EL AGUA EN ESPAÑA

PRESENTE Y FUTURO

Noviembre de 2026



Cámara de Comercio de España


Cámara
de Comercio de España

Índice

Prólogo 4

1. Introducción y objetivos 5

2. Fuentes de información y metodología 6

2.1 Características de la información disponible 6

2.2 Variables y fuentes de información 8

2.3.Metodología 11

2.3.1 OFERTA: Disponibilidad de agua en superficie 11

2.3.2 DEMANDA: Consumo de agua 12

2.4. Limitaciones y supuestos del análisis 14

3. El agua en España 15

3.1 Disponibilidad de agua en superficie 15

3.2 Consumo agrario y red de suministro 19

3.3 Variables climáticas 23

3.4 Otras variables de interés 25

4. Demanda de agua: Factores que inciden en el consumo de agua 28

5. Oferta de agua: Balance hídrico y disponibilidad de agua superficial 31

6. Escenarios de predicción y estimaciones para 2050 33

6.1 Escenarios de predicción 33

6.2 Perspectivas para 2050 36

7. Conclusiones y recomendaciones 41

Anexo: Estimación modelos sobre consumo de agua 45

Referencias bibliográficas 47

Prólogo

El agua ha sido siempre un recurso esencial para la vida, el bienestar de las personas y el desarrollo económico. En un contexto marcado por el cambio climático, el aumento de las temperaturas, la creciente frecuencia e intensidad de fenómenos extremos y la presión sobre los recursos naturales, la gestión sostenible del agua se ha convertido en uno de los principales desafíos estratégicos para España.

Consciente de esta realidad, la Comisión de Economía Circular de la Cámara de Comercio de España ha situado el agua entre sus líneas prioritarias de trabajo desde su constitución en 2017. Fruto de este compromiso, en 2019 impulsó la elaboración del informe "*La circularidad del agua*", que permitió analizar la situación de los recursos hídricos en España e identificar oportunidades para avanzar hacia una gestión más eficiente y sostenible.

El presente estudio, *El agua en España: presente y futuro*, da continuidad a esta línea de trabajo, profundizando en el análisis de la evolución reciente de la cantidad de agua disponible y de sus principales usos consuntivos, poniendo el foco en el abastecimiento público y en el consumo agrario. A partir de la información existente, se evalúan los factores climáticos, económicos y demográficos que pueden condicionar la disponibilidad y el uso del agua en España durante las próximas décadas. Este trabajo ofrece así una base analítica para identificar los principales retos de la gestión hídrica y formular propuestas orientadas a garantizar el suministro de agua en el medio y largo plazo, señalando de forma expresa las limitaciones derivadas de la falta de información homogénea sobre determinados recursos y usos y planteando recomendaciones orientadas a reforzar la resiliencia del sistema y promover un crecimiento económico sostenible.

La importancia estratégica de esta cuestión es hoy más evidente que nunca. Las evaluaciones más recientes sobre los riesgos e impactos derivados del cambio climático en España coinciden en señalar una creciente exposición a fenómenos como sequías, inundaciones y otros episodios extremos que afectan de forma directa a la disponibilidad y gestión de los recursos hídricos. Como destaca la Oficina Española de Cambio Climático, garantizar la seguridad hídrica se ha convertido, por tanto, en una condición indispensable para la adaptación al cambio climático, la protección de los ecosistemas y el mantenimiento de la actividad económica.

Esta prioridad también ha sido reconocida por la Comisión Europea en el marco del Semestre Europeo (2026), al subrayar la necesidad de impulsar inversiones en resiliencia climática y en tecnologías de ahorro y gestión eficiente del agua como elementos clave para fortalecer la competitividad, garantizar el suministro de recursos y avanzar hacia un modelo de desarrollo más sostenible.

Desde la Comisión de Economía Circular de la Cámara de España consideramos que afrontar estos desafíos requiere una visión de largo plazo, respaldada por información rigurosa, innovación, inversión y una estrecha colaboración entre administraciones públicas, empresas y sociedad civil. Solo un enfoque integrador permitirá compatibilizar la protección de los recursos hídricos con las necesidades de desarrollo económico y social.

Con este estudio reafirmamos nuestro compromiso con la promoción de soluciones que contribuyan a una gestión más eficiente, resiliente y sostenible del agua. Confiamos en que las conclusiones y propuestas aquí recogidas sirvan de apoyo para la toma de decisiones y contribuyan a impulsar un debate constructivo sobre uno de los recursos más estratégicos para el presente y el futuro de España.

Federico Ramos
Presidente de la Comisión de Economía Circular de la Cámara de España

1. Introducción y objetivos

La gestión del agua es uno de los desafíos más importantes a los que se enfrenta la sociedad española en la actualidad. Alrededor del 25% del territorio nacional se encuentra actualmente en situación de estrés hídrico extremo y el país es especialmente vulnerable a los efectos del cambio climático, que se manifiesta en sequías persistentes, lluvias intensas concentradas en muy cortos periodos de tiempo, incremento de la evaporación asociado al aumento de las temperaturas y a la distribución de los usos del suelo, así como en el propio uso que se hace del agua y el crecimiento de la población, tanto puntual (derivado del turismo, por ejemplo), como permanente.

Es cierto que la escasez de agua en esas áreas evoluciona en paralelo a un registro oficial de consumo que apunta a una ligera tendencia decreciente en los últimos años. No obstante, esta evolución no resulta homogénea ni generalizada, y en numerosos territorios la demanda se ha mantenido relativamente estable. En consecuencia, persisten tensiones entre la oferta y la demanda de agua, especialmente en las zonas más áridas de la Península Ibérica.

Desde un punto de vista regulatorio, la gestión del agua en España se desarrolla en un marco amplio definido tanto por la normativa nacional como por la europea. Este entorno combina la planificación hidrológica, la protección del buen estado de las masas de agua, la garantía del abastecimiento, la prevención del deterioro ambiental y la adaptación al cambio climático. Así, las decisiones sobre disponibilidad, uso, conservación y reutilización del recurso deben situarse necesariamente en relación con los objetivos y exigencias establecidos por la política hídrica y ambiental de la Unión Europea y por los instrumentos de planificación vigentes en España.

En este contexto, resulta imprescindible reforzar las políticas de adaptación al cambio climático, entendidas como el conjunto de actuaciones orientadas a limitar los riesgos, mejorar la resiliencia del país y reducir las vulnerabilidades derivadas de sus efectos. Mientras que la mitigación persigue la reducción de las emisiones de gases de efecto invernadero, la adaptación asume que dichos efectos son ya una realidad y que deben gestionarse de forma planificada. Este enfoque es particularmente relevante en el ámbito del agua, donde la capacidad de adaptación resulta esencial para garantizar la seguridad hídrica y la sostenibilidad de los usos actuales y futuros del recurso.

El presente estudio, promovido por la Comisión de Economía Circular de la Cámara de Comercio de España, analiza los datos disponibles relativos al agua en España, tanto desde el punto de vista de las reservas como del suministro, con objeto de conocer cómo han evolucionado ambas variables en los últimos años, qué factores tienen mayor influencia en su comportamiento, y anticipar cuál será el camino que seguirán ambas en el futuro.

A partir de los resultados que se obtengan, se planteará una serie de propuestas para mejorar la gestión del recurso hídrico en España sobre la base del interés general.

En el siguiente apartado se describen, por un lado, las fuentes de información a las que se ha acudido para recabar los datos necesarios y, por otro, la metodología utilizada para realizar el estudio.

A continuación, se pone el foco en las variables que componen el conjunto de datos, revisando su comportamiento histórico desde que existe información. Especialmente de aquéllas que forman parte del balance hídrico.

Posteriormente se detallan los resultados del ejercicio de modelización que se ha llevado a cabo para determinar los factores que en mayor medida afectan a la cantidad de agua consumida.

En una segunda fase del estudio se realiza un trabajo de prospectiva para anticipar cuáles serán las necesidades de agua en el futuro de acuerdo con la evolución que puedan seguir las principales variables que afectan a su demanda (actividad económica, precio, población, superficie cultivada, ...), y a su disponibilidad de acuerdo con el balance hídrico (pluviosidad, escorrentía, ...).

En la última parte se propone una serie de medidas para garantizar el suministro de agua en el medio y largo plazo. Este capítulo final se nutre de las contribuciones de los miembros de las comisiones consultivas de la Cámara de Comercio de España y la red cameral.

2. Fuentes de información y metodología

2.1 Características de la información disponible



Para poder llevar a cabo el estudio tal y como está planteado se requiere disponer de series históricas de datos sobre consumo de agua, cantidad de agua disponible y sobre las variables que pueden tener impacto en cada una de estas dos dimensiones.

Un problema relevante relacionado con las fuentes de información es que no existen datos unificados, homogéneos y completos sobre el agua en España. No hay series disponibles sobre consumo anual total ni sobre la cantidad anual total de agua existente o potencialmente aprovechable. La información es parcial, está repartida en distintas fuentes, se presenta con metodologías y formatos diferentes y su agregación no garantiza obtener una medida exacta del agua consumida o del recurso aprovechable. Por ejemplo, la ausencia de datos históricos sobre la disponibilidad anual de agua subterránea responde a las complejidades técnicas asociadas a su cuantificación (derivadas de su carácter no observable directamente y de la heterogeneidad de los acuíferos), lo que impide incluir este componente de la oferta en el estudio. Todo ello pone de manifiesto la necesidad de avanzar en la mejora y homogeneización de los sistemas públicos de información hídrica.

Por otro lado, las series históricas de algunas variables, especialmente las relacionadas con el consumo de agua, no son muy extensas, lo que limita el alcance de esta investigación. El Instituto Nacional de Estadística (INE), por ejemplo, proporciona información sobre agua suministrada a la red de abastecimiento público y también sobre el agua distribuida a las explotaciones agrícolas, variables que representan un porcentaje muy elevado del consumo de agua. Sin embargo, las series históricas de ambas estadísticas comienzan en el año 2000, lo que no parece suficiente. Además, los datos sobre el uso del agua en las explotaciones agrícolas alcanzan solo hasta 2018, mientras que los del suministro de agua a la red de abastecimiento público se difunden cada 2 años a partir de 2014.

La utilización de series de datos con un horizonte temporal limitado, como es el caso, imposibilita que se puedan capturar dinámicas a largo plazo, además de favorecer la aparición de sesgos que pueden afectar a la precisión de las estimaciones que se realicen en el marco de este estudio.

Por el contrario, es posible disponer de información a nivel regional o de demarcación hidrográfica, lo

que permite compensar de alguna forma los inconvenientes asociados a la reducida extensión de las series históricas. La existencia de datos territoriales mitiga los sesgos derivados de utilizar series de datos limitadas, mejora la eficiencia estadística de las estimaciones y permite controlar efectos no observados constantes en el tiempo que podrían afectar al consumo de agua en cada territorio.

En cualquier caso, los resultados de este trabajo deben interpretarse como una aproximación estructural basada en la mejor información actualmente disponible. La mejora y homogeneización de las fuentes estadísticas permitiría afinar las estimaciones, ampliar el alcance del análisis y reforzar su capacidad predictiva.



2.2 Variables y fuentes de información

Sobre esta base, ha sido necesario adaptar los objetivos planteados al inicio del proyecto a la disponibilidad de información. A continuación, se detallan las variables que componen la base de datos utilizada en el análisis.

