica. Esta última es necesaria para mantener el sincronismo de unidades de generación y cargas dada la falta de contribución a la inercia por parte de las instalaciones eólicas y fotovoltaicas.
- ▶ Apoyo a la penetración masiva de energías renovables variables en el Sistema Eléctrico (SE): Notabilísimo, tanto por escala (potencia y energía) como por su participación en los mercados de servicios técnicos de ajuste gestionados por REE.
- ▶ Contribución a la optimización de las inversiones en red de transporte: La planificación coordinada de nuevas instalaciones de almacenamiento hidráulico de energía y de la red de transporte redundará en la optimización de los nudos de esta última y por tanto de la inversión en infraestructura.

- ▶ Polivalencia y versatilidad de usos más allá de la operación del SE: El potencial uso hidráulico, en caso de necesidad, del agua embalsada en las CHR supone una indiscutible ventaja añadida frente a otras tecnologías alternativas.
- ▶ Fomento de la creación de reservas energéticas en el dominio público hidráulico y valor ambiental: El aumento del volumen de reservas energéticas hidráulicas reducirá la dependencia de otras fuentes, en particular del gas natural, y abre posibilidades de utilizar estas reservas estratégicas para garantizar demandas contempladas en la planificación hidrológica. Esta es otra ventaja del almacenamiento hidráulico, en este caso relacionada con la adaptación del territorio a los efectos previsibles del cambio climático en nuestro país: fenómenos extremos, sequía, desertización, mejorando la resiliencia de nuestro sistema español de gestión del agua.

Pese al consenso en el sector de la necesidad de estos proyectos de saltos reversibles, sean o no de bombeo puro, la última década apenas ha movilizado inversiones más que en un par de casos, importantes pero insuficientes. La falta de atractivo a la inversión ha sido, quizás, consecuencia de la incertidumbre en los ingresos para la retribución de la inversión y el marco jurídico-económico. Es una tarea por desarrollar a escala europea, donde el marco regulador ha de facilitar el pago de un servicio necesario, el almacenamiento, de forma que no sea resultado del futuro diferencial de precios horarios sino de la demanda planificada de una función específica e imprescindible para una matriz de cero-carbono, el almacenamiento de excedentes temporales de energía renovables intermitentes.

Una buena planificación, tanto a escala de cuenca como nacional, necesita armonizarse con la planificación energética y explotar sus sinergias como una necesidad. Sirva de ejemplo la urgencia en encontrar un punto de encuentro entre las exigencias medioambientales en cuando a caudales ecológicos y tasas de cambio, como la contribución al desarrollo de renovables, con redes eficientes que permitan contribuir a la mitigación del cambio climático.

En definitiva, la planificación hidrológica ha de prever el rol de los saltos estratégicos, la necesidad de contra-embalses que permitan acoplar las centrales a los requerimientos medioambientales y los saltos de bombeo reversibles, sin esperar otra década a que de forma espontánea se cree esa imprescindible infraestructura de almacenamiento energético que el país necesita.

b) PNIEC

El Plan Nacional Integrado de Energía y Clima 2021-2030 (PNIEC) nace de la necesidad de actuación frente a los riesgos detectados en relación a las cuestiones climáticas, la gran mayoría derivados de aspectos energéticos, con el objetivo principal de mitigación de estos en la medida de lo posible.

Tres de cada cuatro toneladas de Gases de Efecto Invernadero se generan en el sector energético, por lo que la transición energética y la descarbonización de la economía, tanto europea como nacional, deberá basarse en la descarbonización de este, pero sin dejar de lado la reducción de emisiones de otros sectores.

Desde el punto de vista nacional, se define la senda de transición hacia la neutralidad climática y supone una profunda transformación de todo el sistema energético, basándose en energías renovables. Las cifras planeadas por el PNIEC en 2030 para el territorio español son la reducción del 23% de emisiones de GEI con respecto a 1990, la participación de renovables en el consumo

energético del 42%, un 39,5% de eficiencia energética y un nivel de interconexión eléctrica internacional del 15%.

Sin embargo, la clave del cumplimiento de los objetivos planteados no solo se basará en la producción energética de fuentes renovables, sino también en la capacidad de almacenamiento de esta. Es por ello que dentro del PNIEC se contempla a las baterías y embalses como instrumentos principales de almacenamiento de energía, y se prevé incorporar una capacidad adicional de 6.837 MW de almacenamiento para 2030, con un total de 3.500 MW en bombeo de centrales reversibles. En la Estrategia de Almacenamiento Energético², publicada con posterioridad al PNIEC, se estima pasar de los 8,3 GW de almacenamiento disponibles en la actualidad, aportados en su mayor parte por sistemas de bombeo y de almacenamiento térmico en centrales termosolares, a un valor de alrededor de 20 GW en 2030 y 30 GW en 2050 de potencia de almacenamiento energético total disponible en esos años, aportado por un amplio espectro de tecnologías.

Con el almacenamiento mediante bombeo se aseguran como características generales positivas la presencia de una tecnología madura de energía limpia, que presenta un rendimiento elevado y una vida útil larga en sus instalaciones, con gastos moderados de operación y mantenimiento en consecuencia. Todo ello permitiría la transición energética sin presencia de cortes, la regulación de frecuencia y el control de la tensión y factor de potencia, así como el aprovechamiento del Spread de precios del mercado.

Sin embargo, se siguen presentando obstáculos como la complejidad técnica por la diversidad de tipologías, la dependencia del entorno natural para su producción eficiente (topografía, geología e hidrología), y la interferencia de esta con otros usos del agua.

c) Huella hídrica de la producción de energía

El agua se utiliza cada vez más en la producción de energía, ya sea para la generación de electricidad, o para la extracción, transporte y procesamiento de petróleo, gas y carbón, así como también para el riego de cultivos destinados a la producción de biocombustibles.

La Huella Hídrica no es ni más ni menos que un indicador medioambiental de volumen de agua dulce utilizado en la cadena de producción de un bien o servicio, distinguiéndose la Huella hídrica verde, de precipitaciones almacenada en la tierra, la Huella hídrica azul, de recursos hídricos subterráneos o en superficie, y la Huella hídrica gris, la utilizada para diluir el agua contaminada en los procesos de producción.

Dentro de la Huella Hídrica de la UE, más del 20% proviene del sector eléctrico, con 1300 L/hab. de 5000 L/hab. totales, y dentro de la producción de energía los biocombustibles presentan una huella hídrica enorme, aun sin considerar la humedad del suelo (que aumentaría estos valores).

² Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico, 2021.

Ver: https://www.miteco.gob.es/es/prensa/estrategiaalmacenamiento_tcm30-522655.pdf

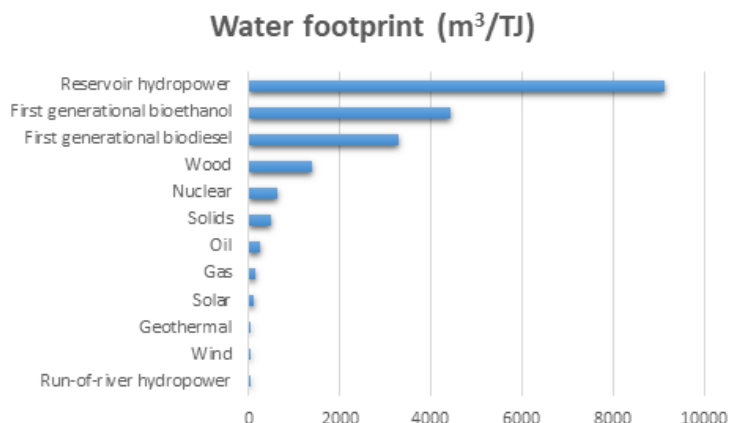


Gráfico de la Huella hídrica promedio de diferentes fuentes de energía renovable y no renovable, sin incluir la humedad del suelo

Fuente: EU, 2019 ()

Un estudio de la empresa TOTAL³ pone de manifiesto que la producción de electricidad a partir de combustibles fósiles y energía nuclear requiere extracciones masivas: 342 mil millones de m³ en 2014. Pero, de ellos, 325 mil millones de m³ se devuelven al medio natural, la diferencia se debe principalmente a la evaporación.

La producción de energías primarias (carbón, petróleo, gas, biocombustibles) utiliza cantidades menores (47 mil millones de m³), pero devuelve muy poco (16 mil millones). En total, por tanto, "consume" más que la producción de electricidad hidráulica: las centrales hidroeléctricas no toman ni consumen agua (aparte del aumento de la evaporación de los embalses). Extraen energía de los flujos de agua que canalizan, sin modificar su cuantía, por lo que suele considerarse un uso no consuntivo.

En la energía geotérmica, el agua caliente de los acuíferos subterráneos profundos se utiliza para generar vapor. El vapor enfriado se reinyecta, constituyendo un circuito cerrado con pocas pérdidas.

En las centrales térmicas, todas necesitan agua para enfriar el vapor que hace funcionar las turbinas que generan electricidad. Las centrales nucleares son las que más agua extraen (de los ríos o del mar). El agua circula en un circuito secundario aislado del reactor y es devuelta a la naturaleza a una temperatura que no afecte al ecosistema.

Las centrales eléctricas de carbón son, con mucho, las más numerosas y son las que movilizan más agua del planeta.

Las plantas de energía solar termodinámica, es decir, aquellas cuyos espejos parabólicos captan el calor del sol, también necesitan gran cantidad de agua, lo cual suele suponer un problema, debido a que, con frecuencia, están ubicadas en zonas áridas o semiáridas.

Las energías eólica y fotovoltaica, en cambio, consumen muy poca agua, aparte de la necesaria para la fabricación de las células solares (lavarlas requiere agua muy pura, que generalmente circula en circuito cerrado).

Por último, los biocombustibles, producidos a partir de plantas, requieren grandes volúmenes de agua para el riego. Según el estudio de TOTAL, en 2014, los biocombustibles representaron una

³ Fuente: <https://www.planete-energies.com/fr/medias/decryptages/l-intime-relation-entre-l-energie-et-l-eau>.
TOTAL Foundations. DOSSIER: Énergie et ressources naturelles

cuarta parte del consumo de agua dedicada a la energía, es decir, más que el carbón, más que el petróleo y mucho más que el gas.

La Agencia Internacional de la Energía (AIE) estima que "se espera que la necesidad de agua para la producción de energía crezca dos veces más rápido que la demanda de energía".

La AIE indica que, de las extracciones de agua para la producción de energía, hay aproximadamente un 9% que se consume, es decir, no vuelve a su fuente y que el volumen de agua consumida va a aumentar, por lo que la huella hídrica de los proyectos energéticos debería ser un factor cada vez más importante en su evaluación.

En cuanto a la generación hidroeléctrica, se ha considerado históricamente como un uso de agua no consuntivo; sin embargo, el propio Hoekstra, creador del concepto de huella hídrica, en estudios publicados (Mekonnen and Hoekstra, 2012)⁴, a través de la estimación de la huella hídrica azul de la hidroelectricidad en 35 casos diferentes, concluye que la energía hidroeléctrica es un gran consumidor consuntivo de agua. La cantidad de agua que se pierde anualmente por evaporación de los embalses seleccionados es equivalente al 10% de la huella hídrica azul global relacionada con la producción de cultivos. Además de depender de la influencia del clima local, la huella hídrica aumenta linealmente con el área inundada por unidad de capacidad instalada.

Sin embargo, el agua evaporada del embalse rara vez se tiene en cuenta al evaluar los pros y los contras de la construcción de presas para la generación hidroeléctrica. El estudio de Mekonnen y Hoekstra defiende que contabilizar la pérdida de agua por evaporación es una consideración que debería ser tomada en cuenta al evaluar la sostenibilidad ambiental, social y económica de una presa propuesta o en la evaluación de la energía hidroeléctrica como fuente de energía. La huella hídrica de las presas hidroeléctricas debe considerarse, como es lógico, además, en el contexto de la cuenca hidrográfica en la que se produce, ya que la competencia por el agua y los posibles usos alternativos de esta difieren según la cuenca. Además, el desarrollo sostenible de la energía hidroeléctrica requeriría también la contabilidad e internalización de todos los costos externos, incluido el consumo de agua. Internalizar significa que los costos económicos y ambientales del agua consumida se cargan al operador de una central hidroeléctrica y se incluyen en el precio de la energía hidroeléctrica, que debería variar en función del grado de escasez de agua y la competencia por su uso, dependiendo del período dentro del año y las circunstancias locales.

Si se va a un mayor desarrollo de la energía hidroeléctrica, se deben tener en cuenta todos los costos ambientales y sociales asociados. A este respecto, la huella hídrica de la hidroelectricidad, es decir, el uso consuntivo del agua debería considerarse como un indicador más en la evaluación de impacto ambiental. Pero también sería necesario contrastar mediante una investigación rigurosa las verdaderas pérdidas que son previsibles en cada zona, validando las conclusiones de los autores mencionados y adaptándolas a los casos específicos.

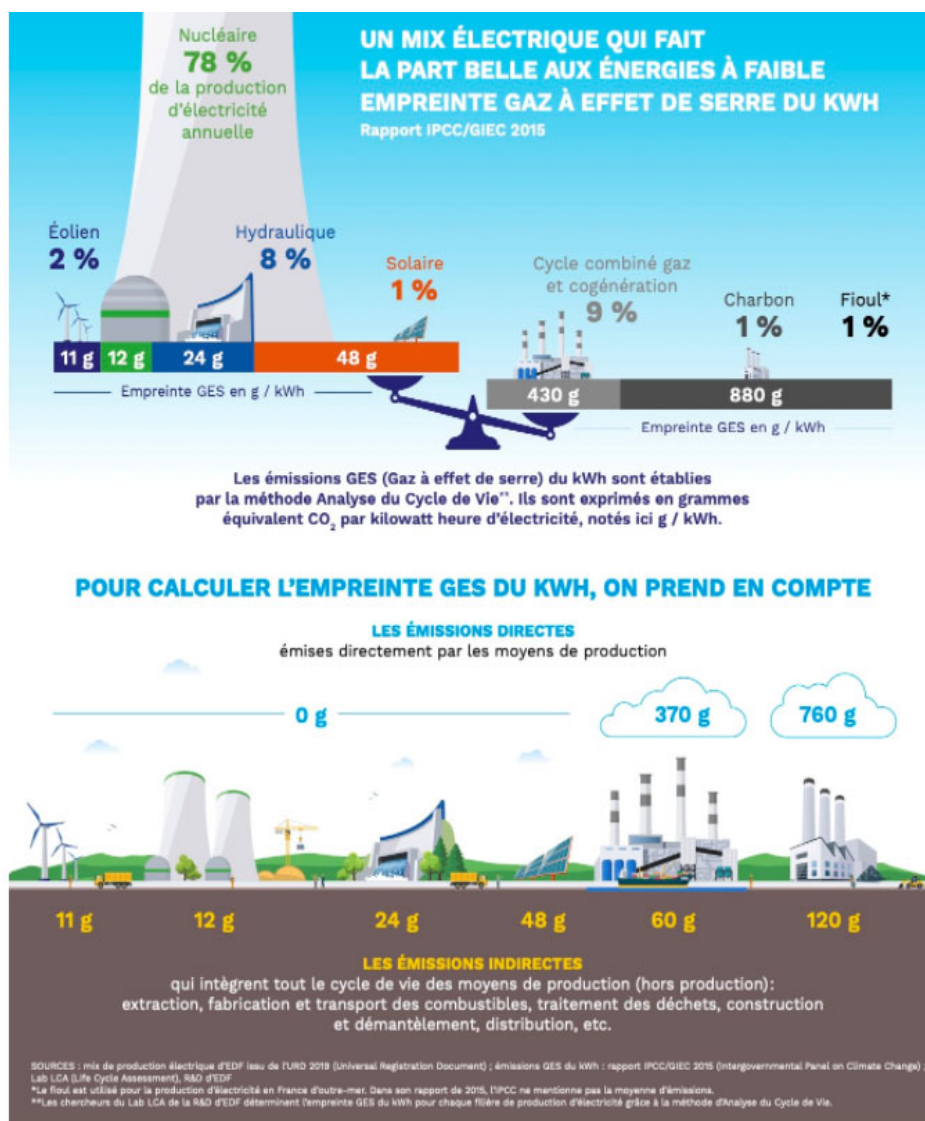
En cuanto a las **Emisiones de Gases de Efecto Invernadero** en la producción de energía, EDF ha estudiado la huella de carbono de los diferentes modos de producir energía. Para determinar la huella de GEI de los distintos medios de producción que componen el mix eléctrico se utilizó el método de Análisis del Ciclo de Vida (LCA).