Tabla 1. Variables consideradas y fuentes de información

OFERTA (DISPONIBILIDAD DE AGUA)				
VARIABLE	**UNIDAD DE MEDIDA**	**CLASE[1]**	**DESCRIPCIÓN**	**FUENTE**
Agua total embalsada en la primera semana del año t	hm^3	Variable objeto de análisis	Volumen total de agua en embalses peninsulares durante la primera semana del año de referencia.	Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico (Boletín Hidrológico Semanal), y web embalses.net
Escorrentía superficial en el año t	Milímetros	Variable descriptiva	Cantidad de agua que fluye por la superficie del terreno en el año de referencia hacia ríos, arroyos o cuerpos de agua, generalmente por exceso de lluvia o porque el suelo está saturado o sellado.	Centro de Estudios Hidrográficos del CEDEX (Centro de Estudios y Experimentación de Obras públicas). Sistema Integrado de Modelación Precipitación-Aportación (SIMPA)
Escorrentía subterránea en el año t	Milímetros	Variable descriptiva	Flujo de agua que se infiltra en el terreno en el año de referencia y se desplaza lentamente a través de las capas permeables del subsuelo, hasta alimentar ríos, manantiales o lagos.	Centro de Estudios Hidrográficos del CEDEX (Centro de Estudios y Experimentación de Obras públicas). Sistema Integrado de Modelación Precipitación-Aportación (SIMPA)
Precipitación acumulada en el año t	Milímetros	Variable descriptiva	Cantidad de agua caída durante el año de referencia, en forma de lluvia, granizo, nieve o aguanieve.	Centro de Estudios Hidrográficos del CEDEX (Centro de Estudios y Experimentación de Obras públicas). Sistema Integrado de Modelación Precipitación-Aportación (SIMPA)
DEMANDA (CONSUMO DE AGUA)				
VARIABLE	**UNIDAD DE MEDIDA**	**CLASE**	**DESCRIPCIÓN**	**FUENTE**
Volumen de agua suministrada a la red de abastecimiento público en el año t	Miles de m^3	Variable objeto de análisis	Agua que entra a la red de distribución desde las plantas de tratamiento de agua potable o los depósitos en servicio, en el año de referencia.	INE: Estadística sobre el suministro y saneamiento del agua
Distribución de agua a las explotaciones agrícolas en el año t.	Miles de m^3	Variable objeto de análisis	Agua empleada en parcela para el riego de las superficies cultivadas, por la totalidad de explotaciones agrícolas durante el año de referencia.	INE: Estadísticas sobre el uso del agua. Encuesta sobre el uso del agua en el sector agrario

[1] Se distinguen dos tipos o clases de variables:
- Variable objeto de análisis: hace referencia a los fenómenos cuyo comportamiento se desea entender o explicar.
- Variable descriptiva: variable que se utiliza para describir parte del comportamiento de las variables objeto de análisis.

Volumen de agua suministrada a la red de abastecimiento público en el año t-1, t-2 y siguientes	Miles de m^3	Variable descriptiva	Agua que entra a la red de distribución desde las plantas de tratamiento de agua potable o los depósitos en servicio, en el año de referencia.	INE: Estadística sobre el suministro y saneamiento del agua
Distribución de agua a las explotaciones agrícolas en el año t-1, t-2 y siguientes.	Miles de m^3	Variable descriptiva	Agua empleada en parcela para el riego de las superficies cultivadas, por la totalidad de explotaciones agrícolas durante el año de referencia.	INE: Estadísticas sobre el uso del agua. Encuesta sobre el uso del agua en el sector agrario
Precio del m^3. Coste unitario del agua en el año t	Euros/m^3	Variable descriptiva	Importe repercutido a los usuarios por la totalidad de agua suministrada a través de la red de abastecimiento en el año de referencia. Incluye las tasas y tarifas municipales de alcantarillado y depuración.	INE: Estadística sobre el suministro y saneamiento del agua
Población residente en el año t	N° de personas	Variable descriptiva	N° de personas que tienen establecida su residencia habitual en España durante el año de referencia.	INE: Estadística continua de población
Producto interior bruto (PIB) real del año t.	Millones de euros	Variable descriptiva	Producto interior bruto del año de referencia, descontando la inflación.	INE: Contabilidad regional de España, revisión estadística 2019.
Precipitación acumulada en el año t.	Milímetros	Variable descriptiva	Cantidad de agua caída durante el año de referencia, en forma de lluvia, granizo, nieve o aguanieve.	Centro de Estudios Hidrográficos del CEDEX (Centro de Estudios y Experimentación de Obras públicas): Sistema Integrado de Modelación Precipitación-Aportación (SIMPA).
Temperatura media en el año t.	Grados centígrados	Variable descriptiva	Temperatura media medida durante el año de referencia.	Centro de Estudios Hidrográficos del CEDEX (Centro de Estudios y Experimentación de Obras públicas). Sistema Integrado de Modelación Precipitación-Aportación (SIMPA)
PIB real agricultura en el año t.	Miles de euros	Variable descriptiva	Producto interior bruto de la rama “agricultura, ganadería, silvicultura y pesca” en el año de referencia, descontando la inflación.	INE: Contabilidad regional de España, revisión estadística 2019
Superficie cultivada en regadío	Hectáreas	Variable descriptiva	Superficie cultivada en regadío durante el año de referencia.	Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. Encuesta sobre Superficies y Rendimientos de Cultivos (ESYRCE)
Peso relativo del volumen de agua utilizado en el riego por goteo en el año t	Porcentaje respecto al total de agua utilizada en la agricultura	Variable descriptiva	Volumen de agua utilizado en las explotaciones agrarias que aplican riego por goteo durante el año de referencia respecto al volumen total.	INE: Estadísticas sobre el uso del agua. Encuesta sobre el uso del agua en el sector agrario

Para la mayoría de las variables detalladas en la Tabla 1 se dispone de información territorial. Sin embargo, en el caso de Baleares, Canarias y las ciudades autónomas de Ceuta y Melilla no existen datos sobre la evolución del agua embalsada, debido a la ausencia o escasa relevancia de embalses en estos territorios. Dado que esta variable resulta fundamental en el estudio, al determinar la cantidad de agua superficial potencialmente aprovechable, el análisis se centrará en la España peninsular, excluyendo las islas y las dos ciudades autónomas.



2.3 Metodología

Como se describe en el apartado introductorio, el objetivo de este estudio es estimar cuál será el consumo de agua y la cantidad de agua disponible en el futuro. En concreto, el objetivo temporal marcado es el año 2050.

Las variables de interés para la investigación (variables dependientes) son, por el lado de la demanda de agua, el volumen de agua suministrada a la red de abastecimiento público anualmente y la distribución anual de agua destinada a las explotaciones agrícolas. Se considera que la demanda urbana y agraria acumulan un porcentaje muy importante del consumo total, por lo que puede asumirse que son suficientemente representativas de la demanda global. Por el lado de la oferta, se dispone de información sobre la cantidad de agua total embalsada cada uno de los años.

No existe información desagregada sobre el uso de agua (agua que se consume y que no retorna a la cuenca una vez utilizada), ni tampoco sobre otras fuentes de recursos, como las aguas subterráneas. A ello se añade la ausencia de información suficientemente desagregada y homogénea sobre el consumo industrial de agua que se cubre con aportaciones por fuera de la red de suministro, a pesar de que este uso representa una parte relevante del consumo total. Esta carencia limita la posibilidad de incorporar de forma explícita el componente industrial al análisis y refuerza la necesidad de mejorar la información sectorial disponible.

El primer paso para poder alcanzar el objetivo planteado será aproximar la relación que existe entre las distintas variables consideradas en el estudio, detalladas en la Tabla 1.

2.3.1 OFERTA: Disponibilidad de agua en superficie

La estimación de la disponibilidad de agua superficial se desarrolla a partir del balance hídrico. Se trata de un procedimiento cuantitativo que permite medir la relación entre entradas, salidas y almacenamiento de agua en el sistema hidrológico.

La cantidad de agua disponible en superficie se entiende en el marco de este estudio como el volumen total de agua almacenada procedente de la precipitación, que no se infiltra ni se evapora, y fluye por la superficie o a través del subsuelo inmediato, generando escorrentía que puede ser captada en ríos, embalses y otros sistemas de regulación. Este volumen constituye una aproximación al recurso renovable potencial disponible para usos consuntivos.

El siguiente esquema representa de forma simplificada las principales variables consideradas en el balance hídrico de cada cuenca en el marco de este estudio.

Ilustración 1. Balance hídrico simplificado.



Fuente: Elaboración propia a partir de la información del Centro de Estudios Hidrográficos del CEDEX (Sistema Integrado de Modelación Precipitación-Aportación, SIMPA)

De acuerdo con el esquema anterior, la entrada neta de agua en el sistema superficial se aproxima mediante la cantidad de escorrentía, ya sea superficial o subterránea. La superficial se refiere al volumen de agua que, tras precipitar sobre una cuenca o superficie terrestre, no se infiltra en el suelo ni se evapora. La escorrentía subterránea se refiere a la precipitación que se infiltra, pero que fluye por las capas someras del terreno. Esta última representa el flujo de agua subterráneo que alimenta de forma retardada los cauces superficiales, pudiendo mantenerlos con caudal incluso en periodos secos.

En este estudio se ha partido de las aportaciones en régimen natural estimadas a partir del modelo de precipitación-aportación SIMPA, el cual proporciona datos de escorrentía superficial que será la principal fuente de entrada en los diferentes embalses. Por otra parte, se dispone de la serie histórica de los volúmenes embalsados en los embalses analizados. La base de este estudio radica, por tanto, en establecer algún tipo de relación entre la evolución de las aportaciones en régimen natural y los volúmenes embalsados.

Al disponer de información sobre variables hidrológicas y reservas de los embalses peninsulares (Tabla 1), es posible conocer la disponibilidad aproximada anual de agua embalsada en cada cuenca y el coeficiente de embalsamiento, calculado como el porcentaje de agua que queda embalsada respecto al aporte neto total suministrado por la escorrentía.

Aunque este enfoque puede no reflejar en algunos casos la realidad del sistema, debido a la ubicación de los embalses o a la distribución de las aportaciones dentro de una cuenca, en el ámbito de este trabajo puede ser una aproximación suficiente.

Posteriormente, con base en distintos escenarios de precipitación y temperatura hasta 2050, se extrapolarán las entradas netas de agua y se tratará de prever cuál será la cantidad de agua disponible en superficie para uso consuntivo hasta ese año.

2.3.2 DEMANDA: Consumo de agua

Para establecer la relación entre las variables relacionadas con el consumo de agua ha sido necesario llevar a cabo un ejercicio de modelización econométrica. Los modelos econométricos son ecuaciones matemáticas que permiten identificar y evaluar con herramientas estadísticas las relaciones causales que existen entre diferentes variables, utilizando para ello los datos disponibles.

En el caso de la cantidad de agua distribuida a las explotaciones agrícolas, por ejemplo, el modelo que se estime podría responder a preguntas como ¿qué ocurriría en la demanda de agua de la agricultura si se incrementara la producción agrícola (medida a través del PIB del sector)?, o ¿qué pasaría con esa demanda de agua si aumentara el peso de los sistemas de goteo en el conjunto de explotaciones de regadío?

Existen distintas metodologías para estimar modelos econométricos, que difieren dependiendo de la estructura de los datos disponibles, entre otras cuestiones. En este caso, se cuenta con una combinación de datos históricos y demarcaciones hidrográficas en las que se divide el territorio peninsular[2] (no hay información periódica sobre las reservas de agua superficial en las islas o en Ceuta y Melilla, como ya se ha adelantado). Los datos tienen una estructura de panel, que permite observar no solo las diferencias entre cuencas hidrográficas, sino también cómo cambian las variables de interés dentro de cada territorio a lo largo del tiempo.

La principal ventaja de utilizar un panel de datos es la posibilidad de controlar la heterogeneidad inobservable, es decir, características de cada demarcación que no cambian con el tiempo y que tienen impacto en la variable dependiente. Por ejemplo, en este caso la heterogeneidad de las cuencas hidro-

[2] La referencia territorial de muchas de las variables utilizadas, sobre todo las relacionadas con el consumo de agua, suele ser la Comunidad Autónoma. No obstante, en el marco de este trabajo, resulta conveniente tomar como referencia las demarcaciones hidrográficas, que se definen según los límites naturales de las cuencas fluviales. Al fin y al cabo, las CCAA son divisiones político-administrativas sin relación directa con el funcionamiento natural del ciclo del agua. Por tanto, en aquellas variables cuya información se desglosa por CCAA, ha sido necesario utilizar los porcentajes que definen la relación entre CCAA y demarcación para obtener su distribución por cuenca hidrográfica.

gráficas podría venir determinada por su situación geográfica, por ejemplo (latitud y longitud), por su extensión, por la regulación que afecta al agua, por el grado de concienciación de la ciudadanía que las habita en lo que al consumo de agua se refiere, etc.

En el ámbito de este estudio, la heterogeneidad inobservable se evalúa a partir de un modelo denominado "de efectos fijos". Este tipo de herramienta permite controlar esa heterogeneidad para evitar que su influencia se traslade a los efectos del resto de variables explicativas, lo que introduciría sesgos en la estimación (se atribuirían a las variables explicativas efectos que corresponden a la idiosincrasia propia de cada cuenca respecto del agua).

A continuación, se detalla la representación matemática del modelo utilizado para realizar las estimaciones:

$$Y_{it} = \rho Y_{it-1} + X_{it}\beta + \alpha_i + u_{it} \quad (1)$$

Se trata de un modelo de efectos fijos[3] en el que,

Y_{it}: Variable dependiente. En el caso de este ejercicio puede ser el agua distribuida a las explotaciones agrícolas o el agua suministrada a la red de abastecimiento público, dependiendo del caso, en la cuenca hidrográfica i durante el periodo t.

Y_{it-1}: Variable dependiente rezagada un periodo. Se incluye como variable explicativa para capturar la dinámica temporal de la variable de interés.

X_{it}: Matriz de variables explicativas. Esta matriz contiene información de todas las variables o factores cuyo efecto causal en las variables dependientes se pretende medir.

ρ: Coeficiente que mide la relación entre el valor pasado de la variable dependiente y su valor actual.

β: Es el vector de coeficientes que miden el impacto que tienen en la variable dependiente los cambios que se producen en las variables incluidas en X_it.

α_i: Heterogeneidad no observable de la demarcación hidrográfica i, en el sentido de lo explicado anteriormente (situación geográfica de la cuenca, nivel de concienciación de la población, regulación hidrográfica, ...).

u_{it}: Error aleatorio del modelo. Incluye todas aquellas variables que afectan al consumo de agua en la demarcación i durante el periodo t, diferentes a las variables explicativas incluidas en el modelo y a la heterogeneidad inobservable.

En este tipo de modelos, entender qué incluye el error aleatorio es fundamental, ya que su relación con el resto de las variables explicativas determinará la existencia de sesgos en los parámetros estimados.

La inclusión en el modelo de la variable dependiente retardada un periodo permite capturar la persistencia temporal de la misma, mejorando la capacidad explicativa del modelo y corrigiendo ciertos problemas de especificación. Sin embargo, este mismo componente dinámico introduce nuevos desafíos al proceso de estimación, ya que puede generar estimaciones sesgadas e inconsistentes si no se trata adecuadamente (problemas de endogeneidad)[4].

Después de estimar los modelos, se planteará una serie de escenarios sobre la evolución de cada una de las variables explicativas hasta el año 2050. Estos escenarios se introducirán en cada modelo para determinar, por un lado, el consumo futuro de agua en las explotaciones agrícolas y, por otro, el consumo previsto en la red de abastecimiento público.

---

[3] El modelo de efectos fijos considera que la heterogeneidad inobservable es un valor fijo y constante para cada individuo (demarcación) de la muestra, por lo que puede extraerse del error del modelo ($\varepsilon_{it} = \alpha_i + u_{it}$). Esta especificación supone que la heterogeneidad no observada está correlacionada con algunas de las variables explicativas del modelo, lo que podría tener sentido en el ámbito del conjunto de datos utilizado.

[4] Dadas las características de las variables utilizadas, se ha optado por la estimación de un modelo dinámico para datos de panel mediante el método generalizado de momentos (GMM). En concreto, se ha aplicado la metodología propuesta por Arellano y Bond (1991), adecuada para paneles con un número moderado de individuos (cuencas hidrográficas) y un horizonte temporal relativamente amplio. (cont.)

2.4 Limitaciones y supuestos del análisis

Ya se ha indicado que este estudio se ha elaborado tratando de utilizar la mejor información disponible. No obstante, los resultados que se obtengan deben interpretarse teniendo en cuenta una serie de limitaciones y supuestos que afectan al alcance del análisis y a la precisión de las estimaciones. En particular, como se ha adelantado, la información estadística sobre el agua en España presenta problemas de homogeneidad, cobertura y disponibilidad temporal, lo que obliga a utilizar aproximaciones parciales para representar tanto la oferta como la demanda del recurso.

Por el lado de la demanda, el análisis se centra en el consumo agrario y en el agua suministrada a la red de abastecimiento público, al tratarse de los usos para los que existe información más consistente y con mayor continuidad temporal. Esta elección responde tanto al peso estructural de estos usos en el balance hídrico como a las limitaciones de información existentes para otros ámbitos, en particular para determinados consumos industriales y para captaciones realizadas fuera de la red de suministro.

Por el lado de la oferta, la aproximación utilizada se basa en la disponibilidad de agua superficial y en la evolución del balance hídrico, sin incorporar de forma completa otros componentes relevantes, como las aguas subterráneas, debido a la ausencia de series históricas homogéneas y suficientemente desagregadas. Asimismo, para la construcción de los escenarios y estimaciones hasta 2050 ha sido necesario fijar determinados supuestos sobre variables clave, entre ellos los porcentajes de consumo efectivo, la proporción de agua de origen superficial utilizada y la tasa de rendimiento del sistema de almacenamiento.

Además, existen factores emergentes que podrían ganar relevancia en los próximos años y cuya incorporación explícita no ha sido posible en este trabajo por falta de series consolidadas o de información homogénea. Entre ellos cabe mencionar nuevas dinámicas de demanda asociadas al despliegue de infraestructuras intensivas en recursos, como los centros de datos, cuyo desarrollo podría tener efectos directos e indirectos sobre el sistema hídrico. En esta misma línea, conviene señalar que el estudio tampoco incorpora de forma específica otros elementos, como la creciente interrelación entre agua y energía, el posible desarrollo de la producción de hidrógeno o los efectos de la escasez hídrica sobre infraestructuras críticas, la continuidad operativa de determinados servicios y la competitividad de algunos sectores industriales. Se trata de cuestiones que convendría seguir de cerca y considerar de forma más específica en futuras revisiones o actualizaciones del análisis.



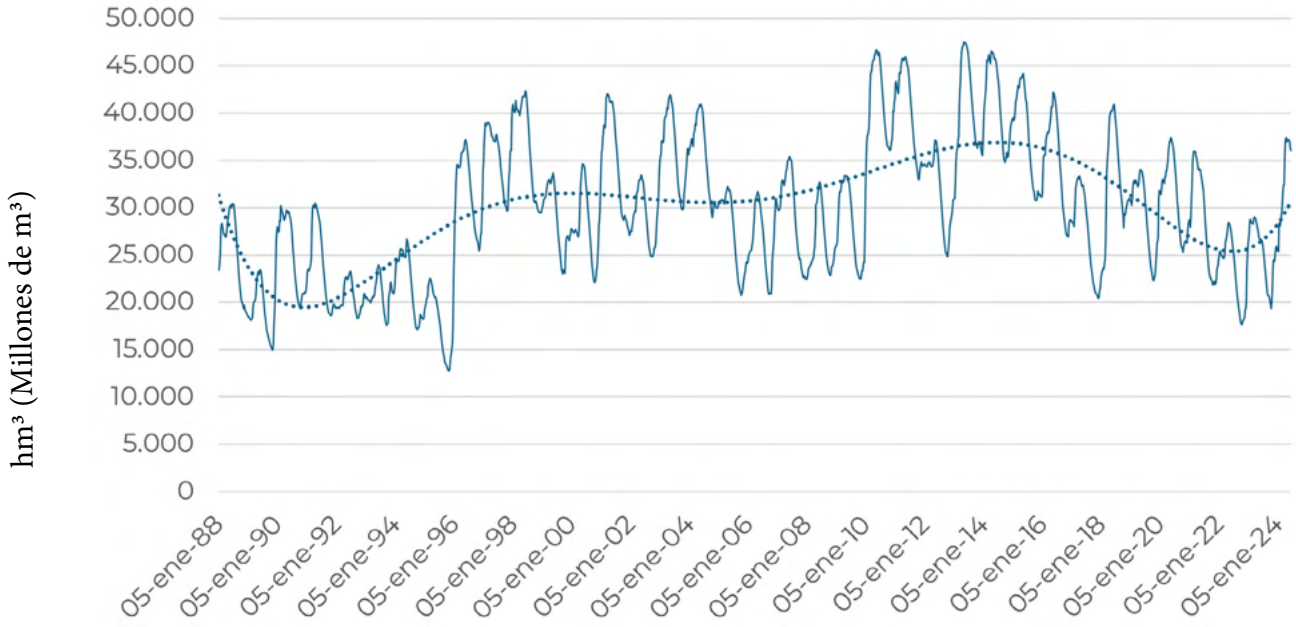
(cont.) Más concretamente, en el caso del consumo de agua en la agricultura, se ha utilizado el estimador GMM en primeras diferencias, que elimina los efectos individuales no observados (heterogeneidad inobservable) y permite instrumentar adecuadamente las variables endógenas mediante sus propios rezagos. Por otro lado, para el consumo en la red de abastecimiento público, se ha empleado el estimador GMM con desviaciones ortogonales, que proporciona unos residuos con muy poca estructura serial. Los test y pruebas realizados respaldan la consistencia de los modelos estimados y la adecuación de los instrumentos utilizados.

3. El agua en España

3.1 Disponibilidad de agua en superficie

La cantidad de agua embalsada en España normalmente fluctúa, como es lógico, a lo largo de un año natural, alcanzando los mínimos durante la segunda mitad de octubre o primeras semanas de noviembre, una vez finalizado el periodo estival y la satisfacción de las demandas agrarias más importantes, repuntando desde ese momento hasta los meses de mayo o junio, justo antes del comienzo del verano, tras recoger las lluvias de la primavera.

Gráfico 1. Agua embalsada en España (peninsular). Enero 1988- junio 2024.



Fuente: Elaboración propia a partir de la información del Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico (Boletín Hidrológico Semanal) y de www.embalses.net.

Si bien se aprecia una tendencia descendente de la cantidad de agua embalsada a partir del año 2014, es cierto que, atendiendo a la serie histórica disponible, el nivel de los embalses peninsulares de los últimos años es incluso superior al registrado durante la primera mitad de la década de los años 90 del siglo XX.

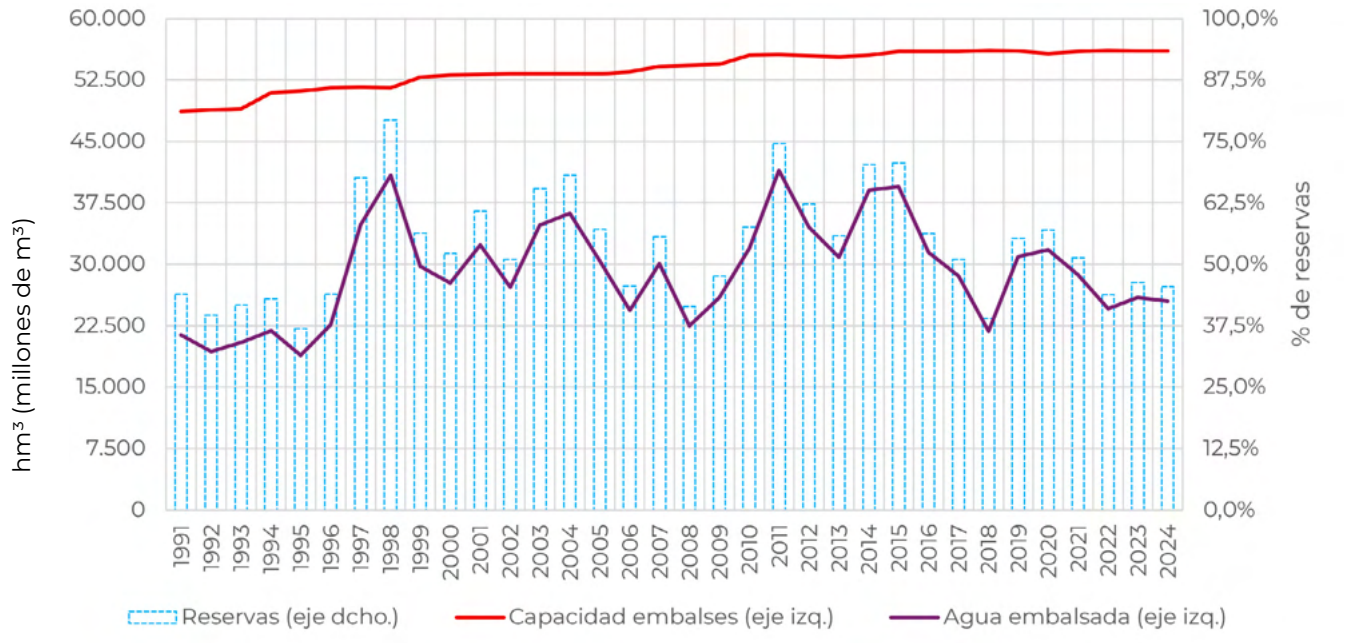
Este comportamiento ha ido en paralelo a un incremento de la capacidad que, en 2024, superaba los 56.000 hm³, un 15,1% superior a la que existía al inicio de 1991[5]. Precisamente, el porcentaje de reservas existentes se viene reduciendo desde 2015, aunque, como se aprecia en el Gráfico 2, en los últimos años las reservas de agua se encuentran casi al mismo nivel que las registradas en la primera parte de los años 90, teniendo en cuenta que en la actualidad existe mayor capacidad de almacenamiento.