⁴ <https://www.linkedin.com/pulse/water-footprint-energy-summarising-10-years-research-arjen-hoekstra/>

Mekonnen, M.M. and Hoekstra, A.Y. (2012) The blue water footprint of electricity from hydropower Hydrology and Earth System Sciences, 16, 179–187, 2012, www.hydrol-earth-syst-sci.net/16/179/2012/ doi:10.5194/hess-16-179-2012
The blue water footprint of electricity from hydropower
M. M. Mekonnen and A. Y. Hoekstra

Para calcular el balance de emisiones, además de la producción de energía eléctrica en sí (emisiones directas durante la operación de la planta), se tienen en cuenta otros muchos parámetros como la extracción, fabricación y transporte de combustibles, tratamiento de residuos, construcción y desmantelamiento, distribución, etc., que producen emisiones indirectas.

No todos los sectores tienen la misma huella de gases de efecto invernadero. Las fuentes nucleares, hidráulicas, eólicas y solares, tienen cero emisiones directas de CO₂. Mientras, las centrales de ciclo combinado, centrales de carbón o fuel son las más emisoras.



La huella de gases de efecto invernadero de la producción de electricidad.

Fuente: La Neutralité Carbone (<https://www.edf.fr/groupe-edf/inventer-l-avenir-de-l-energie/r-d-un-savoir-faire-mondial/pepites-r-d/neutralite-carbone/mix-production-electricite-tres-bas-carbone>)

También la huella de carbono debería ser tenida en cuenta en los nuevos desarrollos hidroeléctricos.

3) ADAPTACIÓN AL CAMBIO CLIMÁTICO

a) Disminución de la calidad del agua potable

La disminución de la calidad del agua destinada a consumo humano como consecuencia del cambio climático es una realidad que ya está presente en muchos lugares pero que amenaza con extenderse a muchos otros y amplificarse con la evolución de las temperaturas y la proliferación de los fenómenos meteorológicos extremos.

El tema se aborda desde la planificación hidrológica de las distintas cuencas, y se encuentra presente en la mayor parte de los Esquemas de Temas Importantes, de uno u otro modo. Si bien es cierto que su exposición no coincide exactamente con el planteamiento de pérdida de calidad del agua como consecuencia del cambio climático, sino que, la mayoría de las veces es preciso componer los distintos factores en un único planteamiento más directo.

El principal problema contemplado es la garantía de suministro y la disminución de disponibilidad general o puntual en episodios de sequías. Se habla, por ejemplo, de los escenarios climáticos futuros y de las necesidades de mitigación que se pueden plantear en relación con el servicio de las demandas de abastecimiento, o de la repercusión del cambio climático sobre los ecosistemas acuáticos. Temas generales y comunes a la mayoría de los Esquemas son los efectos del cambio climático sobre la disponibilidad de recursos, la satisfacción de las demandas, los objetivos ambientales o los fenómenos hidrológicos extremos (sequías e inundaciones), y las contaminaciones difusas o de foco puntual (aunque sin analizar las sinergias negativas con el cambio climático y sus consecuencias). El problema, si se quiere encontrar en los Esquemas de Temas Importantes, debe componerse a partir de distintos apartados, lo que, por otra parte, no es especialmente complicado (en el Ebro, por ejemplo, se plantean, como medida para la adaptación al cambio climático de cara al tercer ciclo de planificación, mejoras en depuración).

El origen —desde un punto de vista de cambio climático— de la pérdida de calidad del agua destinada a consumo humano se encuentra en múltiples factores, pero podríamos centrarnos en tres desencadenantes principales:

- ▶ Por una parte, el **aumento de las temperaturas** tiene una repercusión sobre la calidad de las aguas embalsadas, favoreciendo determinados procesos de estratificación y de eutrofización que pueden llegar incluso a hacer inviable el aprovechamiento de las aguas para el abastecimiento. El ciclo típico en el que, durante el otoño, se hunde la masa de agua superficial por el descenso de temperaturas, llevando oxígeno disuelto al fondo del embalse, se ve alterado por las mayores temperaturas, que calientan en mayor medida las aguas superficiales y hacen que las aguas del fondo, más frías, queden atrapadas bajo la termoclina y no lleguen nunca a elevarse, agotando su oxígeno y dando lugar en ocasiones a procesos de digestión anaerobia que degrada la calidad de las aguas. Por otra parte, si las aportaciones de materia y nutrientes al embalse resulta excesivo, este intenta asimilar las entradas e incorporarlas a sus flujos. Ello da lugar al estado de eutrofia, con mayor estratificación, aumento de sólidos en suspensión, descenso generalizado del oxígeno disuelto (con mortandad de peces y cambios organolépticos del agua, aumento de color y sabor, olor a sulfhídrico y aumento explosivo de las poblaciones de fito y zooplancton), llevando, como ha sucedido en ocasiones, a la disminución e incluso interrupción del abastecimiento, así como al gasto de grandes recursos materiales y económicos para intentar satisfacer fines prioritarios previstos.

- ▶ En segundo lugar, el **aumento de las cargas** de sedimentos, nutrientes y contaminantes que la escorrentía aporta a las masas de agua, debido a las fuertes lluvias, se encuentra también entre las causas de dicha afección a la calidad. Ello viene, muchas veces, acompañado de la interrupción del funcionamiento de las instalaciones de tratamiento durante las crecidas. Precipitaciones puntualmente más intensas pueden llevar a que se produzcan desbordamientos del saneamiento, lo que puede provocar inundaciones y contaminar las zonas bajas o densamente pobladas, así como las masas de agua receptoras. Estos mayores aportes de nutrientes y contaminación vienen a favorecer el fenómeno de la eutrofización mencionado anteriormente, por lo que, además de constituir, de por sí, una disminución de la calidad y un aumento de la contaminación, son desencadenante de una progresiva degradación de las aguas.
- ▶ En tercer lugar, la mayor **concentración de contaminantes** durante las sequías, por menor capacidad de las masas de agua para la dilución, es también causa de pérdida de calidad del agua y disminución de su aptitud para el consumo humano. Esta mayor concentración de contaminantes dificulta el funcionamiento de las plantas de tratamiento, principalmente en las áreas más desfavorecidas económicamente y con menores recursos y, así, las sequías pueden intensificar el uso de aguas residuales tratadas deficientemente. La escasez y falta de capacidad de dilución agrava también todos los problemas mencionados de concentración de contaminantes en los embalses, incapacidad para la autodepuración y mayor facilidad para la aparición de fenómenos de eutrofización y pérdida de biodiversidad.

La falta de acceso al agua en épocas de escasez o el riesgo de contraer enfermedades por contaminación fecal del agua durante las crecidas son posibilidades que debemos considerar en la planificación de los recursos hídricos. Las enfermedades transmitidas por el agua, como el cólera, son muy sensibles a los cambios de temperatura, precipitación y humedad⁵. La mayor frecuencia de los fenómenos meteorológicos extremos puede agravar la exposición de las personas a aguas contaminadas por la escorrentía y lavado de tierras agrícolas, las crecidas y el deficiente funcionamiento de los sistemas de tratamiento de aguas residuales. La escasez de agua almacenada en condiciones sanitarias adecuadas, la falta de recurso hídrico en épocas de mayor escasez lleva muchas veces a la necesidad de consumir, cuando la hay, agua estancada (hábitat de floraciones de algas tóxicas y caldo de cultivo de vectores de enfermedades que aumentan el riesgo de paludismo). Estos impactos se manifiestan de modos distintos a corto y a largo plazo, y la planificación necesaria, así como las medidas de adaptación para responder a las emergencias, pasan también por actuaciones a corto y a largo plazo. Una planificación de la seguridad del agua —y el saneamiento— resistente al clima constituye un enfoque basado en el riesgo que permite gestionar aquellos riesgos para la salud asociados a la calidad del agua y al cambio climático. No sólo es necesario ampliar la capacidad de embalse para garantizar la calidad. También la gestión de estos embalses, el correcto manejo de los flujos de sedimento, empleo de los desagües de fondo, la protección específica de dichos recursos, mecanismos de control y monitorización de la calidad de las masas de agua, remoción de contaminantes o actuaciones puntuales como la retirada de algas o la oxigenación de los estratos superiores del embalse con mayor nivel de eutrofización, deben considerarse en las estrategias de gobernanza del recurso hídrico.

⁵ Organización Mundial de la Salud y Organización Meteorológica Mundial, *Atlas de la salud y del clima* (Ginebra (Suiza), 2013).

Desde Europa, esta materia ha sido abordada a través de diferentes instrumentos. El Pacto Verde Europeo, que nos ocupa, aborda el tema de la pérdida de calidad del agua destinada a abastecimiento debida al cambio climático también de manera indirecta, y dentro de otros planteamientos más generales, sin un desarrollo frontal, pero con actuaciones que tienden a la solución, con propuestas, entre sus siete claves, como proteger y restaurar ecosistemas y mejorar su resiliencia ante el cambio climático o el plan de acción de lucha contra la contaminación para prevenir la polución del agua. En particular, en el bloque de adaptación al cambio climático, hace una división en tres apartados, en el primero de los cuales se alude a la disminución de la calidad del agua destinada a consumo humano, así como al problema de garantía del suministro. Además, se insiste en una disminución de disponibilidad, y se mencionan en el documento escenarios adversos como enfermedades transmitidas por el agua, escasez de agua almacenada en condiciones sanitarias poco adecuadas, etc. Más adelante habla de la necesidad de ampliar la capacidad de embalse para garantizar esta calidad. Cumpliendo en todo caso lo establecido en los artículos 6 y 7 de la Directiva Marco del Agua donde, explícitamente, se hace especial mención a esta protección del agua potable, y se habla de delimitar y proteger activamente estas masas de agua destinadas a consumo.

Un desarrollo legislativo más específico ha venido después con la 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, enfocada hacia una mayor prevención y gestión de los riesgos, estableciendo la necesidad del acceso universal al agua. Este planteamiento requiere de una visión más integral, asegurando que se cumplen los objetivos marcados tanto en la directiva, —más específicos de cara a la calidad—, como los que se establecen en el Pacto Verde Europeo, más genéricos pero que repercuten de igual modo en el agua potable. En el Pacto Verde Europeo, abordando la protección de la biodiversidad, se promueven medidas para proteger la biodiversidad y los ecosistemas, así como para mejorar la calidad de los océanos y los bosques, y, cuando habla de alimentación sostenible, señala el objetivo de reducir el uso de pesticidas, específicamente, y, con carácter más general, reducir todo tipo de contaminación, tanto en cuanto a emisiones a la atmósfera como al terreno o a masas de agua.

A la hora de abordar estos aspectos, es significativa, en nuestro país con respecto a Europa, la diferencia sustancial en cuanto al origen del agua. En España, el 74% del agua potable proviene de superficie y sólo el 17% de aguas subterráneas (el 9% restante, esencialmente de desalación), en tanto que, en Europa, el agua superficial constituye tan solo un 36%, mientras que más del 50% es subterránea. Este dato, unido a los anteriores, nos habla de la importancia de las presas de cara a la gestión del agua en España y de cómo deberá plantearse la trasposición de la Directiva a la legislación española.

La Directiva recoge las directrices del Pacto Verde Europeo y las materializa en la línea señalada. Establece la necesidad de realizar seguimiento de sustancias orgánicas, productos farmacéuticos y microplásticos en el agua destinada a consumo humano y fomenta la mejora y ampliación de las redes de distribución. En Europa, según la Agencia Europea de Medio Ambiente, más del 98,5 por ciento de los análisis realizados en muestras de agua potable respetan las normas actualmente vigentes en la UE.

No se hace expresa mención, en todo ello, a las presas. También en el Pacto Verde Europeo hay una ausencia prácticamente total de cualquier alusión al papel que las presas juegan en toda esta dinámica, aunque es evidente que el embalse asegura una cierta continuidad de la calidad del agua “pre-potable”, por la posibilidad de actuar y predecir la evolución en materia de calidad. La Directiva se enfoca hacia la protección del agua y sus cuencas como bien público, garantizando el agua sanitaria y saludable para todos y el acceso universal, y estableciendo el agua potable, la defensa de las cuencas, lagos y ríos, embalses y estructuras de mantenimiento y distribución, como pilares de

un activo común europeo en el sector del agua, en continuidad con lo ya planteado en la directiva marco del agua, que recogía la necesidad de una gestión coordinada de las cuencas fluviales.

No obstante, ante el hecho comprobado de que, por una parte, la normativa es cada vez más exigente en cuanto a la calidad del agua de abastecimiento y que, por otra, la calidad de las aguas naturales se reduce, son necesarias medidas tanto de mitigación como de adaptación. En el caso de los embalses, entre las de adaptación, destaca prever mecanismos que permitan seleccionar la cota de toma en función de la calidad del agua, habitualmente torres de toma, lo que permite optimizar la calidad en origen en cada momento y reducir el coste del tratamiento necesario. Teniendo en cuenta que, como se ha indicado, en España la mayor parte del abastecimiento procede de agua embalsada, la necesidad de acometer estas actuaciones en los embalses que no cuentan con la posibilidad de seleccionar la cota de toma puede ser especialmente relevante.

b) Papel que los embalses pueden jugar en la gestión de inundaciones y sequías

El Pacto Verde Europeo (Green Deal, 2019), persigue como objetivo principal el de convertirse en el camino para una Europa neutra climáticamente. Este plan incluye cincuenta acciones concretas para la lucha contra el cambio climático, que pretende convertir a Europa en el primer continente climáticamente neutro en el año 2050.

El objetivo de este Pacto Verde Europeo es que Europa tenga una economía limpia, con cero emisiones, y que consiga proteger nuestro hábitat natural para mejorar el bienestar de las personas y de las empresas; de este modo se pretende ejercer el liderazgo en la acción climática en todo el planeta.

Este Pacto Verde se organiza según los siguientes ejes principales:

- ▶ Energía limpia
- ▶ Industria sostenible
- ▶ Renovación y construcción eficiente
- ▶ Movilidad sostenible
- ▶ Biodiversidad
- ▶ De la granja a la mesa
- ▶ Fin de la contaminación

Revisado el detalle de contenidos de estos ejes, cuesta encontrar una relación directa evidente entre este pacto y las presas; no hay ninguna referencia directa o indirecta a las mismas.

Otro tanto ocurre en el documento “*Water elements in the European Green Deal*”, de la Dirección General de Medio Ambiente de la Comisión Europea, y debatido en la reunión informal de Directores Generales del Agua de la Unión Europea en diciembre de 2020.

Para encontrar alguna conexión debe acudirse al detalle de las estrategias que persiguen hacer frente al cambio climático, tanto en sus vertientes de lucha como de adaptación.

Así ocurre, por ejemplo, con el segundo Plan Nacional de Adaptación al Cambio Climático (PNACC) 2021-2030, aprobado por el Consejo de ministros del gobierno de España el 22 de septiembre de 2020, como una herramienta cuyo principal objetivo es construir un país menos vulnerable, más seguro y resiliente a los impactos y riesgos del cambio climático, capaz de anticipar, de responder y de adaptarse a un contexto de clima cambiante.

Ese PNACC recoge datos de la Agencia Estatal de Meteorología, que muestran las evidencias más relevantes de los impactos del cambio climático en España en los últimos 40 años y pone de manifiesto que hay ya más de 32 millones de personas que sufren de manera directa sus consecuencias.