Se pone de manifiesto así la importancia estratégica de las infraestructuras de regulación en un contexto de cambio climático y variabilidad hidrológica creciente.

Cabe suponer que, de no haberse incrementado la capacidad de almacenamiento desde la década de 1990, el nivel actual de las reservas sería sensiblemente inferior y podrían haberse producido situaciones críticas de desabastecimiento o restricción de usos. Ello evidencia que la ampliación y el mantenimiento de estas infraestructuras desempeñan un papel esencial para garantizar la seguridad hídrica y mitigar los efectos de las sequías prolongadas y los episodios extremos de precipitación.

[5] La capacidad total de almacenamiento incluye embalses de uso exclusivo hidroeléctrico, que no contribuyen directamente a satisfacer demandas de agua, pero que forman parte del volumen máximo embalsable del sistema. Esto se realiza con el objetivo de reflejar la infraestructura hídrica completa, aunque su disponibilidad para usos consuntivos sea limitada.

Gráfico 2. Evolución de agua embalsada, porcentaje de reservas y capacidad de los embalses peninsulares (datos en la primera semana del año de referencia).



Fuente: Elaboración propia a partir de la información del Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico (Boletín Hidrológico Semanal) y de www.embalses.net.

Aunque hoy se cuenta con mayor capacidad de almacenamiento y un mejor control sobre las reservas, eso no significa que toda el agua que entra en el sistema superficial se pueda acumular. Es importante considerar que solo se retiene en las presas una parte del agua que llega al sistema. Por ejemplo, los embalses deben asegurar el cumplimiento del régimen de caudales ecológicos (ver Ilustración 1), o cantidad mínima de agua que debe mantenerse en un cuerpo fluvial para sostener los procesos ecológicos esenciales, conservar la diversidad acuática y ribereña, y garantizar el buen estado del ecosistema, de acuerdo con criterios hidráulicos, hidrológicos, biológicos y normativos. Este caudal mínimo permite restaurar los ríos y reconectar los ecosistemas[6], y que una cantidad importante del agua que entra en el sistema a través de la escorrentía total acabe desembocando en el mar.

El porcentaje de agua procedente de la escorrentía (entrada neta en el sistema superficial) que se almacena finalmente en los embalses varía entre demarcaciones hidrográficas debido a diferencias en factores tanto naturales como de gestión. Aspectos como el régimen pluviométrico, la estacionalidad de las escorrentías, la capacidad de embalse instalada y su ubicación, la demanda de agua o el cumplimiento del caudal ecológico influyen directamente en la cantidad de agua que puede ser captada, almacenada y aprovechada. Por ello, no es posible hablar de una tasa única o uniforme, sino de tasas ajustadas al contexto físico y socioeconómico de cada demarcación.

Relacionada con lo anterior, en el marco de este estudio, se define la tasa de rendimiento del sistema de almacenamiento superficial como el cociente entre el volumen de agua que se logra almacenar y gestionar de forma útil, y el volumen total de agua que entra en el sistema superficial, generalmente a través de escorrentía. Este indicador refleja la eficiencia operativa al cuantificar la cantidad del recurso potencial disponible que se convierte efectivamente en almacenamiento aprovechable. Su valor depende de múltiples variables: la capacidad útil del embalse, las pérdidas, las restricciones operativas (como el mantenimiento del caudal ecológico), la temporalidad y variabilidad de los aportes hídricos, y la forma en que se gestionan los embalses en relación con la demanda de agua, entre otros. Por tanto, más allá de una simple relación hidráulica, la tasa de rendimiento sintetiza la interacción entre condiciones hidrológicas, diseño técnico y decisiones de gestión[7].

---

[6] Estrategia Nacional de Restauración de Ríos 2023-2030

[7] En el marco de este estudio, el cálculo de la tasa de rendimiento se ha basado en la información disponible (cantidad de agua embalsada al inicio de cada año, consumo contabilizado oficialmente y entradas totales en el sistema a través de la escorrentía). Se trata de una aproximación. En el cálculo no se han tenido en cuenta las entradas procedentes de otras fuentes que también tienen influencia en esa tasa, como por ejemplo los trasvases intercuencas.

El Gráfico 3 muestra la evolución de la tasa de rendimiento en las distintas demarcaciones hidrográficas de acuerdo con la información disponible hasta la fecha, resaltando la tendencia que ha seguido dicha tasa. Este ajuste permite visualizar la evolución general del porcentaje de agua embalsada respecto a las aportaciones anuales (escorrentía), suavizando su variabilidad y evidenciando un posible cambio estructural en la gestión o disponibilidad del recurso a lo largo del período analizado.

Como se puede apreciar, salvo algunas excepciones en cuencas del este (Ebro e interior de Cataluña), en general, el porcentaje medio de agua que se almacena respecto a las entradas netas anuales que se producen, siguió una tendencia decreciente en los primeros años de la serie histórica hasta marcar un mínimo a partir del cual volvió a incrementarse.

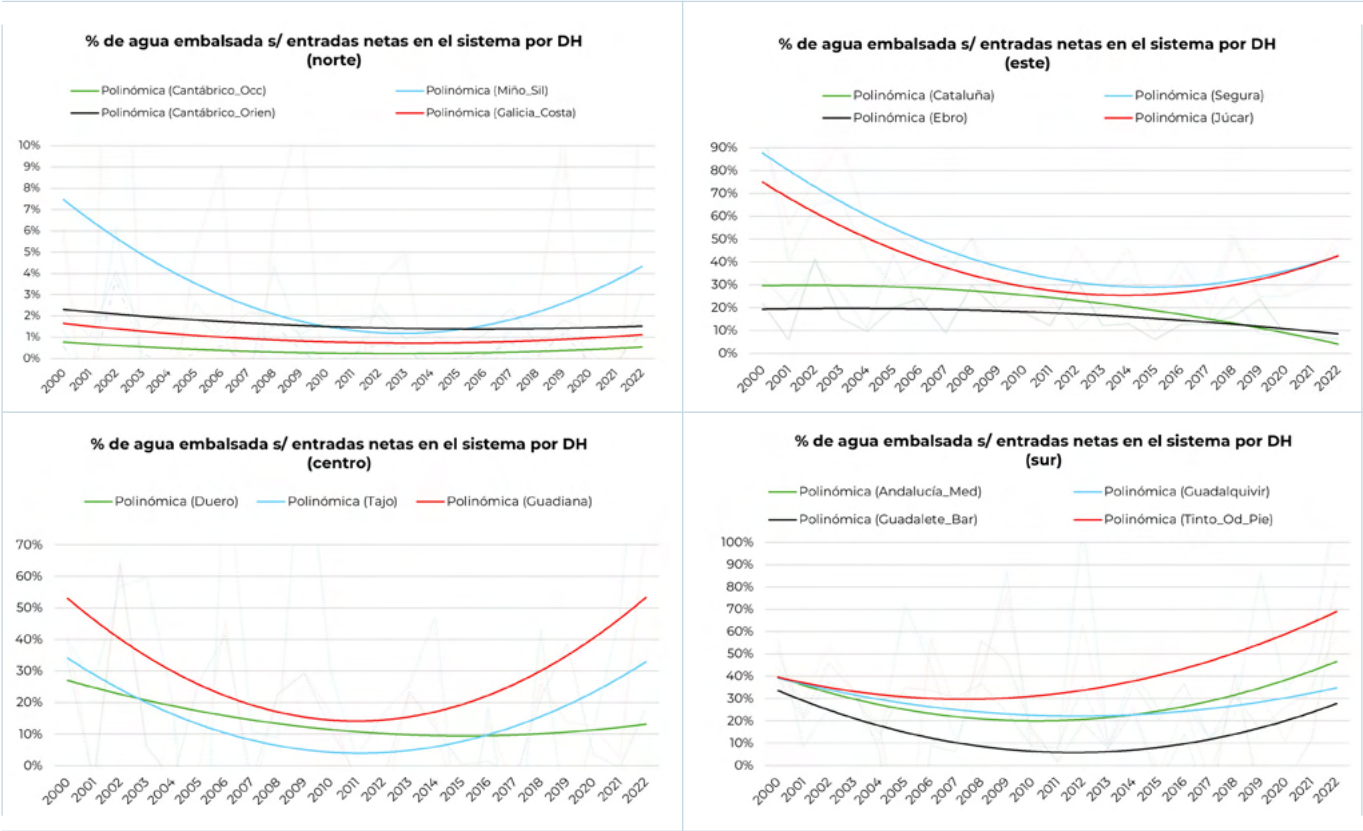
Por ejemplo, en la cuenca del Segura, la tendencia de este porcentaje ha pasado de alcanzar casi el 90% en el año 2000, a situarse por debajo del 30% en 2015, volviendo a crecer a partir de ese año y llegar, aproximadamente, al 45% en 2022. En la del Júcar ha ocurrido algo similar. Se encontraba por encima del 70% al comienzo de la serie histórica y en 2014 se situó ligeramente por encima del 25%. A partir de ese año la tendencia de la tasa de rendimiento volvió a incrementarse y en 2022 era superior al 40%.

También es importante destacar cómo ese porcentaje es mucho más reducido en las cuencas hidrográficas del norte peninsular, en las que, en general, se almacena menos de un 5% de la entrada neta de agua anual en el sistema.

En las cuencas del sur peninsular hay que destacar la evolución creciente que ha seguido la tendencia subyacente de la tasa de rendimiento debido al incremento de la capacidad de almacenamiento.



*Gráfico 3. Tasa de rendimiento o porcentaje de agua procedente de la escorrentía total que se almacena en los embalses**



** Porcentaje de las entradas netas al sistema (vía escorrentía), que finalmente se almacena en embalses peninsulares. Se trata de una tasa que registra mucha variabilidad tanto temporal, como entre cuencas hidrográficas. Para facilitar la visualización, se muestra la tendencia subyacente (polinómica) que sigue la tasa en cada demarcación durante el periodo histórico analizado.*

La tasa se calcula como el cociente entre la variación en la cantidad de agua embalsada durante un año determinado (incluyendo el consumo efectivo superficial), y las entradas totales en el sistema (escorrentía superficial y subterránea).

Fuente: Elaboración propia a partir de diferentes fuentes: Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico (Boletín Hidrológico Semanal), www.embalses.net, Centro de Estudios Hidrográficos del CEDEX (Sistema Integrado de Modelación Precipitación-Aportación, SIMPA), e INE (Encuesta sobre el uso del agua en el sector agrario y Estadística sobre el suministro y saneamiento del agua).

La variación de la tasa de rendimiento debe analizarse siempre en contexto. Cualquier cambio debe interpretarse como el reflejo de múltiples variables—naturales, técnicas y de gestión—que interactúan en la operación del sistema. Por ejemplo, un descenso en la tasa de rendimiento de una cuenca hidrográfica no implica necesariamente que haya entrado menos agua en el sistema. Una menor tasa de rendimiento puede estar relacionada con la utilización de fuentes de suministro alternativas (desalación o mayor utilización de aguas subterráneas), que permiten que no sea tan necesario almacenar agua en los embalses.

También puede influir un cambio en la estrategia de operación: algunos embalses gestionan sus niveles con márgenes de seguridad más amplios en épocas de lluvias intensas para prevenir riesgos por avenidas. Esto puede llevar a liberaciones preventivas de agua, que disminuyen el rendimiento aparente, pero forman parte de una gestión más adaptativa y preventiva.

Asimismo, el rendimiento puede verse afectado por trabajos de mantenimiento o adecuación de infraestructuras, o por decisiones de explotación ligadas a prioridades socioeconómicas distintas, como el aumento del uso hidroeléctrico o una mayor derivación para riego.

3.2 Consumo agrario y red de suministro

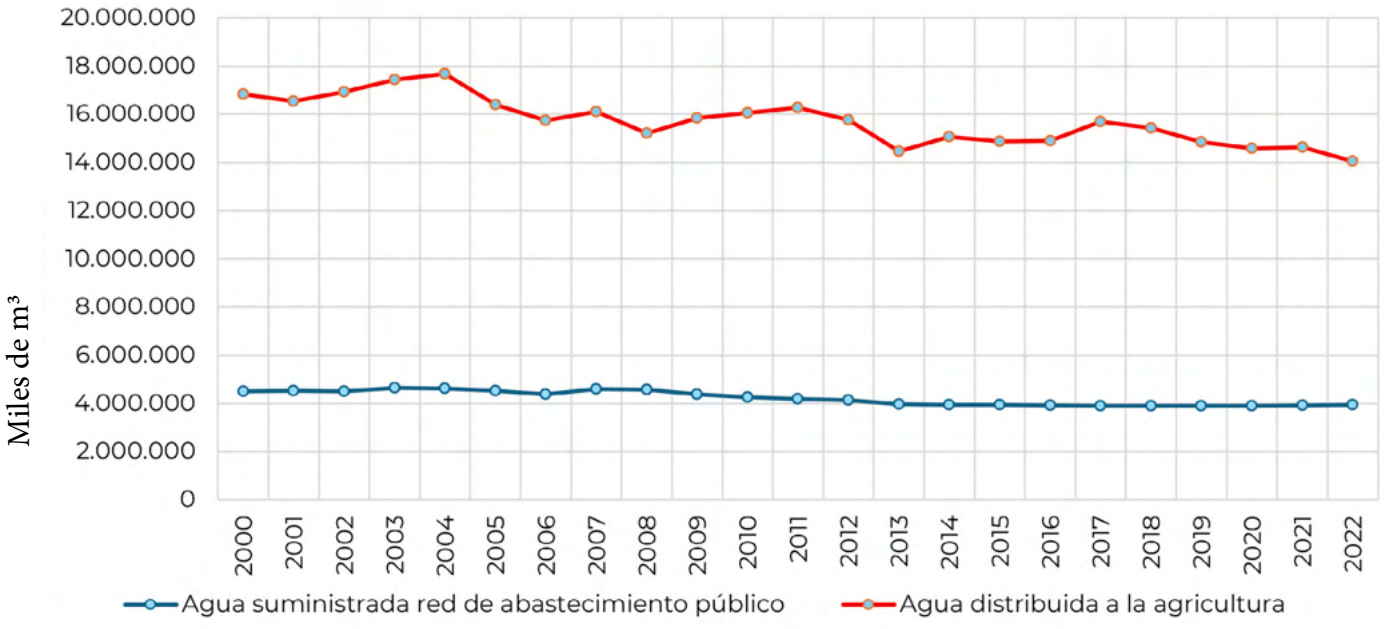
Poniendo ahora el foco en el consumo de agua, durante el siglo XXI, la evolución de la cantidad de agua embalsada coincide en el tiempo con una disminución de la cantidad de agua suministrada tanto a la red de abastecimiento público como a las explotaciones agrícolas.

En concreto, durante el periodo 2000-2022 el descenso en el consumo de agua en la agricultura se estima en un 16,5%[8], desde los 16.820 millones de m³ registrados a comienzos de siglo hasta los 14.046 millones de m³ estimados para 2022.

Por su parte, el suministro de agua a la red de abastecimiento experimentó un descenso del 12,7% entre los años 2000 y 2022[9], pasando de 4.503 millones de m³ en el año 2000 a 3.931 millones en 2022.

Respecto a este último dato hay que reseñar que la cantidad de agua suministrada a la red de abastecimiento público incluye tanto el volumen de agua registrada como el de no registrada. A su vez, el volumen de agua no registrada se refiere a las pérdidas reales (pérdidas físicas en la red de distribución hasta el punto de medida de usuario, comprendiendo las fugas, roturas y averías en la red de distribución y acometidas), y a las pérdidas aparentes (errores de medida en los contadores, consumos autorizados no medidos y consumos no autorizados).

Gráfico 4. Agua utilizada por la agricultura y por la red de abastecimiento público. Periodo 2000-2022.



Fuente: Elaboración propia a partir de la información del INE: Encuesta sobre el uso del agua en el sector agrario y Estadística sobre el suministro y saneamiento del agua.

Además del agua superficial, existen masas de agua subterránea que, en conjunto, contienen reservas muy importantes. El problema, como se ha comentado en apartados anteriores, es que los datos sobre las reservas de agua subterránea almacenada en España son escasos y fragmentados debido a la gran complejidad para su estimación. Solo se dispone de valores medios de recursos disponibles (entendido como los recursos que pueden ser explotados de una manera sostenible) en los planes hidrológicos de las diferentes demarcaciones hidrográficas. No obstante, estos valores son promedios anuales, en base a datos estadísticos de series extensas (desde 1940), pero no pueden ser utilizados para estimar el recur-

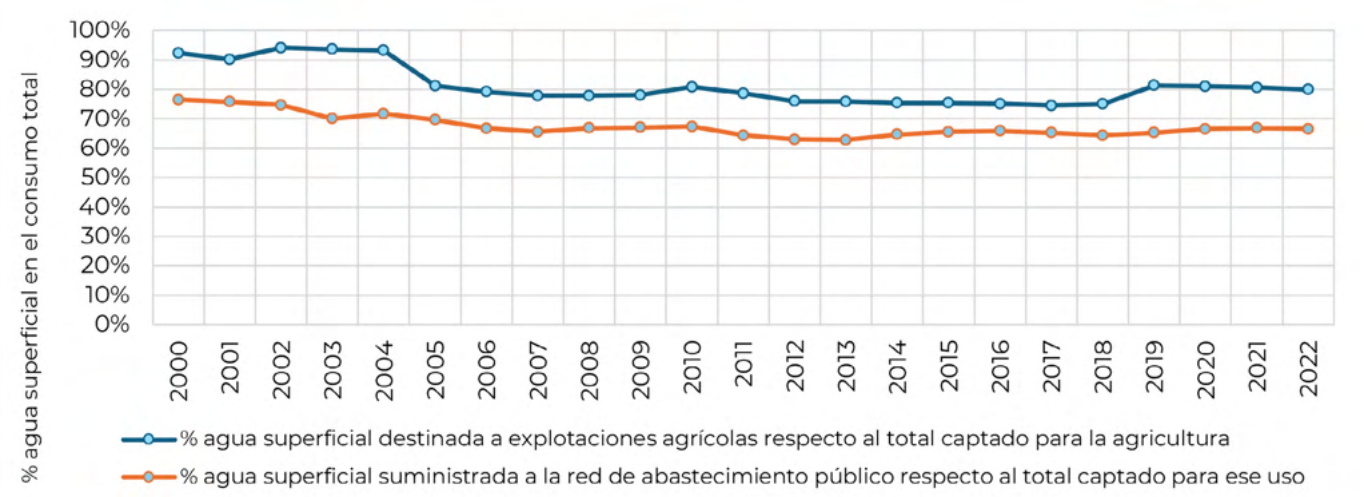
[8] El INE proporciona una serie histórica de la cantidad de agua distribuida a las explotaciones agrícolas desde el año 2000 hasta el año 2016. Además, también hay información para el año 2018. Ha sido necesario utilizar técnicas de interpolación y modelización econométrica para obtener una estimación de la cantidad de agua utilizada en la agricultura en el año 2017 y durante los años 2019-2022.

[9] A partir del año 2014 esta estadística pasa a publicarse cada 2 años, por lo que ha sido necesario aplicar técnicas de interpolación para estimar la cantidad de agua suministrada a la red en los años 2015, 2017, 2019 y 2021.

so disponible en un año concreto, sino debe entenderse como un volumen aproximado de explotación sostenible en el tiempo.

Relacionado con este último punto, en las estadísticas sobre agua distribuida que publica el INE se incluye información sobre la disponibilidad de agua según su origen, incluyendo aguas subterráneas. Es decir, hay una parte del agua utilizada por la agricultura y la red de abastecimiento público que proviene de acuíferos. El Gráfico 5 muestra una estimación del peso que tiene el agua de origen superficial en la cantidad total de agua consumida. Para realizar este cálculo se ha ponderado el consumo total (Gráfico 4), por el peso que tiene el agua superficial en la cantidad de agua disponible para la agricultura y en la captación de agua que realizan las empresas que gestionan la red de suministro.

Gráfico 5. Consumo de agua superficial en la agricultura y en la red de abastecimiento público en porcentaje sobre el total.*

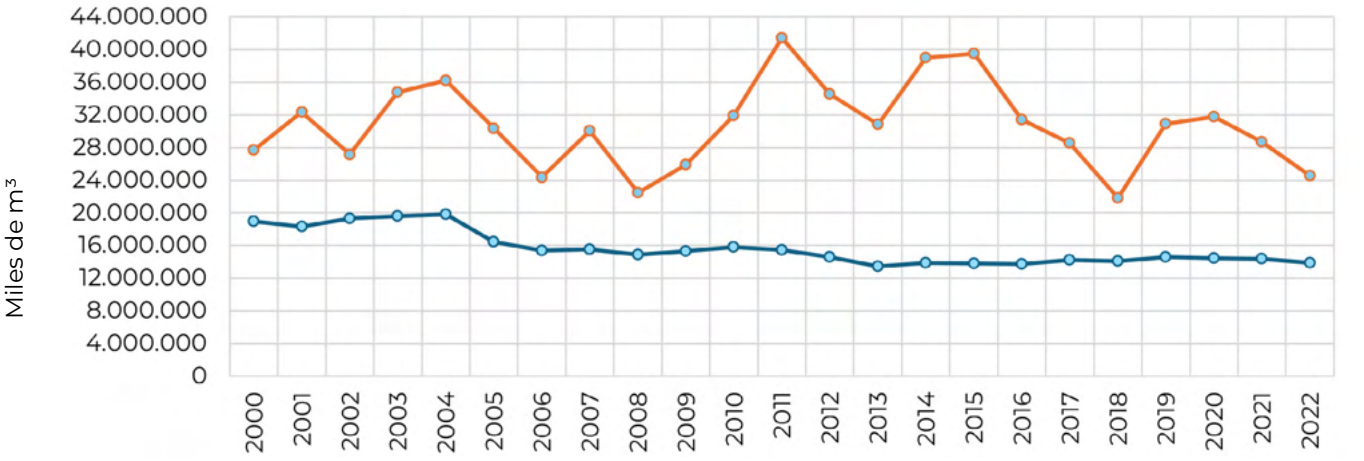


** Porcentaje estimado en función del peso del agua superficial en el total de agua captado para usos consuntivos.*

Fuente: Elaboración propia a partir de la información del INE: Encuesta sobre el uso del agua en el sector agrario y Estadística sobre el suministro y saneamiento del agua.

Como se ha mencionado, no existe información homogénea sobre la cantidad de agua subterránea existente, pero tampoco sobre la obtenida a través de infraestructuras de aprovechamiento autónomo o puntos de extracción no regularizados. Existe cierto consenso en que una parte de las extracciones de agua subterránea no está registrada.

Gráfico 6. Agua disponible en embalses y agua de origen superficial utilizada (red de abastecimiento público y agricultura).