Se confirma un escenario de cambio climático con efectos tan visibles como la expansión de los climas semiáridos, el alargamiento de los veranos (prácticamente 5 semanas más que a comienzos de los años 80), más días de olas de calor y noches tropicales o el aumento de la temperatura superficial del Mediterráneo de 0,34 °C por década. Los datos muestran que las grandes ciudades y la costa mediterránea –pilares fundamentales de la riqueza de nuestro país– sufren los efectos de forma especialmente intensa, lo que les convierte en entornos especialmente vulnerables al cambio climático.

En este contexto, la adaptación al cambio climático comprende un amplio conjunto de estrategias orientadas a evitar o reducir los impactos potenciales derivados del cambio climático, así como a favorecer una mejor preparación para la recuperación tras los daños.

El PNACC define 18 ámbitos de trabajo, concretando objetivos para cada uno de ellos. Entre estos ámbitos de trabajo se señalan el agua y los recursos hídricos como uno de los de especial atención.

Entre los cambios proyectados como consecuencia del impacto del cambio climático, el PNACC señala los siguientes a los efectos que ahora nos ocupan:

- ▶ Disminución moderada de las precipitaciones
- ▶ Aumento de la evapotranspiración
- ▶ Disminución de los caudales medios de los ríos
- ▶ Disminución de la recarga de los acuíferos
- ▶ Incremento de las sequías
- ▶ Aumento de episodios de lluvias torrenciales e inundaciones en algunas zonas

Tratamos ahora de analizar el papel que pueden jugar los embalses en relación con los dos últimos señalado: sequías e inundaciones.

Al margen de la conocida y sobrada experiencia en España relativa al papel que juegan los embalses en términos de regulación espacial y temporal, existe un dato muy relevante sobre el papel que se asigna hoy en España a los embalses en relación con las sequías; escenarios hoy mucho mejor conocidos, y que, como bien se sabe, son gestionados con ayuda de los Planes Especiales de Gestión de las Sequías (PES).

A la hora de establecer los escenarios de escasez, en estos planes se trabaja con unos indicadores de estado ponderados basados una serie de variables como son las reservas embalsadas, niveles piezométricos, pluviometría, foronomía, y hasta reservas de nieve.

En todas las demarcaciones hidrográficas españolas, estos indicadores se evalúan por sistema de explotación, de manera que en cada sistema se realiza un estudio previo para establecer el nivel de ponderación entre los diversos indicadores relacionados con las diferentes variables, de manera que se consiga reflejar lo mejor posible las situaciones históricas conocidas de sequía por escasez.

Pues bien, consultados estos planes, se llega a la conclusión que, por muchos eufemismos que se busquen (“almacenamiento”), las presas y los embalses son el mejor seguro hídrico de España, dada la irregularidad espacial y temporal de las lluvias y las escorrentías.

En efecto, en los PES se trabaja con unos indicadores de estado ponderados basados una serie de variables como son las reservas embalsadas, niveles piezométricos, pluviometría, foronomía, y hasta reservas de nieve. El peso del indicador de volumen embalsado –en los sistemas que disponen de este tipo de infraestructuras, es abrumadoramente más alto que el relacionado con el resto de las variables.

Un 85% de UTEs (y todas las importantes, con abastecimientos, regadíos e industrias) tienen ese indicador de volumen embalsado.

Los valores de estos pesos están generalmente muy cercanos a la unidad (100 % del peso en el indicador ponderado), con valores promedio para las demarcaciones entre 0,95 y 1. Solo en alguna (Júcar), puede bajar hasta el 0,41 (frente a los 0,21 de la piezometría, 0,28 de la foronomía, y 0,10 de la pluviometría).

Tabla. Cuencas, UTEs, volúmenes de embalse como indicadores de sequía y principales usos

CUENCA	Nº UTEs	UTEs con indicador de volumen embalsado	Peso del indicador (%)	Principales usos dependientes de embalses
CANTABRICO ORIENTAL	4	4	62,33%	Abastecimientos de Bilbao, Getxo, Barakaldo, Irún, Donostia, Hernani, etc. (en total, 1,8 millones habitantes); producción hidroeléctrica de 69,8 MW; producción en centrales térmicas de 1.952 MW.
CANTABRICO OCCIDENTAL	4	3	14,64%	Abastecimiento de Avilés, Gijón, Oviedo, Santander, Torrelavega, etc. (en total, de 1,06 millones habitantes); producción hidroeléctrica de 1.216,7 MW, producción en centrales térmicas de 21.240 GWh/año.
MIÑO-SIL	6	3	57,09%	Abastecimiento en Lugo, Ourense, Ponteareas, Ponferrada, O Porriño, Tui, Mos y Salceda de Caselas (en total, de 347.285 habitantes); producción hidroeléctrica de 3.130,39 MW; producción en centrales térmicas de 1.632,8 MW.
DUERO	13	11	80,32%	Ávila, Salamanca, Segovia, León, Burgos, Soria, Zamora, etc. (en total, de 1,3 millones de habitantes); Riego 420.000 ha; producción hidroeléctrica de 3.865,55 MW; producción en centrales térmicas de 1.171 MW.
TAJO	17	17	100,00%	Abastecimiento de Madrid, Aranjuez, Trujillo, Alcalá de Henares, Guadalajara, Talavera de la Reina, Toledo, Cáceres, Plasencia, etc. (en total, de 7,6 millones de habitantes); Riego de 237.000 ha; producción hidroeléctrica de 3.060,64 MW;
GUADIANA	21	16	82,04%	Abastecimiento de Badajoz, Don Benito, Villanueva de la Serena, Tomelloso, Valdepeñas, Villarobledo, Isla Cristina, etc. (1.630.000 habitantes); Riego de 480.000 ha (250.000 ha con aguas superficiales)
GUADALQUIVIR	23	22	96,21%	Abastecimiento de Sevilla, Córdoba, Granada, Jaén, etc.; Riego de 880.000 ha (433.000 ha dependientes de embalses)
SEGURA	4	2	72,72%	Abastecimiento de Murcia, Alcantarilla, Cartagena, Torrevieja, Totana, Alicante, Elche, etc.; Riego de 490.000 ha
JUCAR	9	7	40,56%	Abastecimiento de Valencia, Sagunto, Castellón de la Plana, Gandía, Denia, Benidorm, Cuenca, Albacete, etc. Riego de 390.000 ha

CUENCA	Nº UTEs	UTEs con indicador de volumen embalsado	Peso del indicador (%)	Principales usos dependientes de embalses
EBRO	18	17	91,44%	Abastecimientos de Zaragoza, Pamplona, Logroño, Lleida, Huesca, Tarragona, Vitoria, Bilbao y Santander (en total, 5,2 millones habitantes); Riegos del Alto Aragón, Canal de Argón y Cataluña, Canales de Urgel, Canal de Bardenas, Canal de Navarra, Canal Segarra Garrigues, Canal Imperial de Aragón, Canal de Lodosa, Canales del Delta, regadíos privados (en total, 925.000 ha); Producción hidroeléctrica de 8.000 Gwh/año; 6 centrales térmicas (4.000 Mw instalados); CN Ascó (2.000 Mw)
SUMA	119	102	80,27%	

Por otra parte, y nuevamente entendiendo la conexión de este informe con el Pacto Verde Europeo en el marco de las estrategias que persiguen mitigar los efectos del cambio climático, existe un debate abierto sobre el papel que pueden seguir jugando las presas para mitigar el riesgo de inundación y, específicamente, sobre cómo ese papel puede quedar modificado debido al cambio climático.

La evaluación y gestión del riesgo por inundaciones tiene en la Unión Europea un marco normativo que deriva de la Directiva Europea 2007/60. En España (Berga, 2006)⁶ se han descrito con precisión casos en que las presas, cuando han sido bien proyectadas y se explotan correctamente, han proporcionado grandes beneficios en la reducción de la frecuencia y severidad de las avenidas recurrentes. El desarrollo de la referida directiva europea en España ha implicado la elaboración de Planes de Gestión del Riesgo por Inundación que, si bien han puesto el foco en la utilización de medidas no estructurales, han seguido proponiendo determinadas medidas estructurales, incluyendo algunas nuevas presas, como un componente más de las acciones para la mitigación de la peligrosidad y de sus efectos.

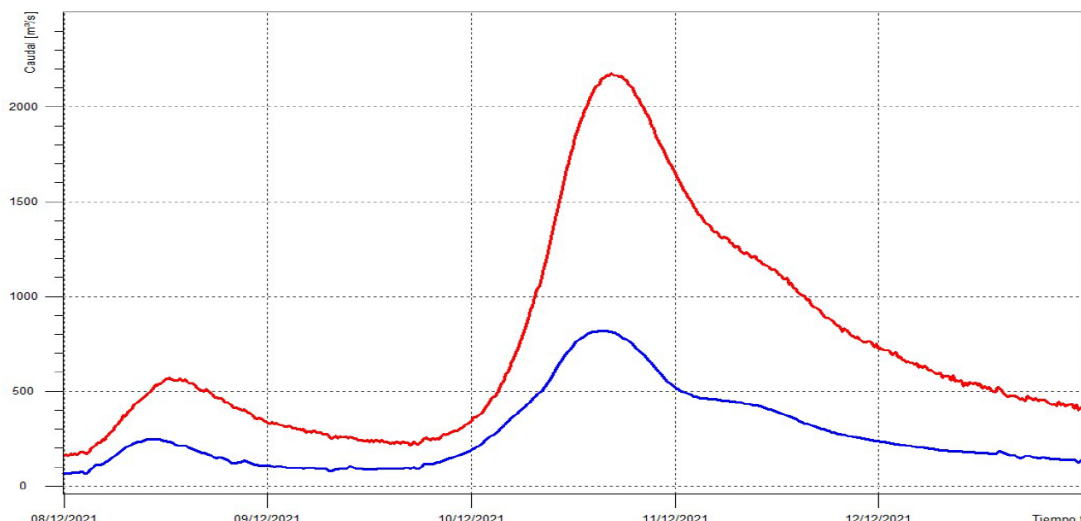
Además, es indudable el muy notable efecto positivo que las presas y embalses actuales prestan en la actualidad para la protección frente al riesgo de inundaciones.

Por ejemplo, en la Avenida del Ebro, el volumen de aportaciones en diciembre de 2021 alcanzó la cifra de 1.350 Hm³, de ese volumen, 730 Hm³ quedaron almacenados en embalses, de los cuales 256 Hm³ en el embalse de Yesa e Itoiz, y 254 Hm³ en Mequinenza-Ribarroja.

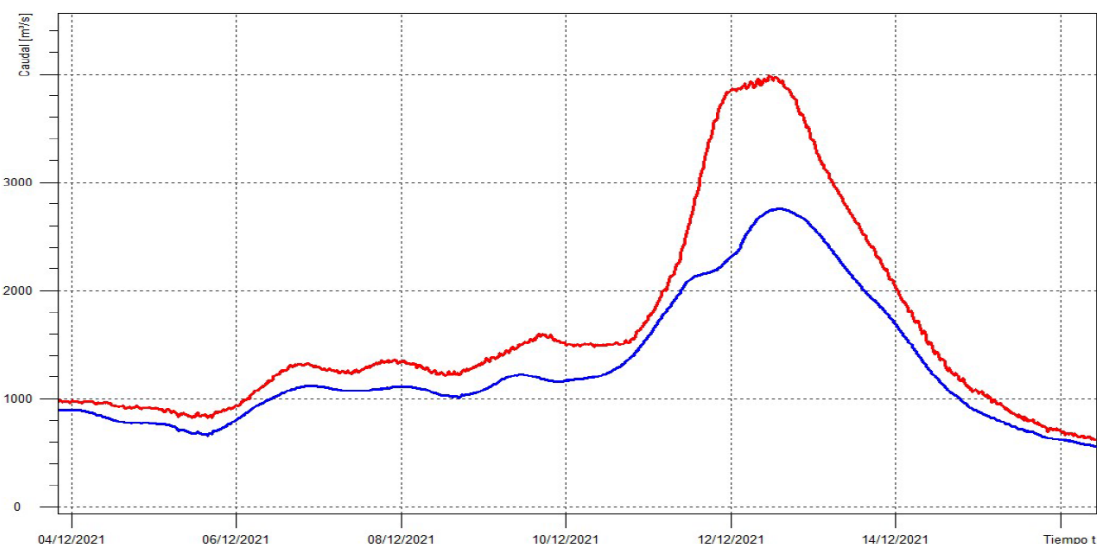
Tabla. Efecto laminador de los embalses en los caudales de los ríos

	Sin efecto laminador	Con efecto laminador
Río Ebro en Tudela	4.000 m ³ /s	2.759 m ³ /s
Río Zadorra en Vitoria	500 m ³ /s	126 m ³ /s
Río Aragón en Sangüesa	2.200 m ³ /s	800 m ³ /s
Río Ebro en Flix	2.245 m ³ /s	1.500 m ³ /s

⁶ Berga, L. El papel de las presas en la mitigación de las inundaciones. *Ingeniería Civil* **144** (2006).



Comparativa del caudal observado en el río Aragón en Sangüesa (azul) frente al caudal estimado que habría pasado por Sangüesa en régimen natural (sin tener en cuenta la laminación por la transmisión desde Itoiz hasta Sangüesa) (rojo)



Comparativa del caudal observado en el aforo 9284 Ebro en Tudela (azul) frente al caudal estimado que habría pasado por Tudela en régimen natural (sin tener en cuenta la laminación por la transmisión de la avenida a través del Aragón y en su confluencia con el Ebro) (rojo)

Ahora bien, ¿debemos definir un nuevo papel para las presas en la laminación de avenidas fluviales como consecuencia del cambio climático y trabajar para adaptar las presas existentes, y también las que han sido planificadas o se encuentren en ejecución, a ese nuevo papel?

En la actualidad, cerca de la mitad de los principales sistemas fluviales del mundo están regulados por presas y hay más de 3.700 presas importantes en proyecto o en construcción por lo que la pregunta anterior tiene una gran trascendencia económica, social y ambiental.

Predecir cambios en el riesgo por inundación por efecto del calentamiento global requiere efectuar simulaciones mediante modelos complejos hidrológicos e hidráulicos teniendo en cuenta la exposición de la población, y comparar los resultados en la situación actual y en diferentes escenarios

de cambio climático. Hacerlo a escala mundial requiere un esfuerzo muy relevante y no abundan las referencias científicas. Las incertidumbres son grandes, pero empiezan a reducirse en cuanto a la dirección del cambio. Un clima más cálido aumentaría el riesgo de inundaciones en muchas regiones del mundo, aunque también en algunas zonas podría reducirse la frecuencia de las inundaciones (Hirabayashi et al., 2013)⁷.

Por otra parte, el propio crecimiento general de la población, sin considerar cambios sustanciales en la ordenación territorial de la expansión demográfica, traerá de forma natural un incremento del riesgo por inundación.

Un estudio reciente dirigido por investigadores del National Institute for Environmental Studies de Japón, la Universidad de Tokio y la Universidad Estatal de Michigan ha analizado, a escala global, el papel de las presas para mitigar el riesgo de inundaciones debido al cambio climático (Boulange et al., 2021)⁸. Aunque el propio estudio apunta limitaciones metodológicas, los resultados tienen interés, por su carácter global, especialmente en cuanto a la dirección de los cambios esperables en los riesgos por inundación. Así, en un escenario climático de bajas emisiones de gases de efecto invernadero (RCP2.6), los caudales asociados a un período de retorno de 100 años en la situación actual (según estimaciones estadísticas basadas en datos del período 1975-2004), se producirían de media una vez cada 107 años en el futuro (período 2070-2099), no evidenciándose, por tanto, un cambio de dirección significativo. Sin embargo, en un escenario de emisiones medio-alto (RCP6.0), estos caudales se producirían en media una vez cada 59 años lo que apunta a un incremento relevante de los riesgos. El estudio analiza también escenarios futuros en el que no existiesen presas y concluye con que los riesgos para la población aumentarían mucho más significativamente en ambos escenarios climáticos.

De este modo, nuevas medidas pueden ser necesarias para mantener los niveles actuales de protección contra las inundaciones o, al menos, para que dichos niveles no decrezcan de forma severa por efecto del cambio climático. Entre ellas, se percibe que podrán necesitarse nuevas reglas de operación en las presas. Estas nuevas reglas, pueden afectar negativamente a la producción de energía y a las garantías en el suministro de agua.

Por otra parte, los avances tecnológicos orientados a proporcionar unas previsiones hidrometeorológicas más precisas y fiables serán de gran valor para mejorar la protección contra las inundaciones y evitar desbordamientos excesivos. Y debe considerarse que unas predicciones mejoradas pueden también permitir ajustes más precisos en las reglas de explotación que reduzcan las afecciones negativas.

Sigue siendo necesario que, dadas las incertidumbres asociadas al cambio climático, y las numerosas repercusiones ambientales y sociales negativas de las presas, para el desarrollo sostenible de los recursos hídricos son necesarias evaluaciones exhaustivas que tengan en cuenta tanto los posibles beneficios como los efectos adversos en diversos escenarios de cambio climático. Las metodologías, como el Marco del Árbol de Decisión (DTF) del Banco Mundial (Ray y Brown, 2015)⁹ que permitan avanzar en el conocimiento comparativo de estos efectos son de un gran valor y su uso deben generalizarse en los programas de inversión.

⁷ Hirabayashi, Y., Mahendran, R., Koirala, S. et al. Global flood risk under climate change. *Nature Clim Change* **3**, 816–821 (2013). <https://doi.org/10.1038/nclimate1911>

⁸ Boulange, J., Hanasaki, N., Yamazaki, D. et al. Role of dams in reducing global flood exposure under climate change. *Nature Communications* **12**, 417 (2021). <https://doi.org/10.1038/s41467-020-20704-0>

⁹ Ray, P. A. y Brown, C. M., 2015. Confronting Climate Uncertainty in Water Resources Planning and Project Design: The Decision Tree Framework. Washington, DC: World Bank. © World Bank. <https://openknowledge.worldbank.org/handle/10986/22544>

c) *Seguridad de presas e impacto del cambio climático*

Tradicionalmente la gestión de la seguridad de las presas se ha llevado a cabo asumiendo condiciones estacionarias en todos los parámetros climáticos -como la frecuencia y magnitud de los eventos de precipitación extrema- y también en los no climáticos que gobiernan los riesgos en la seguridad. Sin embargo, los cambios en el clima pueden afectar a los diferentes factores que gobiernan los riesgos en las presas¹⁰. Una aproximación estacionaria ya no se percibe como apropiada para evaluar los riesgos en la seguridad de presas a medio y largo plazo.

Diversos organismos están desarrollando guías y herramientas para incluir el análisis del cambio climático en su toma de decisiones. En particular se han dedicado esfuerzos para analizar el impacto específico en la supervisión de la seguridad de presas, pero es necesario continuar avanzando en su conocimiento.

El cambio climático puede afectar a factores relacionados con las cargas sobre el sistema de la presa, pero también a la propia respuesta del sistema o a las consecuencias que un fallo pueda generar. Es decir, un mismo fallo puede tener consecuencias distintas para diversos escenarios del cambio climático.

Tabla. Síntesis de los impactos del cambio climático en los diferentes componentes de la seguridad de las presas. (Fuente: adaptado de Fluixá-Sanmartín et al., 2018.)

Componente del riesgo	Efecto del cambio climático
Cargas sobre el sistema de la presa	
Inundaciones	Son esperables variaciones en las inundaciones locales como consecuencia de cambios en los patrones de lluvias extremas, los procesos de deshielo y derretimiento de nieve y los cambios en la humedad de los suelos
Niveles de agua en los embalses	Las variaciones en el nivel de agua almacenada se deben a la variación de los patrones de precipitación, en la evapotranspiración potencial en la cuenca o a una disminución del agua retenida en la cuenca en forma de hielo o nieve. También a cambios en los usos del suelo y en las demandas de agua como resultado de la adaptación al cambio climático.
Funcionamiento de compuertas	Un incremento en el aporte sólido puede producir un incremento de los procesos de abrasión y bloqueo de las puertas por efecto de los sólidos suspendidos. Cambios en la temperatura se pueden traducir en incremento de tensiones y deformaciones estructurales.
Estrategias para la operación para la laminación de avenidas	Puede que sea necesario modificar las reglas de operación para adaptarlas a nuevas condiciones climáticas (cambios en los patrones de las lluvias extremas que conllevan cambios en los tiempos de concentración de los hidrogramas)
Respuesta del sistema	
Modelos de fallo	Pueden surgir nuevos modos de fallo, en particular relacionados con el deshielo y la estabilidad de taludes. Las inundaciones por desbordamientos repentinos de glaciares (GLOF, Glacial lake outburst floods) pueden incluso impactar directamente en la estructura de la presa.
Probabilidad de fallo	Las fluctuaciones en las temperaturas pueden inducir tensiones adicionales en las presas de hormigón. Suelos más secos y fluctuaciones en los niveles de agua pueden incrementar procesos como la erosión interna en presas de materiales sueltos.
Hidrogramas de salida	El hidrograma de salida resultado de la laminación producida por la presa puede ser afectado por la rugosidad de la superficie y por cambios en la viscosidad del agua por la concentración de sólidos
Consecuencias socioeconómicas	
Daños directos	Las consecuencias directas pueden sufrir cambios por los propios cambios debidos al crecimiento de la población, o a una actualización del valor económico de los activos en riesgo.

¹⁰ Fluixá-Sanmartín, J.; Altarejos-García, L.; Morales-Torres, A. y Escuder-Bueno, I. Review article: Climate change impacts on dam safety. *Nat. Hazards Earth Syst. Sci.* 18, 2471-2488, <https://doi.org/10.5194/nhess-18-2471-2018>, 2018.

Daños indirectos

Hay consecuencias indirectas como cambios en el valor de los recursos hídricos para riego o para la producción hidroeléctrica que a su vez conllevan cambios en el coste de interrupción de servicios o actividades.

Hay un claro papel de los profesionales de las presas, en colaboración con modeladores del clima, en el análisis de estos cambios. Va a ser necesario efectuar una actualización en la cuantificación de los diversos componentes del riesgo teniendo en cuenta los diferentes escenarios de cambio climático. Las metodologías a emplear pueden ser muy diversas e incluyen:

- ▶ Combinación del análisis de proyecciones climáticas globales, las técnicas de reducción de escalas teniendo en cuenta las variables locales (downscaling) y el modelado clásico hidrometeorológico o hidráulico (modelos de inundación) de diversos escenarios.
- ▶ Análisis de sensibilidad
- ▶ Análisis del árbol de fallas (fault trees)
- ▶ Modelos demográficos y socioeconómicos del territorio aguas debajo de la presa
- ▶ Criterio experto

La correcta aplicación de estas metodologías por parte de equipos de profesionales cualificados puede proporcionar a los propietarios de las presas información de gran utilidad para sus procesos de toma de decisiones. El objetivo es cuantificar los riesgos adicionales impuestos por el cambio climático para facilitar la definición de estrategias de adaptación de las presas existentes.

Asimismo, estas metodologías permitirán que nuevas inversiones a largo plazo puedan ser planificadas de forma más precisa.

Debe tenerse en cuenta que metodologías están sometidas a múltiples incertidumbres y establecer las acotaciones y limitaciones pertinentes en cada caso.

d) Garantía del abastecimiento del recurso hídrico

En este apartado se efectúan consideraciones en el contexto de la adaptación al cambio climático y del marco definido por el Pacto Verde europeo respecto al papel de los embalses en la garantía de las demandas asociadas al regadío y al abastecimiento.

En la tabla siguiente se resumen la información contenida en los PHC vigentes, 2015-2021¹¹, sobre las demandas asociadas a los principales usos del agua en España¹². Solo se consideran las demandas consuntivas asociadas a los usos más relevantes desde el punto de vista cuantitativo.

Tabla. Demandas de agua (hm³/año) en función del uso.

HORIZONTE	Uso urbano	Uso agrario	Uso industrial	Total
Año elaboración PH13	4.919	24.939	935	30.793
2021	4.987	25.750	1.097	31.834
Variación (%)	+1,4	+3,3	+17,4	+3,4

¹¹ En el momento de redacción del presente documento los proyectos de PHC 2022-2027 se encuentran aún en fase de aprobación.

¹² Fuente: MITECO, Síntesis de los planes hidrológicos españoles. Segundo ciclo de la DMA (2015-2021), 2018.

¹³ Esta fecha puede variar ligeramente de una demarcación a otra, pero previsiblemente siempre en el entorno próximo de 2012.

Puede apreciarse que la demanda agraria supone en los dos horizontes el 81% de la demanda total estimada. No obstante, conviene tener presente que, si se considera el suministro real en lugar de la demanda estimada, que es lo que reflejan los planes hidrológicos, dicho porcentaje puede reducirse de manera sensible, debido a la existencia de regadíos infradotados, de superficie regable que no se riega en todas las campañas, etc. Es decir, la demanda estimada es diferente, y habitualmente superior, al suministro real en una campaña.

Cabe destacar también que, a pesar del cómputo global, en 13 de las 1914 demarcaciones, no se prevén incrementos de la demanda agraria para 2021, oscilando entre una reducción del 7,6% en la D.H. del Júcar y un 0% en la D.H. del Segura. En las seis restantes (Duero, Tajo, Guadiana, Tinto Odiel y Piedras, Ebro e Islas Baleares) el incremento previsto oscilaba entre un 110% para el Tinto, Odiel y Piedras y un 1,7% para el Duero. El incremento más significativo en volumen corresponde a la D.H. del Ebro, con 699 hm³/año.

A diferencia de la demanda agraria, que representa el mayor volumen de demanda en España (por encima del 80% en el cómputo global de España en ambos horizontes), la demanda de abastecimiento urbano supone en los dos horizontes contemplados alrededor del 15-16 % de la demanda total estimada.

Por otra parte, a pesar de que en el cómputo global la media supone un incremento de tan sólo el 1,4% en la demanda urbana de un horizonte respecto a otro, para el abastecimiento urbano nos encontramos con previsiones bien dispares en cada una de las demarcaciones, oscilando entre incrementos previstos máximos para el Tajo y Tinto, Odiel y Piedras (de hasta el 16,6% y el 13,3%) y reducciones del 15,5% en la demarcación de las Islas Baleares y por encima del 8% en cuencas como el Duero y Júcar.

Debe tenerse en cuenta que el horizonte 2021 constituye una previsión, exclusivamente, con previsiones y proyecciones que atendían a la caracterización de escenarios de aquel momento, y que incrementos sustanciales de demanda asociados al desarrollo de nuevas zonas regables no son fáciles de materializar en la práctica, aunque su posibilidad de suministro esté contemplada en la planificación hidrológica. La evolución realmente producida podrá comprobarse en los Planes Hidrológicos del tercer ciclo (2022-2027), en proceso de elaboración actualmente.

Además, en principio, dichos planes estarán alineados con el enfoque de la gestión del agua establecido en el Pacto Verde Europeo y con los objetivos de adaptación al cambio climático; así como orientando a las medidas de adaptación al cambio climático para cada demarcación, en coherencia con las directrices establecidas por la nueva Ley de Cambio Climático y Transición Energética y del Plan Nacional de Adaptación al Cambio Climático (PNACC 2021-2030).

Por otra parte, la superficie regada a nivel nacional pasó de 3.636.519 ha en 2015 a 3.831.181 ha en 2020, lo que supone un incremento del 5,3% en seis años¹⁵. Alcanzar una cifra próxima a los 4.000.000 ha regadas ha sido posible gracias a la regulación en embalses fundamentalmente.

Por ello, el estudio del contenido de los planes del tercer ciclo completará el análisis tendencial y de evolución de la demanda que aquí se comienza.

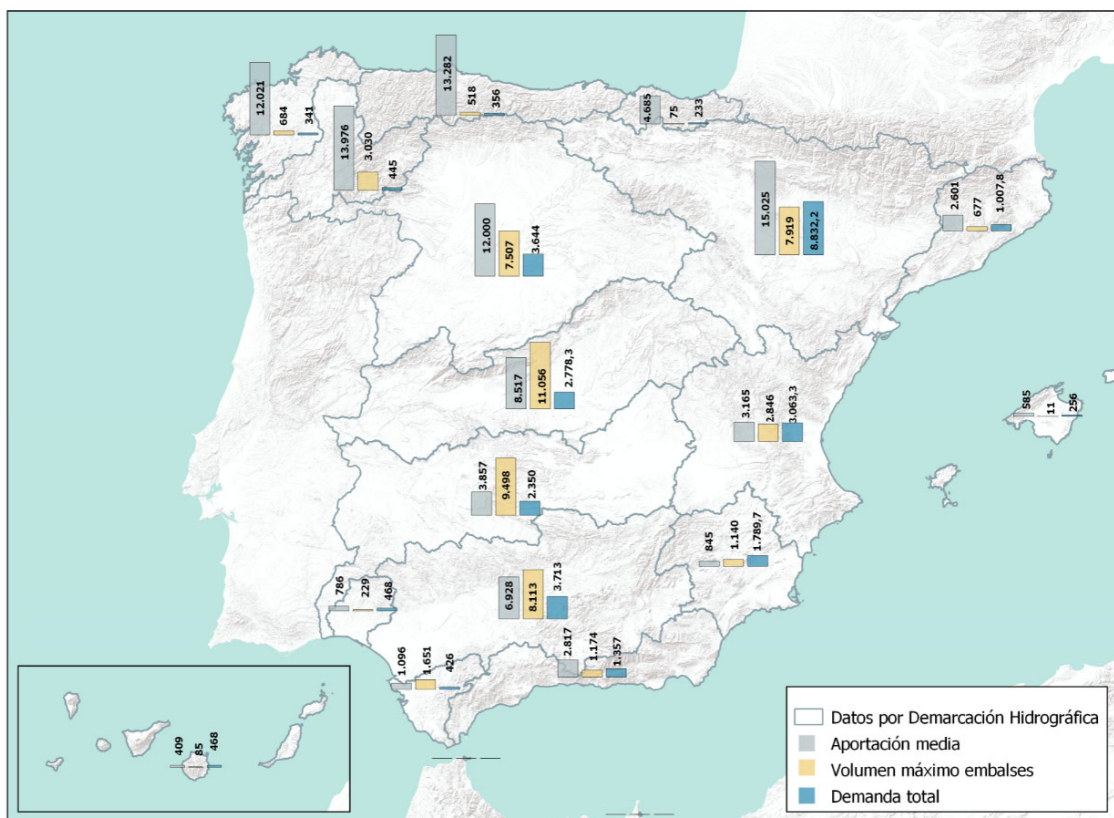
La irregularidad espacial y temporal en la disponibilidad del agua, define a nuestro país y ha obligado al hombre a llevar a cabo un gran esfuerzo para conquistar el territorio. Así, para poder usar el agua

¹⁴ Agrupando las 7 demarcaciones de las Islas Canarias en una sola.