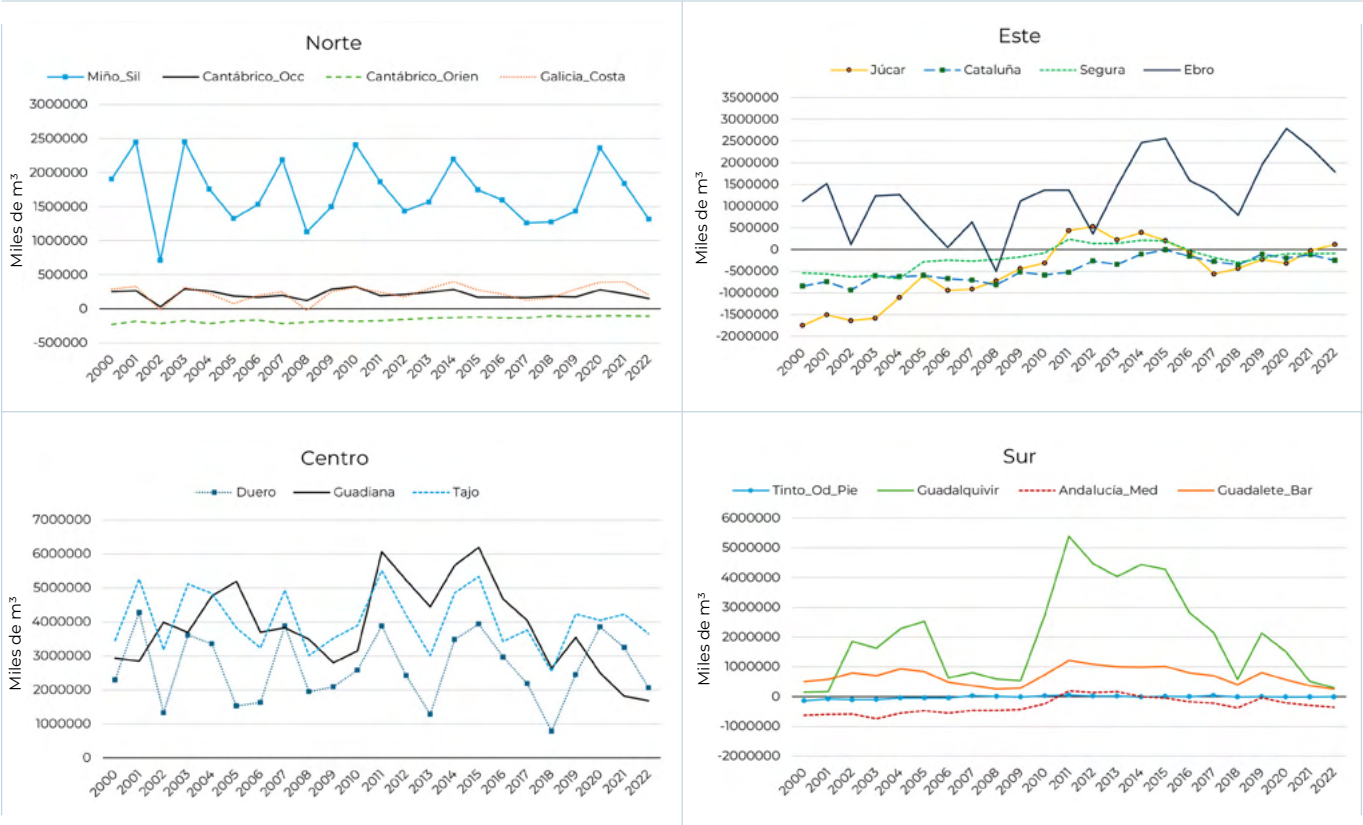
Fuente: Elaboración propia a partir de la información del Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico (Boletín Hidrológico Semanal), www.embalses.net e INE (Encuesta sobre el uso del agua en el sector agrario y Estadística sobre el suministro y saneamiento del agua).

Otro aspecto para tener en cuenta es que, si bien el Gráfico 6 muestra la diferencia entre la cantidad de agua embalsada y la distribuida para uso consuntivo en el conjunto de España (peninsular), esa diferencia positiva no tiene por qué mantenerse a escala territorial[10].

Tal como evidencia el Gráfico 7, hay demarcaciones hidrográficas en las que aparentemente existe déficit de agua respecto a la cantidad almacenada en superficie. En muchas de estas cuencas se necesitan otras fuentes para cubrir la demanda: explotación de acuíferos, generación de agua apta para el consumo a través de desaladoras, reutilización o trasvases.

Cantábrico Oriental, la demarcación andaluza mediterránea y la práctica totalidad de las cuencas del Levante (salvo la del Ebro), tienen un balance entre agua almacenada en superficie y distribución de agua superficial negativo, es decir, las reservas no alcanzan a cubrir el agua superficial que se distribuye para consumo. Aun así, casi todas estas demarcaciones evidencian una reducción progresiva del déficit a lo largo de la serie histórica estudiada.

Gráfico 7. Diferencia entre agua disponible en embalses y distribución de agua superficial para uso consuntivo a las demarcaciones hidrográficas (red de abastecimiento público y explotaciones agrícolas).*



** Años en los que la serie se sitúa por debajo de 0 indica que el consumo de agua es superior a la cantidad de agua almacenada en los embalses de la demarcación.*

Fuente: Elaboración propia a partir de la información del Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico (Boletín Hidrológico Semanal), www.embalses.net e INE (Encuesta sobre el uso del agua en el sector agrario y Estadística sobre el suministro y saneamiento del agua).

[10] El cálculo de cantidad total de agua disponible incluye la existente en embalses de uso exclusivo hidroeléctrico, que no contribuyen directamente a satisfacer demandas de agua, pero que forman parte del volumen embalsado del sistema. Esto se realiza con el objetivo de reflejar la infraestructura hídrica completa, aunque su disponibilidad para usos consuntivos sea limitada.

Sin embargo, este balance negativo, lejos de ser indicativo de escasez en sí mismo, responde a particularidades hidrológicas, climáticas y de gestión que permiten sostener el consumo mediante otras fuentes hídricas complementarias (captaciones fluviales, desalación, trasvases, ...), o por el carácter renovable del recurso.

En la demarcación Cantábrico Oriental existe una red densa de ríos cortos pero caudalosos y un clima húmedo. En este territorio los embalses tienen una capacidad limitada frente a un consumo urbano elevado. No obstante, la abundancia de precipitaciones y la disponibilidad constante de caudal superficial permiten que buena parte del agua consumida provenga de captaciones directas de ríos o manantiales, sin necesidad de grandes reservas embalsadas.

Por el contrario, el sistema Júcar-Turia-Mijares presenta una alta presión sobre los recursos debido al regadío y el abastecimiento urbano en el litoral. Aunque la demarcación cuenta con grandes embalses, como Alarcón o Contreras, en años normales el uso consuntivo anual puede superar la capacidad embalsada efectiva, especialmente en periodos de sequía. Este desequilibrio se compensa gracias a una gestión intensiva de acuíferos (algunos sobreexplotados) y al trasvase Júcar-Vinalopó, que equilibra zonas con déficit hídrico.

La demarcación de las cuencas internas catalanas presenta una notable concentración de población y actividad económica, con un consumo elevado especialmente en el área metropolitana de Barcelona. Aunque existen algunos embalses relevantes, su capacidad conjunta no cubre la demanda anual. Esta limitación se suple mediante una combinación de captaciones fluviales directas, recarga artificial de acuíferos, reutilización de aguas depuradas y, de forma creciente, desalación.

La cuenca del río Segura es una de las más deficitarias de España en términos estructurales. El consumo, especialmente agrícola, es muy superior al agua embalsada disponible en los principales pantanos. Esta situación se sostiene por la dependencia del Trasvase Tajo-Segura, la explotación intensiva de acuíferos y la creciente aportación de recursos desalados al sistema. Las captaciones directas también existen, aunque limitadas por el bajo régimen natural de los ríos en esta zona.

En la demarcación Mediterránea Andaluza, que abarca zonas como la Costa del Sol o la Axarquía, el consumo anual también excede el volumen medio embalsado, particularmente durante años secos. A pesar de contar con embalses relevantes, la alta demanda agrícola y urbana, junto con una pluviometría muy irregular, obligan a recurrir a manantiales de montaña, pozos, trasvases internos, y a un creciente uso de desaladoras.

En resumen, el hecho de que en algunas demarcaciones hidrográficas el consumo de agua superficial sea mayor que el volumen embalsado no implica necesariamente sobreexplotación o escasez, pero sí refleja una dependencia estructural de fuentes alternativas o de caudales renovables.



3.3 Variables climáticas

La disponibilidad de recursos hídricos y su utilización están condicionadas por un conjunto de factores interrelacionados, tanto climáticos como socioeconómicos, cuya influencia relativa varía según el contexto geográfico y temporal. En la Tabla 1 ya se mostraban muchas de las variables más relevantes a priori, entre las que destacan elementos como las precipitaciones, la capacidad de embalse, la evolución demográfica, la superficie agrícola de regadío o el precio del agua destinada al uso urbano.

En cualquier caso, el régimen de precipitaciones es, sin duda, el principal determinante de la disponibilidad de agua, pues incide directamente en los volúmenes almacenados y en los caudales superficiales. A su vez, la capacidad de los embalses actúa como modulador crítico en la gestión de estos recursos, al amortiguar la variabilidad interanual del aporte hídrico.

Al examinar la evolución espacial y temporal de las precipitaciones entre 1991 y 2024 (véase el Gráfico 8), se aprecia que las tendencias no han sido homogéneas entre las distintas demarcaciones hidrográficas. En las cuencas del este peninsular —Cataluña, Ebro, Júcar y Segura— se observa una tendencia ligeramente positiva en la cantidad de precipitación anual que, al menos parcialmente, podría haber contribuido a mejorar la disponibilidad neta de agua (como se aprecia en el Gráfico 7)[11]. No obstante, un comportamiento similar, aunque menos acusado, se registra en el Cantábrico Occidental y en Galicia-Costa. Es importante destacar que este ligero incremento de la precipitación no tiene por qué conllevar un incremento de los recursos disponibles.

Por el contrario, las cuencas del sur y centro peninsular, a excepción del Duero, muestran una tendencia descendente en la precipitación acumulada durante el mismo periodo, lo que aumenta la presión sobre los sistemas de almacenamiento y distribución.

Gráfico 8. Tendencia histórica de precipitaciones por demarcación hidrográfica, 1991-2024.*



** Serie disponible 1991-2020. La información 2021-2024 se ha estimado utilizando los totales para España publicados en los boletines hidrológicos y suponiendo que las precipitaciones en todas las cuencas crecen a la misma tasa.*

Fuente: Elaboración propia a partir de la información del Centro de Estudios Hidrográficos del CEDEX (Sistema Integrado de Modelación Precipitación-Aportación, SIMPA).

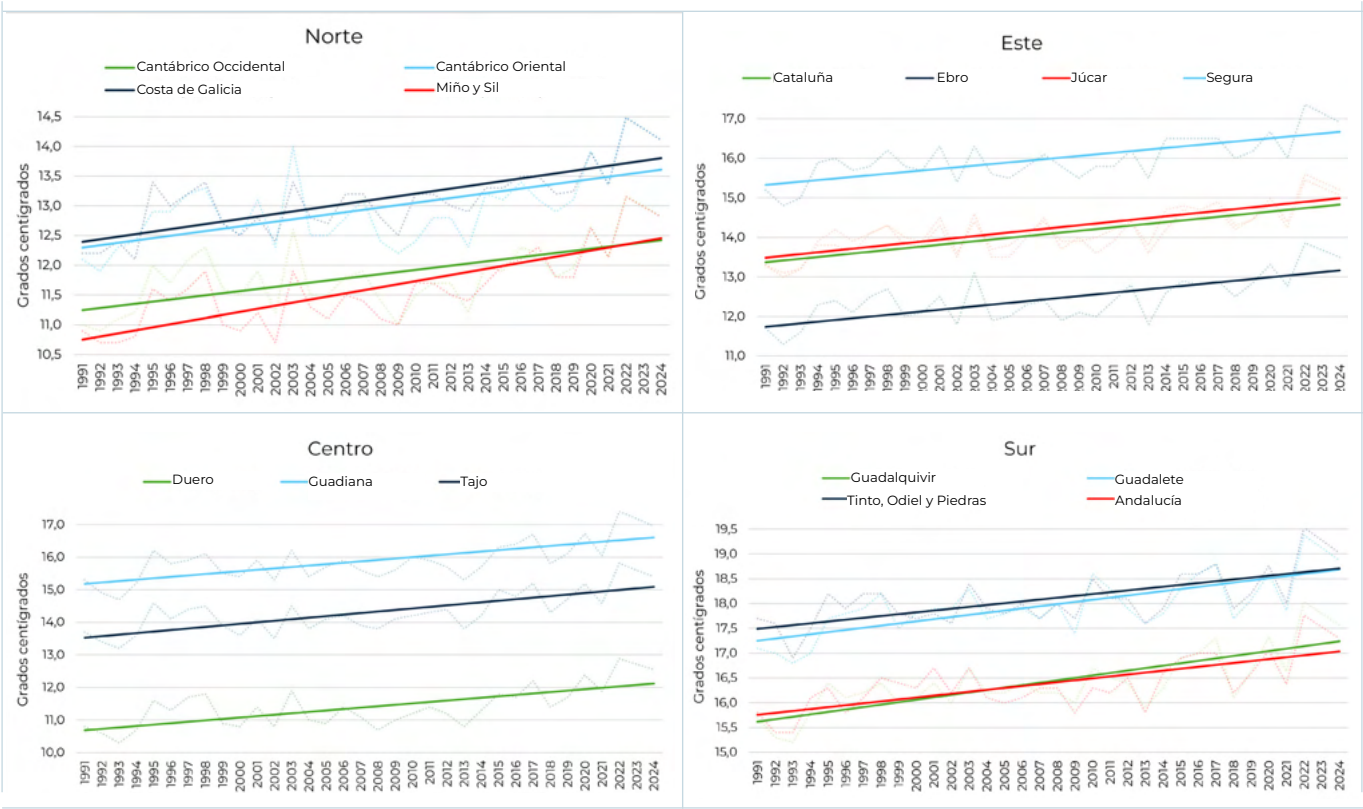
[11] Según el estudio del CSIC "High temporal variability not trend dominates Mediterranean precipitation", publicado en la revista Nature en 2025, la tendencia seguida por las precipitaciones en la zona mediterránea se ha mantenido estable en los últimos 150 años. Los resultados de esta investigación no respaldan la afirmación de que las precipitaciones en la zona estén disminuyendo, según sugerían algunos trabajos previos. Este resultado no quiere decir que la zona no esté inmersa en un escenario de cambio climático que provoca una creciente aridez derivada del aumento observado de las temperaturas, y que incrementa las pérdidas de agua debidas a la evaporación.