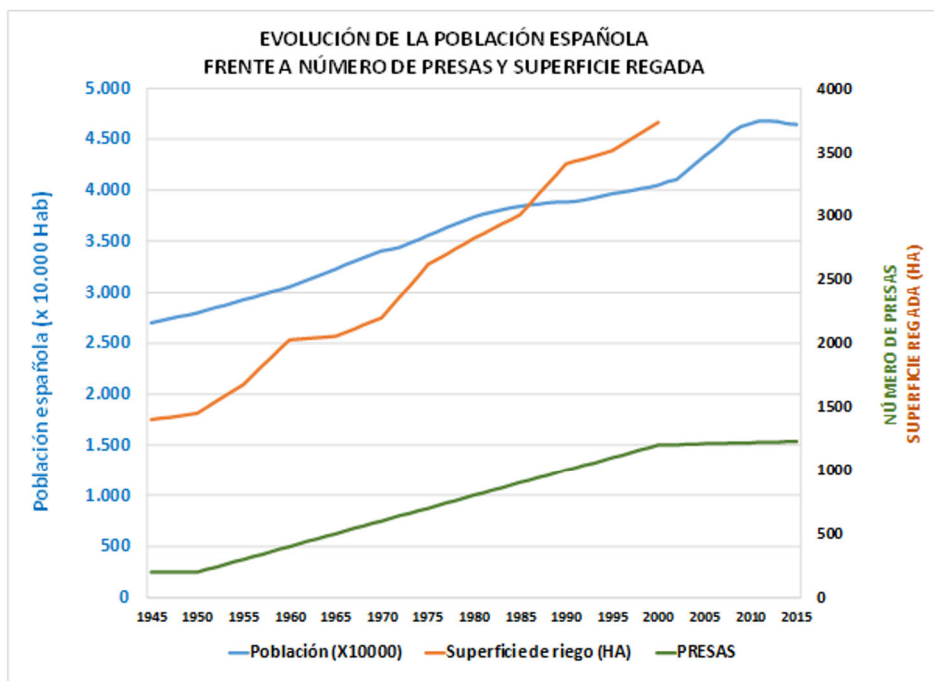
¹⁵ Fuente: MAPA, Encuesta sobre superficies y rendimientos de cultivos. (ESYRCE). Informe sobre regadíos en España, 2020.

para el desarrollo socioeconómico de nuestro país, ha sido imprescindible llevar a cabo grandes obras hidráulicas, y desarrollar un potente sistema de gobernanza.

Sin estas obras, según demostraron los estudios realizados para el Libro Blanco del Agua, sólo podría utilizarse entre un 7 y 8% del recurso natural. Gracias a toda esta actuación, desarrollada principalmente en el siglo XX, el agua disponible para los diversos usos supera el 30%, estimándose que el ratio máximo (promedio conjunto) sostenible de utilización no debería ser superior al 40%. Sin duda, las obras hidráulicas que más contribuyen a este éxito son las presas y embalses. España dispone de 1.200 grandes presas, y de una capacidad de embalse de 56.000 Hm³ y su evolución ha acompañado el crecimiento poblacional y socioeconómico de España, proporcionando el agua necesaria para unas necesidades crecientes.

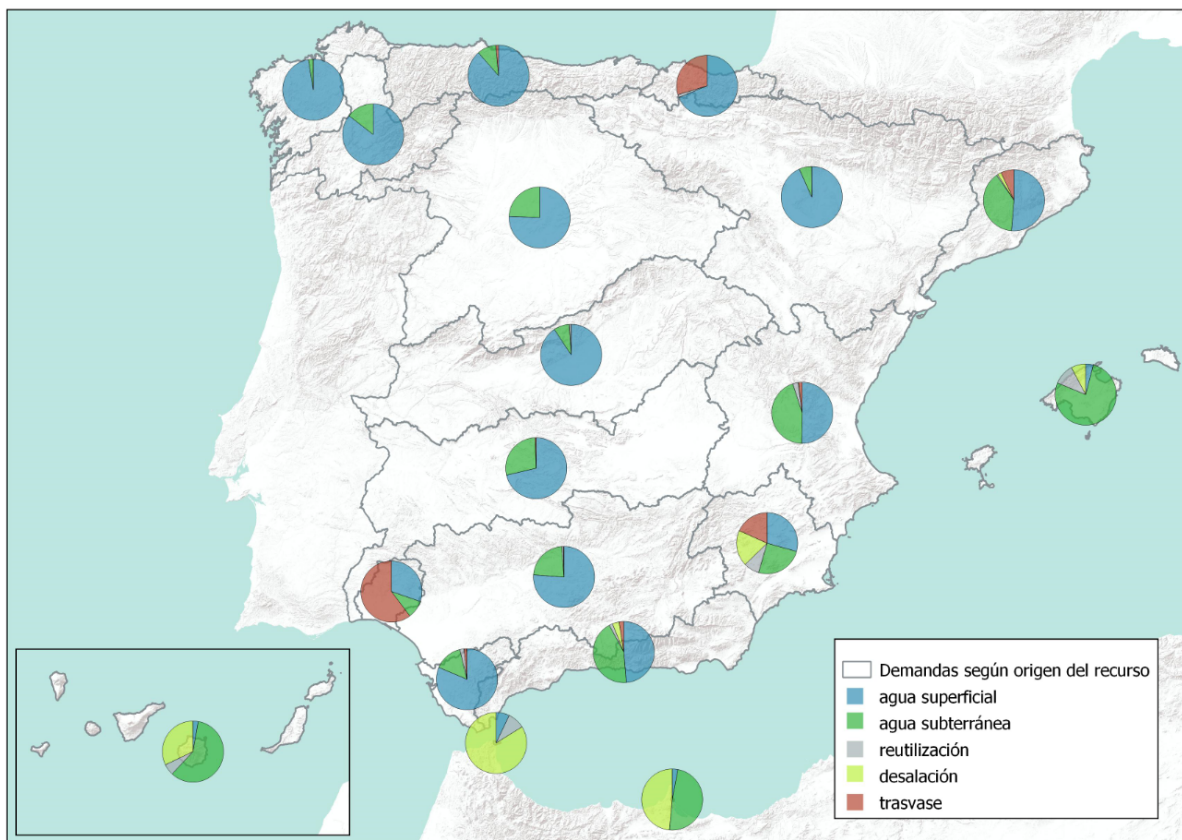


Aportación media, capacidad de embalse y demanda de las Demarcaciones Hidrográficas



Evolución de la población española frente a número de presas y superficie regada

Podemos destacar de este escenario medio cómo el recurso mayoritariamente utilizado es el de aguas superficiales, que puede aprovecharse gracias a la regulación que ofrecen los embalses, y también a las obras de conducción existentes, que conectan los recursos con las fuentes de demanda. Estas obras hidráulicas van constituyendo sistemas integrados de agua. Sistemas que lógicamente también aprovechan los recursos de agua subterránea (especialmente en La Mancha y en las cuencas mediterráneas). Y sistemas a los que se han ido incorporando nuevos recursos, las transferencias de agua desde otras cuencas y los recursos no convencionales (aguas desaladas y reutilización de aguas), que, aunque cuantitativamente no son muy relevantes, sí que son imprescindibles para la seguridad hídrica, pues aportan el agua necesaria, especialmente en zonas con pocos recursos. Zonas que, sin ellas, son muy poco resilientes a la escasez. Resulta muy relevante el que en abastecimiento ya el 8,9% del recurso proviene de aguas desaladas, recurso que es el protagonista en las islas Canarias, Ceuta y Melilla.

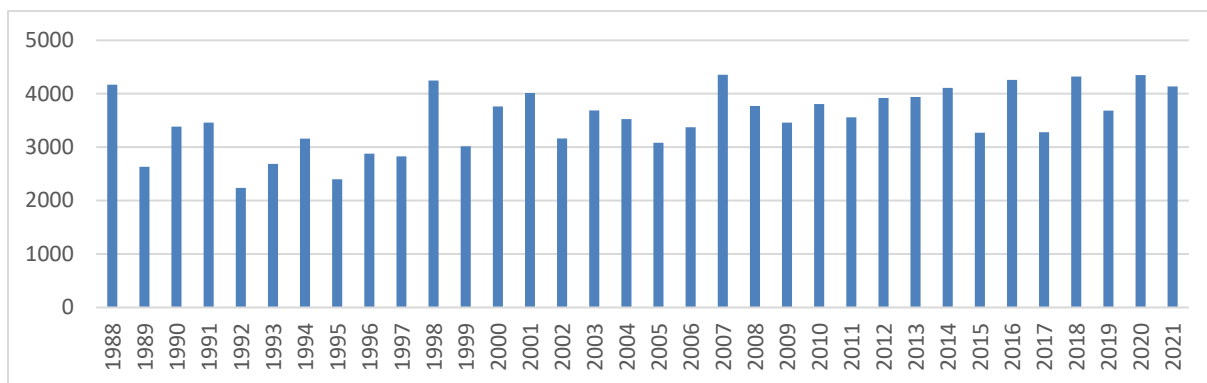


Demandas según origen del recurso todas las Demarcaciones Hidrográficas

Se puede observar también cómo en las cuencas mediterráneas del Levante y Sur de España la utilización de agua subterráneas es más intensa. También en las zonas de cabecera del Guadiana, Júcar y Segura se da un intenso uso de las aguas subterráneas, que origina problemas de sostenibilidad. En el resto, y dado que el ciclo hidrológico es único, se usan las aguas cuando ya han descargado los acuíferos en los manantiales y cursos de agua, evitando el empleo de energía para bombear aguas para su afloramiento a superficie.

En general, las aguas subterráneas son de una mayor inercia y son un recurso que se emplea de manera contracíclica, intensificándose su uso en periodos de sequía y escasez en los que al agua superficial es más escasa. Todo esto forma parte de una gestión integrada de recursos hídricos, que se completa con transferencias de agua y con recursos no renovables (desalación y reutilización). La recarga artificial de acuíferos también contribuye a mejorar la gestión integrada de los recursos superficiales y subterráneos; ya que permite la aportación y reserva de recursos adicionales en las masas de agua subterránea durante los años con excedentes de agua, mejorando el estado cuantitativo, y cualitativo en su caso, de dichos acuíferos, y favoreciendo la adaptación al cambio climático.

Pero el mayor peso recae sobre las aguas superficiales reguladas. El efecto en el estiaje es muy ilustrativo: La demanda en agosto puede cifrarse en aproximadamente en 4.530 hm³/año. Pues bien, analizada la serie histórica registrada de evolución de los embalses españoles, nos encontramos que los embalses han desembalsado entre la semana 30 y 35 de cada año hidrológico (prácticamente equivalente al mes de agosto) una media de 3.633 hm³, es decir, que en números medios han dotado el 80% de la demanda consuntiva:



Volumen aportado semanas 30 a 35. Serie histórica registrada de evolución de los volúmenes desembalsados (hm³) en embalses españoles

En este último año 2021, los desembalses netos han sido de 4.135 hm³, fundamentales para dotar a todo el uso consuntivo y mantener caudales ecológicos durante los estiajes de los ríos.

A título de ejemplo, se incluye la caracterización global de las demandas consuntivas totales en la Demarcación del Tajo para horizonte 2022 y 2027 que se incluye en el futuro Plan Hidrológico de la Demarcación del Tajo correspondiente al tercer ciclo (2022-2027).

Tabla. Demandas consuntivas de la Demarcación del Tajo (horizonte 2022 – 2027)

HORIZONTE	DEMANDA (hm³/año)					
	uso urbano	uso regadío	industria no conectada a red	generación energía	otros usos	total
horizonte actual 2022 (con datos de 2019)	686,32	2002,3	51,95	743,96	26,76	3511,29
horizonte 2027	702,78	1919,12	55,47	743,96	27,44	3448,77

Así, por ejemplo, para el horizonte 2022 que se presenta en el reciente borrador de PHTajo 2022-2027, la demanda urbana en la cuenca del Tajo, que es la que cuenta con la mayor población e integra al Sistema de abastecimiento a Madrid, se habría reducido alrededor de un 7% respecto al valor contemplado para el año de elaboración del segundo ciclo del Plan y hasta un 20% con relación a la previsión para el horizonte 2021 que se hacía en el segundo ciclo (2015-2021).

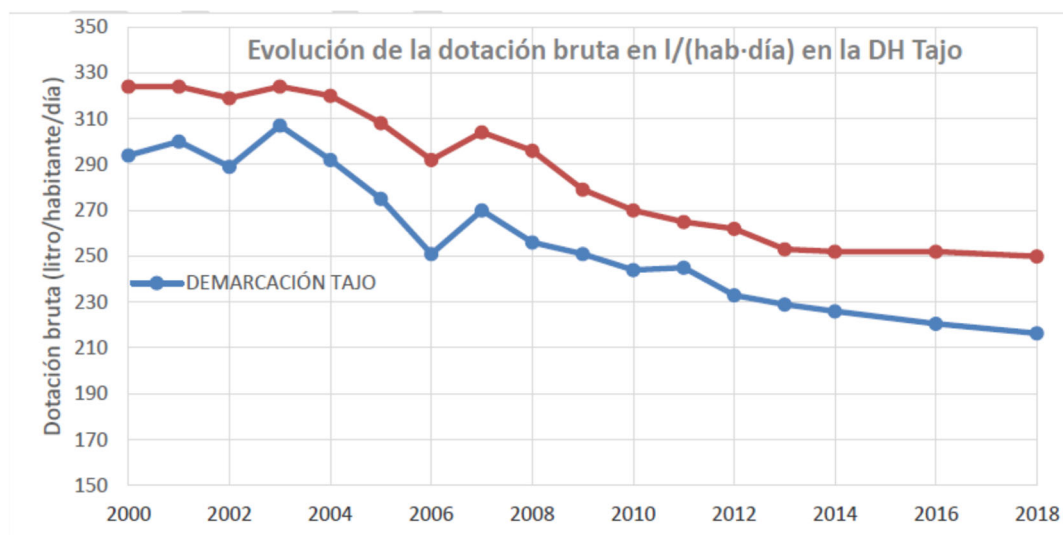
En este sentido, tomando datos del borrador del Plan Hidrológico del Tajo (2022-2027), y si se analiza la evolución del volumen de agua suministrado a redes de abastecimiento urbano y la población residente, se puede obtener la evolución de la dotación bruta en litros por habitante y día de los últimos años.

Así, se observa, y se debe destacar que, durante el transcurso primer y segundo ciclo de planificación, las dotaciones brutas medias del uso urbano vienen siguiendo una marcada tendencia decreciente en el conjunto nacional.

En concreto, en los últimos 15 años (de 2003 a 2018 recogidos en la gráfica, según datos del Plan Hidrológico del Tajo (2022-2027)) las dotaciones brutas se han reducido cerca de un 22% en el conjunto nacional (más de un 26% en la Demarcación del Tajo).

Año	Suministro (hm ³ /año)		Población (habitantes)		Dotación bruta (l/hab/día)	
	España	Demarcación	España	Demarcación	España	Demarcación
2000	4782	694	40 470 187	6 465 884	324	294
2001	4803	715	40 665 545	6 521 514	324	300
2002	4783	699	41 035 271	6 627 597	319	289
2003	4947	762	41 827 835	6 810 853	324	307
2004	4973	743	42 547 456	6 963 191	320	292
2005	4873	713	43 296 334	7 089 709	308	275
2006	4698	661	44 009 969	7 206 375	292	251
2007	4969	726	44 784 657	7 363 996	304	270
2008	4941	707	45 668 936	7 555 541	296	256
2009	4709	704	46 239 276	7 681 973	279	251
2010	4581	691	46 486 625	7 742 805	270	244
2011	4514	695	46 667 174	7 775 374	265	245
2012	4485	665	46 818 217	7 813 017	262	233
2013	4323	650	46 727 893	7 795 872	253	229
2014	4272	638	46 512 200	7 748 131	252	226
2016	4291	626	46 658 447	7 779 170	252	221
2018	4236	623	46 440 099	7 895 543	250	216

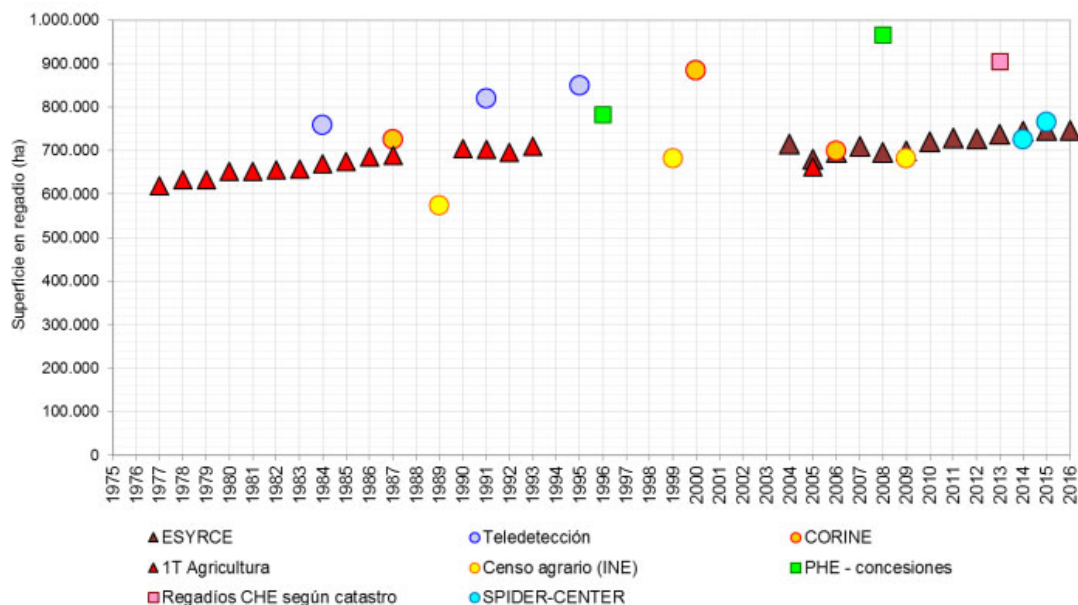
Evolución de suministro, población y dotación bruta para atender usos urbanos en el conjunto nacional y DHTajo (borrador del PHTajo tercer ciclo 2022-2027).



Gráfica de evolución de la dotación bruta para atender usos urbanos en el conjunto nacional y DHTajo (borrador del PHTajo tercer ciclo 2022-2027)

Es decir, las dotaciones brutas de los sistemas de abastecimiento urbano (en definitiva, su demanda) en el conjunto nacional, vienen siguiendo en los últimos años una notable tendencia decreciente en el conjunto nacional, por aumento de la eficiencia en la gestión (reducción de pérdidas en las redes, impulso de la detección de fugas y fraudes, aplicación de Planes de Sequía y de Emergencia, mejora y renovación en redes e infraestructuras, gestión de presiones, concienciación ciudadana, mejora sistema tarifario, etc.).

También de modo ilustrativo, en el ámbito del regadío, se incluye la evolución de la superficie regada reflejada en los documentos iniciales del proceso de revisión del PH de la Demarcación del Ebro (2021-2027), puesto que se trata de la demarcación con mayor superficie de riego de España y en la que el plan en vigente (2015-2021) considera el mayor incremento de demanda.



Evolución de las superficies en regadío en la DHE

En definitiva, las cifras anteriores, indican, tanto desde el punto de vista de la demanda de agua como desde el de la superficie de regadío, que en los últimos años parece existir un incremento sostenido pero muy reducido a nivel nacional, si bien el comportamiento no es homogéneo y existen desviaciones puntuales con respecto a esta tendencia en algunas demarcaciones.

Este comportamiento desde el punto de vista de la demanda se produce en un contexto caracterizado por las siguientes circunstancias:

- ▶ Reducción contrastada de las aportaciones en régimen natural desde 1980 y previsión de reducciones crecientes según las previsiones de los modelos de cambio climático (porcentaje de reducción medio anual considerando diferentes modelos de circulación global de entre el 3% y el 7% a nivel nacional para el período 2010-2040 en función del escenario-R.C.P.- que se considere)¹⁶.
- ▶ Elaboración e implantación de los Planes Especiales de Sequía a nivel nacional, y Planes de emergencia ante situaciones de sequía en abastecimientos urbanos.
- ▶ Implantación de criterios de garantía más exigentes para el abastecimiento urbano recogidos en la Instrucción de Planificación Hidrológica aprobada en 2008, que al constituir un uso prioritario puede implicar una menor disponibilidad para el resto de los usos, incluido el regadío. Consideración de las necesidades ambientales como restricción previa, de manera que el volumen a repartir entre los diferentes usos se ven minorado en el volumen estimado para estas necesidades e implantación generalizada del régimen de caudales ecológicos en las masas de agua de categoría río.
- ▶ La demanda de riego y de abastecimiento es atendida mayoritariamente mediante aguas reguladas en embalses seguidas de agua subterráneas. La atención mediante recursos no convencionales, entendiendo por tales, reutilización de aguas residuales, desalinización o desalobración es actualmente marginal desde el punto de vista cuantitativo y con un coste

¹⁶ Fuente: CEDEX, Evaluación del impacto del cambio climático en los recursos hídricos y sequías en España, 2017.

notablemente superior debido, entre otros factores, al elevado consumo energético necesario para su obtención. La reutilización de aguas residuales actualmente no está contemplada en la normativa para su uso en abastecimiento urbano.

Se ha producido un notable incremento del coste marginal de la construcción de presas para generar nuevos embalses, a pesar de lo cual sigue siendo la fuente más económica para incrementar la disponibilidad de recursos.

- Creciente dificultad para la construcción de presas que generen nuevos embalses debido fundamentalmente a los condicionantes ambientales.

En particular, en relación con el Pacto Verde Europeo, no existen referencias explícitas a las presas y embalses, focalizándose el incremento de los recursos en el incremento de la eficiencia en la gestión y la reutilización de aguas residuales, que bien podría impulsarse para el riego de parques y jardines, la industria conectada a la red, etc. Si se contempla, en relación con el agua, como es lógico, la consecución de los objetivos ambientales establecidos en la DMA.

Así, en el Pacto Verde Europeo se señala que los planes de recuperación, transformación y resiliencia coinciden en el tiempo con los planes hidrológicos y con los planes de gestión del riesgo de inundación para el período 2021.2027 y los fondos asociados constituyen una oportunidad para ayudar a los estados miembros a financiar las medidas que permitan alcanzar los objetivos previstos en la legislación europea sobre aguas, que son los objetivos ambientales.

- Esfuerzo inversor considerable para modernización de regadíos y en renovación de infraestructuras, junto a otras actuaciones encaminadas a incrementar la eficiencia en el uso del agua para abastecimiento urbano; todo ello permitiendo reducir su consumo y las pérdidas de agua en aducción y distribución. Cabe señalar que la superficie modernizada es del orden del 80% del total. La reducción en el consumo de los sistemas de abastecimiento urbano, ya se ha visto que está en el entorno del 22% en el conjunto nacional (dotaciones brutas).

La gestión de la escasez lleva siendo una realidad desde hace ya muchos años, y la previsión es que esa tendencia no sólo continúe, sino que se acentúe; por lo que el objetivo por conseguir es doble. Por una parte, asegurar la adecuada atención de una demanda de riego, estabilizada o ligeramente creciente con unos recursos cada vez más escasos por la afección por el cambio climático. Por otra, asegurar y mejorar la garantía del suministro urbano, optimizando la gestión de los embalses y el aprovechamiento de las aguas subterráneas, aumentando la eficiencia de las redes de aducción y distribución, impulsando los trabajos de detección de fugas y fraude, potenciando el uso del agua regenerada para riego de parques y jardines, usos industriales, etc., y concienciando a la ciudadanía sobre el uso racional del agua.

Como medidas de adaptación relacionadas con las presas y embalses para asegurar la atención de las demandas de riego y de abastecimiento en el contexto indicado, pueden sugerirse diferentes líneas de actuación que encajan dentro del marco definido por el Pacto Verde Europeo:

- Seguimiento de los efectos de las modernizaciones de regadíos ya efectuadas y continuación del proceso de modernización.

- ▶ Justificación detallada y rigurosa, de acuerdo con las prescripciones establecidas en el artículo 4.7 de la DMA, de la necesidad de nuevos embalses y reflejo de estas en los planes hidrológicos. Tal como establece la IPH (Instrucción de planificación hidrológica) debe considerarse su consistencia con las previsiones de cambio climático.
- ▶ Análisis de las posibilidades de generar sistemas integrados para la gestión de recursos considerando todas las fuentes existentes, embalses, recursos subterráneos y recursos no convencionales, incluyendo, por ejemplo, el análisis de la regulación de recursos no convencionales en embalses ya existentes para su tratamiento posterior con adecuada calidad.
- ▶ Estudios sobre la procedencia de impulsar modelos de gestión supraterritorial del ciclo urbano del agua y de la gestión completa del ciclo, ya que aportan economías de escala y sinergias que mejoran la garantía de suministro.
- ▶ Fomento de la gobernanza como medida para lograr acuerdos que faciliten la gestión de la escasez presente y futura.
- ▶ Análisis de posibles modificaciones de los criterios de garantía para regadío, flexibilizándolos en función del tipo de cultivo al que van destinados, de manera que con el mismo volumen pueda atenderse una mayor demanda. Por ejemplo, podría analizarse la repercusión en cuanto a recursos necesarios para considerar atendidas las demandas que supondría mantener criterios más estrictos para los cultivos que requieren una inversión mayor y con mayor vocación de permanencia y definir otros menos exigentes para los cultivos de ciclo estacional. Como es lógico, si resultara de interés desde el punto de vista hidrológico, debería analizarse también su viabilidad considerando otros puntos de vista.
- ▶ Los episodios de sequía son una de las preocupaciones principales para los abastecimientos urbanos. Estos episodios se agravarán, sin duda, tanto en frecuencia como en intensidad, por los efectos del cambio climático.

Por ello, resulta imprescindible avanzar en la consecución de una mayor protección de la garantía de los abastecimientos urbanos a través de las correspondientes modificaciones normativas.

Desde el punto de vista de la planificación y la gestión hidrológica, a los efectos de su adaptación al cambio climático, y fijado el objetivo de conseguir la seguridad hídrica para las personas (según la Ley 7/2021 de Cambio Climático), son mejorables los criterios fijados en la normativa actual para la determinación de la garantía de un abastecimiento urbano. En este sentido, para un gran abastecimiento regulado, una situación de agotamiento de las reservas embalsadas sería catastrófica. Las aportaciones naturales durante un episodio de sequía suelen ser muy inferiores a los consumos, de manera que se está expuesto a un desabastecimiento generalizado, que podría durar meses.

Es necesaria una revisión del criterio de garantía, que se debería centrar en limitar la probabilidad de que se alcance una situación de agotamiento de reservas (curva de almacenamiento mínimo en embalses de sistemas de abastecimientos regulados, etc.).

- ▶ Por otro lado, y relacionado también con los episodios de sequías, la legislación de aguas debe proporcionar también a los sistemas de abastecimientos urbanos, unos criterios técnicos claros relativos al nivel mínimo de protección que asegure la aplicabilidad del principio de supremacía del uso de abastecimiento en sistemas regulados en situaciones

de escasez (teniendo en cuenta la competencia en los desembalses para los diferentes usos que surge en dichos episodios de sequía), y en relación también con los caudales ecológicos.

- ▶ Mejoras técnicas en la definición del régimen de caudales ecológicos en las masas de agua, en lo relativo a las metodologías para su determinación, de manera que se acoten en unos márgenes razonables la horquilla de los resultados obtenidos mediante los diferentes procedimientos.
- ▶ Realización de los estudios que analizan la repercusión de la implantación de los caudales ecológicos sobre los usos del agua existentes en los términos establecidos en el apartado 3.4.5 de la Instrucción de Planificación Hidrológica vigente e inclusión de los mismos en el proceso de concertación que determine el régimen a implantar finalmente en los términos establecidos en el apartado 4.4.6 de la norma citada.

Los estudios contemplan el análisis jurídico de los efectos de la aplicación del régimen de caudales ecológicos sobre las concesiones vigentes, la repercusión en los niveles de garantía de las unidades de demanda afectadas y la repercusión económica y social de la implantación de los caudales ecológicos. A su vez, uno de los resultados del proceso de concertación debe ser la definición de un plan de implantación y una gestión adaptativa en función de los resultados obtenidos en el proceso de implementación del régimen concertado.

- ▶ Estudio del impacto de los posibles efectos del cambio climático en la garantía de los sistemas regulados por embalse:
 - Previsible incremento de riesgo de sequías con reducción en las aportaciones e incremento en pérdidas por evaporación de lámina de embalse; menor disponibilidad de agua en el embalse afectando a la garantía de las demandas atendidas por el sistema.
 - Previsible aumento en frecuencia e intensidad de lluvias extremas; aumento en la acumulación de sedimentos en los fondos de embalses con pérdida de capacidad en los mismos. Necesidad de promover el conocimiento de la capacidad real de los embalses.
 - Previsible incremento del riesgo de crecidas y elevación de caudales máximos, con el previsible aumento del volumen de resguardo en embalses necesario para laminar avenidas y mantener mismo nivel de seguridad.

4) ESTRATEGIA DE BIODIVERSIDAD

a) Restauración de ríos libres de obstáculos

Dentro del Pacto Verde Europeo ocupa un papel relevante la preservación de los ecosistemas fluviales, con claras referencias a la incidencia que sobre ellos tienen las obras hidráulicas. Las principales líneas de actuación con relación a la presencia de presas y azudes apuntan a la remoción de obras obsoletas y/o el acondicionamiento para permitir el paso de los peces migradores, mejorar la dinámica hidro-sedimentaria fluvial y recuperar llanuras aluviales y humedales.

Derivada del Pacto Verde, y como prolongación y desarrollo del mismo, surge la “Estrategia de la UE sobre la biodiversidad de aquí a 2030. Reintegrar la naturaleza en nuestras vidas”¹⁷, aprobada en 2020, donde se indica que es necesario redoblar esfuerzos para recuperar ecosistemas de agua dulce y las funciones naturales de los ríos para alcanzar los objetivos de la Directiva marco del agua. *“Esto puede lograrse eliminando o adaptando las barreras que impiden el paso de los peces migratorios y mejorando el flujo de agua y sedimentos. Para ello, **de aquí a 2030 al menos 25.000 km de ríos volverán a ser de caudal libre, mediante la eliminación de los obstáculos esencialmente obsoletos y la recuperación de llanuras aluviales y humedales**”.*

Establece que las autoridades de los Estados miembros deben revisar los permisos de extracción y embalse de agua para restablecer caudales ecológicos, con el fin de que, *“a más tardar en 2027, todas las aguas superficiales presenten un buen estado ecológico o un buen potencial ecológico, y todas las aguas subterráneas, un buen estado, tal como exige la Directiva marco del agua”.*

También señala que *“las inversiones a gran escala en la recuperación de ríos y llanuras aluviales pueden dar un fuerte impulso económico al sector de las labores de recuperación y a actividades socioeconómicas locales tales como el turismo y el ocio, y mejorar al mismo tiempo la regulación del agua, la protección contra las inundaciones, los hábitats de viveros de peces y la eliminación de la contaminación por nutrientes”.*

La estrategia de biodiversidad hace alusión específica a las longitudes mínimas de los ríos libres de obstáculos, que podríamos definir como aquellas en que se pudieran mantener de forma estable las comunidades biológicas. La fragmentación de los ríos supone problemas en términos de aislamiento de poblaciones y reducción del flujo genético (con los riesgos de endogamia y extinción), una disminución de la resiliencia de las poblaciones, con mayor probabilidad de superar el umbral de viabilidad demográfico y una menor probabilidad de recuperarse frente a perturbaciones, y una disminución de los mecanismos de resiliencia geomorfológica, el equilibrio del balance de sedimentos, suministro de materia orgánica y detritus, regeneración del hábitat, regeneración de especies pioneras riparias, etc.