Otro factor clave que influye tanto en la cantidad de agua superficial almacenada como en el consumo, es la temperatura y, en paralelo, la tasa de evapotranspiración. En principio, con el incremento de las temperaturas se produce un aumento de la evapotranspiración (que incluye la evaporación en los embalses y la evapotranspiración de las plantas), lo que implica que la disponibilidad de agua en el sistema disminuya.

El incremento térmico ha sido generalizado en todas las demarcaciones durante el periodo 1991-2024. Como era previsible, los valores más altos se registran en las demarcaciones del sur —especialmente en Guadalete-Barbate y en Tinto-Odiel-Piedras—, aunque destacan también la cuenca del Segura en el este y la del Guadiana en el centro-suroeste.

Este incremento de la evapotranspiración tiene una doble vertiente: por un lado, el descenso de los recursos realmente disponibles, y por otro, el incremento de la demanda agraria asociada, ya que las necesidades hídricas que deben ser aportadas a los diferentes cultivos se incrementan.

Gráfico 9. Tendencia histórica de la temperatura media por demarcación hidrográfica 1991-2024.



Fuente: Elaboración propia a partir de la información del Centro de Estudios Hidrográficos del CEDEX (Sistema Integrado de Modelación Precipitación-Aportación, SIMPA).

3.4 Otras variables de interés

Como se ha visto anteriormente, en la Tabla 1 se detallan otras variables, aparte de las climáticas, que podrían tener algún tipo de impacto o efecto causal en el consumo de agua de las explotaciones agrícolas, en el suministro a la red de abastecimiento público o de las que depende el volumen de agua almacenada en superficie.

La Tabla 2 muestra los cambios que se han producido entre los años 2000 y 2022 en las variables relacionadas con aspectos económicos que pudieran afectar a la cantidad de agua consumida, para cada una de las demarcaciones hidrográficas situadas en territorio peninsular.

Por un lado, el PIB real se ha incrementado en todas las demarcaciones durante el periodo estudiado; por otro, existen demarcaciones que han visto reducir su población entre el año 2000 y el 2022 (Cantábrico Occidental, Duero, Galicia-Costa y Miño-Sil).

El PIB de la agricultura, que incluye también el de la ganadería, silvicultura y la pesca, ha descendido en la mayoría de las demarcaciones, especialmente en el Cantábrico Occidental (-55,9%), Cantábrico Oriental (-52,3%), Cataluña interior (-25,0%), Duero (-23,5%) y Tajo (-23,1%).

Tabla 2. Evolución de las variables económicas en el periodo 2000-2022.

Demarcación hidrográfica	PIB real rev. estadística 2019 (Miles €)			Población (nº habitantes)			PIB real agricultura rev. estadística 2019 (Miles €)		
	2000	2022	%	2000	2022	%	2000	2022	%
Andalucía mediterráneo	41.663.757,51	55.273.482,71	32,7%	2.400.382,75	2.808.452,50	17,0%	1.374.653,40	1.613.005,76	17,3%
Cantábrico occidental	32.629.986,58	39.369.583,39	20,7%	1.639.624,91	1.630.935,57	-0,5%	1.317.202,95	580.867,47	-55,9%
Cantábrico oriental	49.188.472,14	65.554.340,25	33,3%	1.807.531,99	1.920.399,57	6,2%	598.945,72	285.849,89	-52,3%
Cataluña interior	163.570.394,91	225.498.923,78	37,9%	5.790.669,65	7.199.575,74	24,3%	1.313.819,31	985.200,84	-25,0%
Duero	44.105.229,75	52.783.220,84	19,7%	2.186.665,07	2.108.502,42	-3,6%	2.699.050,58	2.063.862,64	-23,5%
Ebro	74.643.581,36	98.917.270,07	32,5%	2.825.750,11	3.248.198,94	14,9%	4.306.506,75	4.059.119,27	-5,7%
Galicia costa	35.324.451,67	48.722.530,99	37,9%	2.002.559,62	1.999.449,99	-0,2%	1.214.219,69	1.166.019,62	-4,0%
Guadalete y Barbate	13.389.482,09	17.763.239,59	32,7%	771.411,02	902.552,40	17,0%	457.042,16	536.289,10	17,3%
Guadalquivir	65.746.733,65	87.333.073,41	32,8%	3.787.684,71	4.430.041,79	17,0%	4.177.032,92	4.832.909,71	15,7%
Guadiana	21.216.332,71	28.334.035,51	33,5%	1.295.868,37	1.402.359,61	8,2%	2.224.385,83	2.080.120,22	-6,5%
Júcar	91.232.079,65	121.561.320,71	33,2%	4.194.612,71	5.225.020,06	24,6%	2.624.047,39	2.623.258,53	-0,03%
Miño y Sil	14.040.402,62	18.873.821,37	34,4%	776.812,37	771.026,72	-0,7%	1.397.393,39	1.314.636,65	-5,9%
Segura	31.542.108,35	44.907.406,88	42,4%	1.564.764,78	2.021.860,81	29,2%	1.821.481,96	1.854.575,47	1,8%
Tajo	180.975.832,27	282.237.935,68	56,0%	6.558.881,99	8.169.827,28	24,6%	2.127.664,07	1.635.917,34	-23,1%
Tinto, Odiel y Piedras	5.625.549,62	7.463.170,35	32,7%	324.105,96	379.204,61	17,0%	365.112,36	428.419,51	17,3%

** En las cuencas andaluzas interiores se han utilizado tasas de crecimiento similares.*

Fuente: Elaboración propia a partir de los datos del INE (Contabilidad Regional de España y Estadística Continua de Población).

En la Tabla 3 se detallan aquellas variables del conjunto de datos que pueden afectar al consumo o a la disponibilidad de agua, cuya evolución depende de las decisiones de los actores económicos o del propio regulador. Por ejemplo, una explotación agrícola podría decidir incrementar la superficie de regadío o apostar en mayor medida por el riego con goteo. Del mismo modo, la administración correspondiente podría poner en marcha medidas que incentiven a las empresas a reducir o aumentar la superficie de cultivo de regadío o el peso que representa el riego por goteo en sus cultivos. También podría promover un cambio del precio del agua para la red de suministro, tratando de esta forma de incidir en el consumo que realizan los usuarios.

La capacidad de almacenamiento de agua en embalses depende esencialmente de la Administración hidráulica y de la planificación hidrológica.

Por regla general, la extensión de la superficie de regadío ha aumentado en todo el territorio peninsular durante el periodo 2000-2022, a excepción de Galicia-Costa (-46,9%), Cantábrico Occidental (-21,5%), Miño-Sil (-20,4%) y Duero (-1,1%). A su vez, aumentó más de un 30% en Andalucía-Mediterránea, Guadalete-Barbate, Guadalquivir, Guadiana y Tinto-Odiel-Piedras.

A pesar de ello, como se ha mencionado anteriormente, el consumo de agua para la agricultura se ha venido reduciendo durante todo el periodo histórico considerado, lo que podría tener que ver con la implantación a mayor escala de mejoras técnicas en el regadío, como puede ser el riego por goteo.

Precisamente, el peso del riego por goteo sobre el total del consumo de agua realizado por las explotaciones agrícolas (consumo superficial de agua, sin incluir, como se ha explicado con anterioridad, otras fuentes, como el agua subterránea), se incrementó en todas las demarcaciones, con aumentos aproximados de 50 puntos básicos en Andalucía-Mediterránea, Guadalete-Barbate, Guadalquivir, Segura y Tinto-Odiel-Piedras. En la cuenca del Duero el incremento fue solo de 5 puntos porcentuales durante el periodo analizado.

El precio del agua distribuida a través de la red de abastecimiento público ha experimentado un incremento muy acusado en todas las demarcaciones hidrográficas durante el periodo 2000-2022, incluso triplicándose en 9 demarcaciones diferentes repartidas en todo el territorio. Aún así, la tarifa media en el conjunto de España continúa por debajo del promedio europeo.

Por último, la capacidad de los embalses se incrementó en el conjunto del territorio nacional peninsular, pero existen diferencias significativas por demarcación. Mientras Tinto-Odiel-Piedras, el Ebro, el Guadalquivir y Guadiana aumentaron su capacidad de embalses en más de un 10%, las demarcaciones de Júcar, Cataluña interna y Cantábrico Occidental las redujeron sensiblemente.



Tabla 3. Cambio en las variables sobre las que se pueden tomar decisiones en el periodo 2000-2022.

Demarcación hidrográfica	Superficie de regadío (ha)			Goteo (% sobre total agua utilizada)			Precio (€/m³)			Capacidad embalses (hm³)		
	2000	2022	%	2000	2022	p.p.*	2000	2022	%	2000	2022	%
Andalucía Mediterranea	164.701,73	226.202,30	37,3%	16%	69%	53	0,60	1,92	220,0%	1.113,00	1.174,00	5,5%
Cantábrico Occidental	4.981,37	3.911,69	-21,5%	2%	24%	22	0,52	1,51	187,7%	549,00	511,00	-6,9%
Cantábrico Oriental	17.059,87	17.507,98	2,6%	4%	37%	33	1,09	2,47	125,4%	92,00	94,00	2,2%
Cataluña internas	122.279,90	134.167,11	9,7%	4%	22%	18	0,93	2,98	220,4%	753,00	677,00	-10,1%
Duero	377.289,87	373.126,32	-1,1%	1%	6%	5	0,42	1,25	196,2%	7.459,00	7.507,00	0,6%
Ebro	618.720,60	692.340,74	11,9%	3%	25%	22	0,56	1,70	203,7%	6.504,00	7.929,27	21,9%
Galicia costa	13.682,58	7.270,23	-46,9%	2%	18%	16	0,54	1,96	263,0%	684,00	684,00	0,0%
Guadalete y Barbate	54.759,72	75.207,31	37,3%	16%	69%	53	0,60	1,92	220,0%	1.648,00	1.651,00	0,2%
Guadalquivir	503.906,60	690.988,02	37,1%	15%	66%	51	0,59	1,88	219,3%	7.077,77	8.092,04	14,3%
Guadiana	300.593,52	410.941,54	36,7%	5%	44%	39	0,63	1,55	144,3%	8.635,00	9.498,00	10,0%
Júcar	394.304,56	420.602,25	6,7%	12%	41%	29	0,62	1,88	202,7%	3.346,00	2.846,00	-14,9%
Miño y Sil	33.732,70	26.861,73	-20,4%	2%	16%	14	0,52	1,83	252,9%	3.030,00	3.030,00	0,0%
Segura	206.521,33	243.913,95	18,1%	32%	80%	48	1,07	2,37	122,0%	1.084,00	1.140,00	5,2%
Tajo	265.399,85	339.777,65	28,0%	3%	37%	34	0,63	1,69	166,4%	10.953,71	11.056,00	0,9%
Tinto, Odiel y Piedras	43.745,31	60.080,06	37,3%	16%	69%	53	0,60	1,92	220,0%	186,00	229,00	23,1%

** Puntos porcentuales*

***En las cuencas andaluzas interiores se han utilizado tasas de crecimiento similares.*

Fuente: Elaboración propia a partir de la información del Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación (Encuesta sobre Superficies y Rendimientos de Cultivos ESYRCE), e INE (Estadísticas sobre el uso del agua. Encuesta sobre el uso del agua en el sector agrario; Estadística sobre el suministro y saneamiento del agua).