Se propone aplicar los siguientes criterios para la definición de actuaciones prioritarias en su traslado a los planes hidrológicos del tercer ciclo de la Directiva Marco del Agua:

En cuanto a presas y azudes obsoletos, se procederá a su demolición

- ▶ Se procederá a la demolición o permeabilización longitudinal de barreras con mayores impactos, en especial sobre especies de peces migradores (anguila, saboga y otras) contabilizando la longitud de río liberalizado y los posibles lugares de reproducción o de

¹⁷ Communication from the Commission to the European Parliament, the Council, the European Economic and Social Committee and the Committee of the Regions EU Biodiversity Strategy for 2030 Bringing nature back into our lives COM/2020/380 final

hábitat para otra parte del ciclo de vida correspondientes, así como otras especies especialmente protegidas

- ▶ Se mejora el traspaso de sedimentos a través de medidas de gestión en los embalses, en especial aguas arriba de socio-ecosistemas de alto valor como los deltas
- ▶ Se promoverá la demolición o permeabilización longitudinal de barreras en espacios protegidos, por ejemplo, los lugares de la red Natura 2000
- ▶ Se realizará un análisis de las concesiones de aprovechamientos vinculados a presas y embalses, que caducarán entre 2021 y 2027, y se preparará un catálogo priorizado de acción, incluyendo la revisión de posibles prórrogas de concesiones, si éstas proceden
- ▶ Se realizarán estudios coste/beneficio para jerarquizar las medidas

El tratamiento de este tema en una muestra de los borradores de los planes hidrológicos 2022-2027 es escaso:

- ▶ El Programa de Medidas del Ebro se refiere de forma general al uso de soluciones basadas en la naturaleza para eliminar barreras, pero incluye solo una medida de 300,000 € para el desmantelamiento o la adaptación de presas o azudes en La Rioja, y no incluye un listado de tales barreras.
- ▶ El Plan Hidrológico del Duero se refiere al hecho de que el 41% de las masas de agua superficiales sufren de alteraciones hidromorfológicas e incluye un conjunto de 767 medidas (con un presupuesto de 194 millones €) a estas medidas, pero no especifica las inversiones en la eliminación o adaptación de obstáculos.
- ▶ En el Guadiana, el 31% de las masas de agua superficiales está afectado por presiones hidromorfológicas, y su Programa de Medidas prevé una inversión de 128 millones de €, sin detallar los obstáculos que se van a eliminar o adaptar.
- ▶ En el Guadalquivir, se refiere a los obstáculos en el apartado del análisis de usos y presiones, y el Programa de Medidas incluye medidas como la restauración de ríos.

Adicionalmente a lo recogido en los planes hidrológicos, el traslado de la Estrategia de Biodiversidad al plano nacional se ha ido estableciendo a través de diversos instrumentos entre los que cabe destacar la 'Estrategia Nacional de Infraestructura Verde y de la Conectividad y Restauración Ecológicas' (en vigor desde 14 de julio de 2021, Orden PCM/735/2021, de 9 de julio) y la continuidad de la Estrategia Nacional de Restauración de Ríos (desde 2005, en consonancia con la Directiva Marco del Agua).

Por otra parte, cabe señalar que en el marco de la Estrategia Nacional de Restauración de Ríos se han retirado o puesto fuera de servicio 559 presas o azudes; se han construido 529 escalas y pasos para peces; se han retirado y retranqueados obstáculos laterales (motas y escolleras), recuperado brazos secundarios y de la llanura de inundación, conectado meandros y recuperados espacios de río.

La restauración de los ríos pasa por darles su espacio fluvial y recomponer sus conexiones: vertical, horizontal y longitudinal. Sin embargo, se hace patente que falta conocimiento científico, de investigación y de seguimiento de comunidades piscícolas en ríos españoles. Se hace necesario dotar al planeamiento urbanístico de una base científica fluvial (delimitación y continuidad del territorio fluvial, cambios de usos en territorio fluvial, ...), así como revisar los catálogos de Bienes Protegidos.

Es precisa la identificación de obstáculos y llevar a cabo un análisis coste/eficiencia de su eliminación, priorizando los trabajos en tramos donde se consigan mayores longitudes de ríos libres de obstáculos.

Finalmente, hace falta incorporar estas actuaciones en los programas de medidas de los Planes Hidrológicos.

Esta eliminación de obstáculos no puede perseguir devolver los ríos de España a su estado natural, lo cual es socioeconómicamente inviable. Como se ha ido mostrando, la seguridad hídrica, alimentaria y energética depende de los embalses. Sin embargo, es perfectamente posible liberar de obstáculos en los casos en que éstos han perdido su funcionalidad, de manera compatible con la regulación necesaria de nuestros ríos mediante presas y embalses.

Ha de superarse el debate sesgado establecido en base a apriorismos ideológicos en el cual o bien la eliminación de cualquier presa es un grave problema, aunque no tenga un efecto regulador, o bien se considera que sólo se alcanzarán los objetivos ambientales precisos si se elimina la mayoría de las presas, sin tener en cuenta la funcionalidad de los embalses pro ella creados.

La elaboración de una Guía técnica parece una apuesta de futuro muy oportuna.

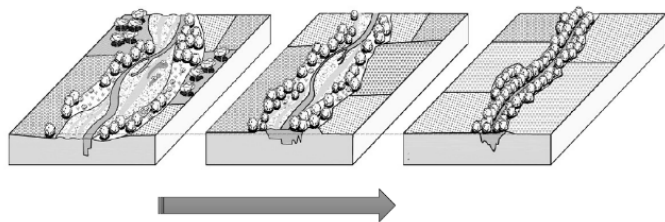
b) Caudales ecológicos

En España, es muy posible que el logro de los objetivos del Pacto Verde Europeo para los ecosistemas fluviales se alcance o no en función del nivel de pragmatismo que se adopte. La experiencia adquirida en la transposición de la Directiva Marco del Agua y el cumplimiento de la normativa derivada, muy especialmente la referida a la Planificación Hidrológica, debería servir para establecer unas directrices sencillas, claras, objetivas y posibilistas que permitan, a la par, avanzar en la dirección que marca el Pacto Verde Europeo y comprobar los resultados.

La recuperación de las llanuras aluviales en un país de ríos altamente regulados y con una muy alta dependencia de la disponibilidad agua (y no solo para fines agrícolas) se intuye complicada. Sin duda se puede avanzar, pero quizás habría que hacerlo de forma sosegada, buscando escenarios ad hoc, donde aprender de la respuesta de unos ecosistemas fluviales que llevan años constreñidos por la actividad humana y que solo consiguen reivindicar el espacio que les es propio a base de crecidas que, además, son rápidamente interpretadas como situaciones catastróficas, tanto más cuanto mayor sea su periodo de recurrencia.

Sobre los caudales ambientales, cabe tener presente que la Directiva Marco del Agua nunca ha impuesto la necesidad de “caudales ecológicos”, pero sí la obligación de que todas las masas de agua alcancen el Buen Estado o Buen Potencial (BEE-BPE) Ecológico imperativamente antes del 31 de diciembre de 2027. Hay la posibilidad real de avanzar en la preservación de los ecosistemas fluviales, si se entiende que el fin único es alcanzar el BEE-BPE en todas las masas de agua y no que todas ellas dispongan de un régimen de caudales ecológicos. Lo lógico es que para alcanzar el BEE-BPE se requiera un determinado caudal regulado que lo soporte y lo mantenga, pero una vez alcanzado y consolidado dicho buen estado o potencial ecológico, no tiene sentido invertir esfuerzos en cálculos de caudales ecológicos para esas mismas masas de agua, mientras otras continúan sin poder llegar al estatus ambiental requerido.

Los caudales ecológicos¹⁸ no son un elemento finalista, sino una



¹⁸ El concepto de caudal ecológico viene recogido en distintas fuentes: *TRLA (RDL 1/2001)*: Los caudales ecológicos, entendiendo como tales los que mantiene como mínimo la vida piscícola que de manera natural habitaría o pudiera habitar en el río, así como su vegetación de ribera. *RPH (RD 907/2007)*: Este régimen de caudales ecológicos se establecerá de modo que permita mantener de forma sostenible la funcionalidad y estructura de los ecosistemas acuáticos y de los ecosistemas terrestres asociados, contribuyendo a alcanzar el buen estado o potencial ecológico en ríos o aguas de transición. *RDPH (RD 849/1986)*: El establecimiento del régimen de caudales ecológicos tiene la finalidad de contribuir a la conservación o recuperación del medio natural y mantener como mínimo la vida piscícola que, de manera natural, habitaría o pudiera habitar en el río, así como su vegetación de ribera y a alcanzar el buen estado o buen potencial ecológicos en las masas de agua, así como a evitar su deterioro.

herramienta destinada a perseguir objetivos que se definan en cada momento sociopolítico o ambiental. Estos se enfrentan a la trayectoria de los ríos como resultado de las presiones e impactos de las actividades humanas, tendiendo a ríos más estrechos y mucho más encajados donde la vegetación de ribera es lineal y no cumple con las necesidades de hábitat de las especies.

Por esto es necesario mejorar las masas de agua en términos biomorfológicos antes de determinar el caudal ecológico de estas. Además, se deberían realizar seguimientos para comprobar si se alcanzan los objetivos planteados para cada masa de agua, cómo responden al caudal que fluye de las presas y si es necesaria su readaptación para esa consecución.

En el apartado de la IPH, 3.4 Caudales ecológicos, se concretan aspectos y metodologías a llevar a cabo la determinación del régimen de caudales ecológicos. “El régimen de caudales ecológicos se establecerá de modo que permita mantener de forma sostenible la funcionalidad y estructura de los ecosistemas acuáticos y de los ecosistemas terrestres asociados, contribuyendo a alcanzar el buen estado o potencial ecológico en ríos o aguas de transición.”

Se debe buscar una distribución temporal de caudales compatible con los requerimientos de los diferentes estadios vitales de las principales especies de fauna y flora autóctonas. Las componentes del régimen de caudales ecológicos que deben considerarse son los caudales mínimos que deben ser superados para mantener diversidad espacial del hábitat y su conectividad; los caudales máximos que no deben ser superados para evitar velocidades de flujo altas y proteger así a las especies autóctonas más vulnerables (tanto los máximos como los mínimos incluyen distribución temporal de caudales); caudal generador, el que ocupa el cauce del río para regenerar el lecho y los márgenes (que, además, controla la presencia y abundancia de diferentes especies y mantiene las condiciones fisicoquímicas del agua y sedimento; y la tasa de cambio, que limita la variación de caudal por unidad de tiempo, evitando grandes fluctuaciones en poco tiempo y consecuencias como el arrastre de organismos acuáticos.

Según se establece en el art. 3.4 de la IPH, el establecimiento del régimen de caudales ecológicos se realizará mediante un proceso que se desarrollará en tres fases:

- ▶ Desarrollo de los estudios técnicos destinados a determinar los elementos del régimen de caudales ecológicos en todas las masas de agua.
- ▶ Proceso de concertación, definido por varios niveles de acción (información, consulta pública y participación activa).
- ▶ Proceso de implantación concertada de todos los componentes del régimen de caudales ecológicos y su seguimiento adaptativo.

Respecto al cumplimiento del caudal ecológico en los embalses, el RDPH indica en su art. 49 quáter que “el régimen de caudales ecológicos no será exigible si el embalse no recibe aportaciones naturales iguales o superiores al caudal ecológico fijado en el correspondiente plan hidrológico, quedando limitado en estos casos al régimen de entradas naturales al embalse.” Y más adelante “En todo caso, la exigibilidad del cumplimiento de los caudales se mantendrá atendiendo al estado en que se encuentren los ríos aguas abajo debido a previas situaciones de estrés hídrico cuando, pese a haber cesado la aportación natural aguas arriba, se puedan realizar aportaciones adicionales provenientes de agua embalsada que pudieran contribuir a mitigar tal estrés.”

En cuanto a este cumplimiento de caudales ecológicos cabe indicar que la Sentencia de 201819 elimina la consideración de posibles márgenes de tolerancia de los valores instantáneos de caudales mínimos, máximos o tasas de cambio. La Confederación Hidrográfica del Júcar, por ejemplo, ha

Así mismo, el caudal ecológico deberá ser suficiente para evitar que por razones cuantitativas se ponga en riesgo la supervivencia de la fauna piscícola y la vegetación de ribera.

¹⁹ Sentencia núm. 1460/2018 de la Sección quinta de la Sala de lo Contencioso-Administrativo del Tribunal Supremo.

diferenciado el concepto de “fallo” del término “incumplimiento”. Y analiza la causa del fallo cuando no se alcance el régimen de caudales ecológicos en alguna de estas situaciones:

- a) En un porcentaje del tiempo igual o superior al 2% (equivalente máximo, a 7 días/año o a 175 horas/año), independientemente de la desviación con respecto al caudal establecido.
- b) En un porcentaje del tiempo igual o superior al 4% (equivalente máximo, a 15 días/año o 350 horas/año) y la desviación con respecto a la componente del caudal medio diario es inferior al 20%.

En caso de que se den los supuestos anteriores, corresponde a la CHJ diagnosticar sus causas pudiendo ser debidas a causas naturales o errores de medición del aparato de medida, en cuyo caso no se considera incumplimiento, o conductas de los operadores (concesionarios o servicios de explotación) que hayan podido conducir a esta situación, en cuyo caso sí se considera incumplimiento.

Una medida demostrada como factible para regenerar sistemas empobrecidos es la de las crecidas controladas, acabando con las pautas de caudal mínimo que dificultaba la regeneración adecuada de los hábitats. Estas crecidas tienen capacidad para hacer un transporte sólido, de nutrientes y biota, y permiten una transitabilidad para muchas poblaciones. Se ha llegado incluso a su combinación con inyecciones sedimentarias para potenciar la mejora ambiental para los hábitats y las especies aguas abajo de las presas.

En este sentido, la suelta de caudales generadores adecuados de los embalses hay que estudiarla de manera acorde con la capacidad de los órganos de desagüe que tiene la presa y con la capacidad de los cauces aguas abajo, y en ocasiones puede ser necesario realizar adaptaciones de dichos órganos de desagüe o incluso disponer de unos nuevos.

Para la preparación del terreno de forma que el caudal ambiental presente un beneficio óptimo, se plantea también la recuperación de la conectividad lateral transversal de las masas de agua donde aún hay posibilidad de recuperación de las llanuras aluviales, con casos de éxito en las cuencas del Ebro y Duero. De esta manera, se evitaría la energía y velocidad con la que llegan las crecidas a zonas donde este impacto es mayor.

Es también relevante el entendimiento del caudal ambiental y su ejecución en los ríos temporales, con comportamientos hidromorfológicos muy diferenciados y comunidades biológicas muy vulnerables en términos de conservación, de forma que el régimen de caudales ambientales debe entender la existencia de este tipo de masas de aguas con ceses de flujo.

Una idea final subyacente es que quizás no se debería interpretar el Pacto Verde Europeo como un plan de acción para recuperar una naturaleza “salvaje” o “prístina”, entre otras cosas porque es imposible en el contexto europeo y, además, sería insostenible²⁰; se trataría de mejorar la interacción de las obras hidráulicas con los ecosistemas fluviales actuales adoptando el aforismo atribuido a Voltaire de que “lo mejor es enemigo de lo bueno”, apostando sin demasiadas excepciones por los objetivos reales frente a los posibles (aunque se intuyan mejores), abordando las actuaciones de preservación de los ecosistemas fluviales españoles en base a criterios meditados, claros, sencillos y pragmáticos, que permitan, en todo caso, la objetivación de los resultados.

²⁰ A menudo y con mayor profusión en los últimos años, el término “sostenible” se viene asimilando a connotaciones exclusivamente ambientales. Una actuación “sostenible” se suele interpretar como ambientalmente adecuada, sin más. Sin embargo, la acepción original de “sostenibilidad” que recogía el Informe Brundtland en 1987, donde se acuñó dicho término, además de la componente ambiental, incluía también la económica y la social.

c) Flujo de sedimentos

Desde hace años, la gestión del transporte del sedimento y su almacenamiento en los embalses ha sido un desafío importante, que cada día cobra más importancia. En estos momentos, la erosión creciente en muchas de nuestras cuencas, junto con el paso de los años y la acumulación de sedimentos en los embalses y los desequilibrios existentes aguas debajo de los mismos, incluyendo la necesidad de utilizar esos sedimentos en la estabilización del frente costero y la lucha contra erosión marina y nivel del mar asociadas al cambio climático, hace que cada día sea más relevante trabajar en la gestión de los sedimentos asociados.

El Perfil Ambiental de España 2020 que publica el Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico establece que la superficie de suelo afectada por procesos erosivos “Moderados” se encuentra por encima del 60%. De acuerdo con los datos del INES-inventario Nacional de Erosión de Suelos, en 2020, casi un 29 % de la superficie de suelo erosionable de España sufre procesos erosivos medios y altos (pérdidas de suelo superiores a 10 t/ha año). Ello supone una pérdida media a nivel nacional de unas 13,6 t/Ha/año, lo que en términos de volumen supone unos 7 m3/Ha/año.

El proceso erosivo del suelo en los episodios de lluvias termina alcanzando los embalses de forma que la retención en ellos de los sólidos que arrastra el agua en ese proceso constituye actualmente uno de los problemas más graves de su gestión, tanto por lo que supone de pérdida de su capacidad útil como por los negativos efectos ocasionados en los ríos, aguas abajo de ellos. Eso se traduce en una reducción de la garantía para poder atender las demandas de agua, pero también en una grave alteración hidromorfológica de los cauces situados aguas abajo de los embalses, poniendo en riesgo de deterioro el estado de las Masas de Agua Superficiales.

Los redactores de la Ley para Redacción de Proyectos de Pantanos de 1905 ya eran conocedores en esa época de los negativos efectos que la pérdida de capacidad de embalse suponía, y especialmente, lo que representaba en la gestión de la explotación la puesta fuera de servicio de los elementos de desagüe que quedaban cubiertos por ellos; por ese motivo, la Ley recomendaba que para disminuir esa influencia se utilizara el denominado como sistema de limpieza español, que se había utilizado con buenos resultados hasta ese momento en algunas presas de la vertiente mediterránea.

El Comité Técnico de Sedimentación de embalses de SPANCOLD, con base en los estudios efectuados por el CEDEX (por el Centro de Estudios Hidrográficos) en un centenar de embalses españoles, estimó hace unos pocos años que la pérdida “media” anual de capacidad de embalse a nivel global por ese motivo en los 1300 embalses debía encontrarse alrededor del 0,5%, es decir, cerca de 300 hm3/año, de forma que en el año 2025 esa pérdida total alcanzaría el 12,5% del volumen total teórico máximo almacenado por ellos y un 17,5% en el año 2050. Y eso sin tener en cuenta los negativos efectos del cambio climático, que, probablemente, contribuirán a un agravamiento del problema, pues si bien las precipitaciones medias anuales disminuirán, éstas tendrán un carácter más torrencial, propiciando la erosión e incrementando el volumen de sedimentos atrapados en los embalses.

A pesar de la clara importancia del tema, este, sin embargo, no ha resultado de interés prioritario para la comunidad presística, como demuestra el hecho de que tan solo se haya tratado en tres ocasiones en los Congresos Internacionales de Grandes Presas organizados por la Comisión Internacional de grandes presas (ICOLD):

- En 1951, la Question 14: Sedimentation in reservoirs and related problems.
- En 1982, la Question 54: Reservoir sedimentation and slope stability. Technical and environmental effects.
- Y en 2009, la Q89: Management of siltation in existing and new reservoirs (2009)

- Y dos en las Jornadas Españolas de Presas: En el año 1996, Corrección hidrológica de cuencas y aterramiento de embalses, y en el año 2010, Las presas y el terreno.

Una buena gestión para un buen balance sedimentario comienza por llevar a cabo una adecuada ordenación de usos del suelo (buenas prácticas agrícolas) y actuaciones de restauración hidrológico-forestal que reduzca la erosión en las cuencas aportantes.

La gestión de la sedimentación producida en los embalses se ha venido analizando hasta tiempos muy recientes efectuando levantamientos batimétricos periódicos del contorno de los vasos de embalse para compararlos con los originales, con los existentes al final de la construcción de las presas, analizándose así la tendencia histórica de ese proceso de colmatación. Esa práctica, sin embargo, se ha ido paulatinamente reduciendo en los últimos años hasta casi desaparecer, limitándose esas actuaciones a intervenciones aisladas en unos pocos embalses, aquellos cuya negativa evolución ha dado lugar en la práctica a un aterramiento casi total de su volumen de almacenamiento.

Esos resultados carecen pues ahora de la necesaria representatividad espacial y temporal como para efectuar una adecuada interpretación de los complejos procesos de transporte y sedimentación fluvial en cada una de las unidades fisiográficas fluviales y para proponer una adecuada gestión de la explotación de los embalses mediante la cual permear éstos en lo que a circulación de los elementos sólidos en suspensión en el agua se refiere. Es necesario retomar las actividades de monitorización de los sedimentos en embalses, en línea con la Guía elaborada por el US Bureau of Reclamation para Estados Unidos en 2021.

La normativa de seguridad de presas vigente obliga a que todas las presas dispongan de unas Normas de Explotación que incluyan todas las disposiciones necesarias en relación con la seguridad y correcto funcionamiento de presa e instalaciones y embalse que contienen, en cualquier circunstancia en que se encuentren, recogiendo de forma documental, qué labores debe llevar a cabo el equipo encargado de su explotación para asegurar el cumplimiento de esos requisitos de seguridad a lo largo del tiempo.

Nada se incluye en ellas, sin embargo, en relación a qué operaciones habría que hacer para descargar y verter hacia aguas abajo los sedimentos acumulados en el embalse, para evitar, o al menos para tratar de reducir, cambios físicos medioambientales en el cauce del río aguas abajo, así como sus negativos efectos sobre peces y otras especies.

Y al igual que figura habitualmente en las Normas de Explotación la realización de un balance hídrico periódico de los embalses, para determinar el volumen de agua almacenado en su interior, parece lógico, y necesario, efectuar un balance del contenido de sólidos entrantes y salientes del embalse, que habría que comenzar a incluir en dichas Normas, para fijar qué caudales o volúmenes de descarga de agua habría que efectuar, el momento o momentos en que debería llevarse a cabo esas actuaciones, así como su duración, operando los elementos de desagüe más adecuados en cada caso, para devolver al río lo que es suyo: los sedimentos que se hayan podido acumular temporalmente en el embalse en épocas de avenidas.

Complementariamente, convendría examinar con mucho más detalle en los embalses el conocido concepto de esos procesos denominado “corriente de turbidez”, que es la corriente de agua con grandes concentraciones de sedimentos muy pequeños transportados como resultado de la erosión del sustrato en la zona de captación y que mediante la disposición de uno o varios obstáculos a modo de muros de contención a lo largo de su recorrido es posible bloquear ese flujo de la corriente turbia y retener gran parte del sedimento que transporta lo que en algunos casos podría llegar a prolongar la vida de la presa de 20 a 50 años con respecto a la situación de no disponer de esos obstáculos.

Recientes estudios muestran que se puede mejorar en determinados casos el flujo de sedimentos a través de los embalses. Existen técnicas probadas para pasar sedimentos a través o alrededor de los embalses, para preservar la capacidad del embalse y reducir los impactos aguas abajo. Se distinguen métodos para encaminar los sedimentos a través o alrededor del embalse, y métodos para eliminar los sedimentos acumulados en el embalse para recuperar la capacidad.

Una cuestión primordial es el manejo adecuado de los desagües de fondo para dejar paso a los sedimentos en situación de avenidas o en desembalse de caudales generadores, pero no puede obviarse que, sobre todo en caso en que la longitud de los embalses es muy considerable y la pendiente del lecho pequeña, el efecto de decantación de la materia sólida supera al flujo de sedimentos por el cauce antiguo del río, y no siempre es capaz de permeabilizarse la presa aun con un manejo adecuado de sus desagües de fondo, especialmente para los sólidos de mayor tamaño. No obstante, la presencia de afluentes intermedios en el vaso de embalse, más cercanos a la presa, pueden facilitar esa permeabilización.

Es por ello necesario (además de por cuestiones de seguridad) el mantenimiento de los desagües de fondo de las presas, su operación periódica y su apertura en episodios de avenidas. Y en determinadas ocasiones, su adecuación, especialmente disponiendo compuertas en los mismos que no supongan ningún obstáculo al flujo de agua y sedimentos.

También se están ensayando métodos de aportación de áridos aguas abajo de embalses para que el paso de avenidas o caudales generadores alimente de sedimentos a la parte baja de las cuencas y al litoral asociado a la demarcación hidrográfica correspondiente.

Aguas abajo de las presas, la reducción del suministro de sedimentos gruesos da lugar a la incisión del cauce y descalces de puentes y otras infraestructuras, y la degradación de la calidad del hábitat acuático, incluida la pérdida de gravas necesarias para el desove de determinadas especies piscícolas como el salmón. El sedimento de grano fino (limo y arcilla) es importante para la estructura de algunas formas fluviales, como las llanuras aluviales acrecentadas verticalmente y las llanuras de lodo estuarino, pero también desempeña funciones importantes distintas de los sedimentos gruesos, como una fuente de turbidez, y su papel en el transporte de nutrientes y contaminantes adsorbidos en partículas de arcilla.

Los aportes fluviales de sedimentos están condicionados antrópicamente no solo por las presas: cambios de usos del suelo, ocupación zonas inundables, extracción de áridos, protección de orillas...

Ya en la parte baja de las cuencas hidrográficas y en la costa, espacios singulares y de gran interés (estuarios, deltas, marjales, marismas y zonas húmedas) se ven influenciados por el transporte de sedimentos fluvial.

Avanzar en una gestión adecuada de sedimentos en las demarcaciones hidrográficas y sus embalses es una necesidad para avanzar en la senda del desarrollo sostenible y de la adaptación al cambio climático.

CRÉDITOS

El presente documento técnico ha sido elaborado por el “**Comité Técnico de Planificación y Gestión del Agua**” del Comité Nacional Español de Grandes Presas (SPANCOLD). Junto a las contribuciones de los miembros del Comité Técnico, el documento se nutre de las principales conclusiones de dos sesiones de trabajo relacionadas con la estrategia de la UE para alcanzar su objetivo de neutralidad climática para 2050, que ha materializado mediante el Pacto Verde Europeo, presentado por la Comisión Europea en diciembre de 2019. Las dos sesiones fueron: un workshop, celebrado en noviembre de 2021, en el que un grupo de expertos, pertenecientes tanto al ámbito empresarial, como a la Administración pública, compartió sus distintos enfoques respecto a la relación de las presas y embalses con el Pacto Verde Europeo; y una jornada de difusión denominada “Presas y Green Deal”, celebrada en abril de 2022, en la que se trataron temas como la integración de sistemas energéticos (almacenamiento hidráulico de energía, el nuevo Plan Nacional Integrado de Energía y Clima 2021-2030 y la huella hídrica de la producción de energía de las diferentes fuentes), la adaptación al cambio climático (la disminución de la calidad del agua a consecuencia del cambio climático, el papel de los embalses en la gestión de inundaciones y sequías, y la garantía del suministro de los recursos hídricos) y la estrategia de biodiversidad para las presas (la restauración de los ríos de caudal libre, caudales ecológicos y flujo de sedimentos) y en la que se dio a conocer el trabajo realizado entonces por el Comité en este ámbito, presentando el borrador del documento elaborado hasta ese momento.

El panel de expertos de las jornadas fue el que se muestra a continuación.

Workshop Noviembre 2021:

Belén Benito Martínez	Directora de Operaciones, Abastecimiento y Saneamiento del Canal de Isabel II
Antonio Burgueño Muñoz	Presidente del Comité Técnico de Planificación y Gestión del Agua de SPANCOLD. Director de Calidad, RSC e I+D+i en FCC Construcción
Enrique Cifres	Vicepresidente ICOLD. Doctor Ingeniero en la Universidad Politécnica de Valencia.
Ignacio Escuder Bueno	Doctor Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos de la Universidad Politécnica de Valencia. Past-President de SPANCOLD
Ángel García Cantón	Profesor Asociado de la Universidad Politécnica de Madrid. Vocal del Comité Técnico de Planificación y Gestión del Agua de SPANCOLD.
Luis Garrote de Marcos	Catedrático de la Universidad Politécnica de Madrid. Departamento de Ingeniería Civil: Hidráulica, Energía y Medio Ambiente.
Marta González del Tánago	Profesora Titular de la Universidad Politécnica de Madrid. Departamento de Sistemas y Recursos Naturales.
Francisco José Hijós Bitrián	Director Técnico. Confederación Hidrográfica del Ebro.
César Lanza Suárez	TECNOVA
Fernando Magdaleno Más	Coordinador de Área. Dirección General del Agua. Ministerio para la Transición Ecológica.
Conchita Marcuello	Unidad de Apoyo. Dirección General del Agua. Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico (MITERD). Vocal del Comité Técnico de Planificación y Gestión del Agua de SPANCOLD.
Ramiro Martínez	EVREN. Miembro del Consejo de Administración y del Comité Técnico Científico en Instituto Mediterráneo del Agua
Miguel Mondría	TYPSA. Doctor Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos en la Universidad Politécnica de Valencia. Vocal del Comité Técnico de Planificación y Gestión del Agua de SPANCOLD.
Baldomero Navalón	Consultor independiente
Antoni Palau	Profesor Titular de la Universitat de Lleida. Departamento de Medio Ambiente y Ciencias del Suelo.
Pedro Ruiz Herrera	Director de Operaciones y Estudios de FCC Aqualia.

Guido Schmidt	Senior Water Policy Expert & Project Manager Senior Water Policy Expert & Project Manager Fresh Thoughts Consulting GmbH
Carmen Marta Soriano	Subdirectora de Planificación Recursos Hídricos y Abastecimiento. Canal de Isabel II. Vocal del Comité Técnico de Planificación y Gestión del Agua de SPANCOLD.
Vicente Torrego de Castro	S.G. Prospectiva, Estrategia y Normativa. Secretaría de Estado de Energía.

Jornada “El Pacto Verde Europeo y las Presas” Abril 2022:

Rosa M ^a Arce	Doctora Ingeniera de Caminos, Canales y Puertos, y Profesora del Departamento de Ordenación del Territorio, Urbanismo y Medio Ambiente de la E.T.S.I. de Caminos, Canales y Puertos de la UPM; Directora del centro de Investigación del Transporte (TRANSYT) de la UPM.
Javier Baztán	Responsable Proyectos de Energías Renovables en GPG (Naturgy). Vocal Titular y Director del subcomité de presas y energía de SPANCOLD.
Antonio Burgueño	Presidente del Comité Técnico de Planificación y Gestión del Agua de SPANCOLD. Director de Calidad, RSC e I+D+i en FCC Construcción
Aránzazu Fidalgo	Jefa de la Oficina de Planificación Hidrológica de la Cuenca Hidrográfica del Júcar.
Alberto Gonzalo	Doctor Ingeniero de Caminos, Director HCC S.A.
Carlos Granell Ninot	Presidente de SPANCOLD
Marta Hernández de la Cruz	Asesora Técnica de la oficina de Cambio Climático de España (MITERD)
Francisco José Hijós Bitrián	Director Técnico. Confederación Hidrográfica del Ebro.
Justo Mora	Dr. Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos, vocal de los Comités Técnicos de <i>Cambio Climático</i> y de <i>Sedimentación</i> de SPANCOLD
Fernando Morcillo	Presidente de la Asociación Española de Abastecimientos de Agua y Saneamiento (AEAS) del Canal de Isabel II.
Lourdes Ortega	Gerente en PyG Estructuras Ambientales S.L. Secretaria Técnica del Comité Técnico de Medio Ambiente de SPANCOLD.
Tomás A. Sancho	Expresidente de la Confederación Hidrográfica del Ebro. Vocal del Comité Técnico de Planificación y Gestión del Agua de SPANCOLD.
Juan Valero	Secretario General en Unidad Sindical de Usuarios del Júcar. Secretario General de la Federación Nacional de Comunidades de Regantes de España

De la conjunción de las conclusiones de ambas jornadas de trabajo surge este documento, cuyo **objetivo** es abordar distintos retos actuales sobre la gestión del agua y poner de relieve la estrecha relación que tienen las presas y embalses con el Pacto Verde Europeo y la consecución de la neutralidad climática en Europa para 2050.