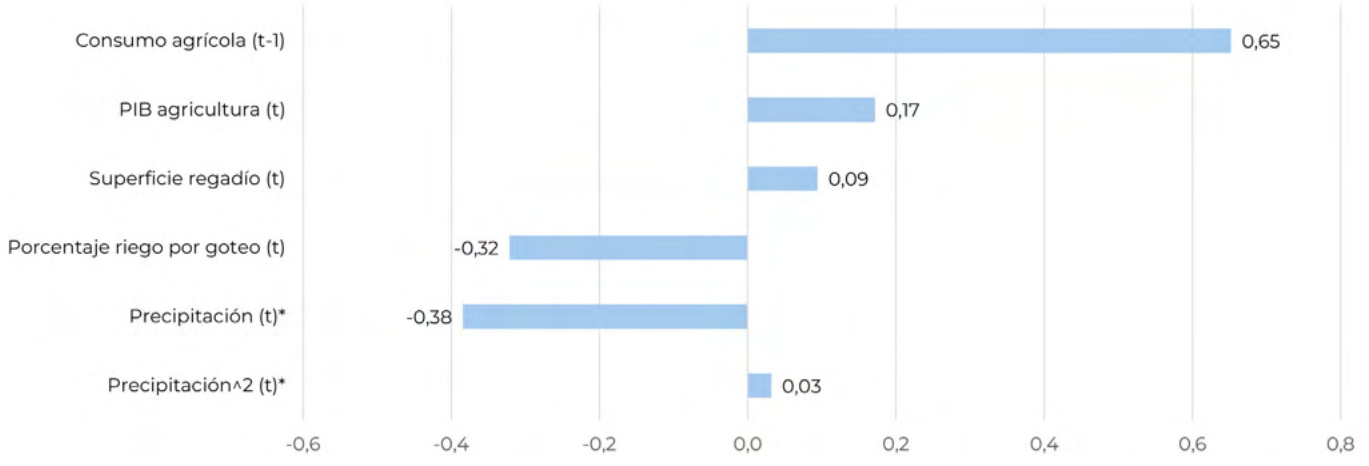
4. Demanda de agua: Factores que inciden en el consumo de agua

A continuación, se muestran los resultados de la estimación llevada a cabo para cuantificar el impacto de las distintas variables que pueden afectar al consumo de agua de acuerdo con la especificación del modelo (1), detallado en el apartado metodológico.

Estos impactos se miden en términos porcentuales para facilitar la interpretación de los resultados[12].

El Gráfico 10 representa el impacto que tienen en el consumo de agua para uso agrícola variables como el PIB de la agricultura, la superficie de regadío, la cantidad de precipitación o el porcentaje que representa el riego por goteo respecto al total del riego de las explotaciones agrícolas. También se añade como variable explicativa la demanda de agua para uso agrícola durante el año previo.

Gráfico 10. Impacto (%) en el consumo de agua para uso agrícola de un cambio porcentual en las variables explicativas.



** El logaritmo de la variable "Precipitación" se incluye elevado al cuadrado en el modelo para reflejar la existencia de una relación no lineal entre la cantidad de precipitación y el consumo de agua de las explotaciones agrícolas.*

Fuente: Elaboración propia.

La forma adecuada de interpretar el gráfico anterior es utilizando porcentajes. Por ejemplo, cuando el consumo de agua para uso agrícola se incrementa un 1% en el año previo (t-1), se espera que el consumo para los mismos usos en el año actual (t) se incremente un 0,65% de media, manteniéndose constantes el resto de las variables explicativas del modelo.

De la misma forma, un incremento del 1% en el PIB agrícola de un año cualquiera (t) supondría un aumento medio de la demanda de agua para uso agrícola ese año del 0,17%, mientras que, si la superficie de regadío se incrementara un 1%, el consumo de agua en la agricultura aumentaría de media un 0,09%, manteniéndose constantes el resto de las variables explicativas.

La eficiencia en el uso del agua viene determinada por la variable que hace referencia al riego por goteo. Este sistema de riego suministra agua directamente a las raíces de las plantas en forma de gotas. Se basa en la entrega de agua de manera controlada y gradual, lo que maximiza la absorción por parte de las plantas y reduce las pérdidas por evaporación o escorrentía, siendo el método más eficiente de riego. Si el peso del riego por goteo en el total de los usos agrícolas del agua se incrementara 1 punto porcentual (es la única variable del modelo que no se mide en logaritmos, sino directamente en por-

[12] Para poder expresar las variaciones en términos porcentuales es necesario transformar las variables utilizadas en logaritmos naturales. Utilizar logaritmos tiene varias ventajas, aparte de permitir el uso de porcentajes. Los logaritmos transforman las relaciones no lineales en relaciones lineales, facilitando la interpretación y estimación del modelo, ayudando a reducir la variabilidad del conjunto de datos al comprimir la escala de las variables, especialmente cuando existen valores muy grandes o pequeños en la muestra. Además, esta transformación puede mitigar el efecto de posibles valores atípicos extremos sobre los resultados del modelo, haciendo que las estimaciones sean más robustas.

centaje), la demanda de agua para la agricultura se reduciría un 0,32%, manteniéndose constantes el resto de variables explicativas.

Finalmente, se ha planteado un modelo en el que el impacto de la precipitación en el consumo de agua de las explotaciones agrícolas no es lineal. En principio, un incremento de la precipitación reduce el consumo de agua de las explotaciones agrícolas, aunque ese impacto se modera a medida que la cantidad de precipitación aumenta.

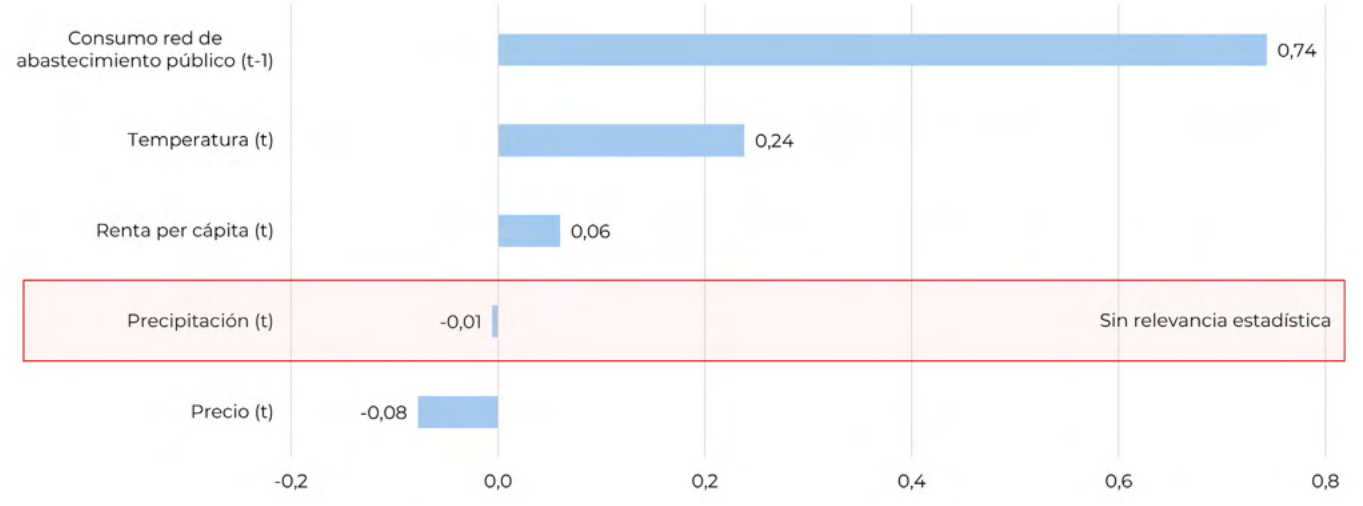
Se trata de resultados que parecen coherentes con lo esperado. El consumo durante el año anterior, el crecimiento del PIB agrícola o la superficie cultivada destinada al regadío tienen un impacto positivo[13]en la cantidad de agua utilizada por el sector agrícola, en el sentido de que cualquier incremento de estas variables traería asociado un aumento del consumo del recurso hídrico.

Por el contrario, una mayor implantación del riego por goteo se espera que reduzca el consumo de agua en el sector agrícola.

Finalmente, un aumento de las precipitaciones, en un principio, reduce el consumo de agua, aunque esta relación puede llegar a invertirse conforme aumenta la cantidad de lluvia caída. Un mayor volumen de precipitación favorece un crecimiento más intenso de los cultivos, incrementando la evapotranspiración y, por tanto, la demanda hídrica. Además, los agricultores pueden intensificar el riego para maximizar la producción o compensar la variabilidad en la distribución de las lluvias, lo que resulta en un mayor consumo de agua agrícola[14].

Respecto a la utilización de agua por la red de abastecimiento público, el Gráfico 11 muestra el efecto que tienen las distintas variables explicativas incluidas en el modelo.

Gráfico 11. Impacto (%) en el consumo de agua de la red de abastecimiento público de un cambio porcentual en las variables explicativas.



Fuente: Elaboración propia.

[13]Efecto positivo se refiere a incremento en el consumo y negativo a reducción. Los parámetros no se interpretan en función de lo que más conviene a la cantidad de agua disponible.

[14]Existen trabajos que analizan la relación entre las necesidades hídricas de los cultivos, la evapotranspiración, las condiciones climáticas y la eficiencia de los sistemas de riego que van por esta línea. Véanse Allen et al. (1998), Fereres y Soriano (2007) y Jägermeyr et al. (2015).

Si el consumo de agua realizado a través de la red pública se hubiera incrementado un 1% en el año previo (t-1), durante el año actual (t) esa demanda se incrementaría, en media, un 0,74%, manteniéndose constantes el resto de las variables del modelo.

La temperatura también parece tener un impacto positivo en el consumo de agua en la red de abastecimiento. Un incremento de la temperatura de un 1% incrementaría el consumo en la red en un 0,24%, manteniéndose constantes el resto de las variables.

El parámetro asociado a la renta per cápita es muy reducido, lo que estaría relacionado con cierta inelasticidad del consumo de agua en la red respecto del poder adquisitivo de los ciudadanos. Es decir, en principio, un incremento o reducción de la renta per cápita apenas tiene efecto en el consumo de agua registrado en la red (el aumento de la renta per cápita del 1% incrementaría el consumo en un 0,06%).

El precio del agua presenta una elasticidad reducida (−0,08), lo que confirma el carácter inelástico de la demanda urbana[15]. No obstante, el parámetro es estadísticamente significativo, evidenciando que el precio constituye un determinante sistemático del consumo. Si bien la magnitud del ajuste es limitada en términos porcentuales, el precio desempeña un papel relevante como señal económica de escasez y como instrumento de gestión de la demanda, especialmente en contextos de restricción hídrica.

Conviene, además, distinguir entre el precio del agua, el coste asociado a su captación, tratamiento, distribución y depuración, y el valor más amplio que este recurso tiene para la sociedad y los ecosistemas. El agua no solo constituye un insumo esencial para la actividad económica y el bienestar de la población, sino que también sostiene funciones ecológicas fundamentales, como la conservación de la biodiversidad, la regulación ambiental o la propia capacidad de resiliencia de los territorios. Aunque estas dimensiones no siempre pueden incorporarse plenamente al análisis cuantitativo por limitaciones metodológicas y de información, tenerlas presentes resulta útil para interpretar adecuadamente los retos asociados a su gestión.

En este sentido, una política tarifaria adecuada no solo puede contribuir a moderar el consumo en el margen, sino también a garantizar la recuperación de costes, el mantenimiento de infraestructuras y la sostenibilidad financiera del sistema, aspectos esenciales para afrontar periodos de escasez. Ello requeriría, no obstante, una revisión del marco concesional y normativo que permitiera una mayor flexibilidad y adecuación de las tarifas a las condiciones reales de disponibilidad del recurso.

El impacto de la cantidad de precipitación en el consumo de agua registrado en la red de suministro no tiene relevancia desde el punto de vista estadístico.

Las tablas con los resultados de los modelos estimados se detallan en el anexo de este documento.

[15] La inelasticidad del consumo de agua se refiere a la sensibilidad de ese consumo ante cambios en el precio. En el uso doméstico o urbano del agua, gran parte del consumo corresponde a necesidades básicas y no se puede reducir fácilmente —higiene, limpieza o alimentación—. Por esa razón, la sensibilidad de ese consumo a cambios en el precio es pequeña, al menos en el corto plazo.

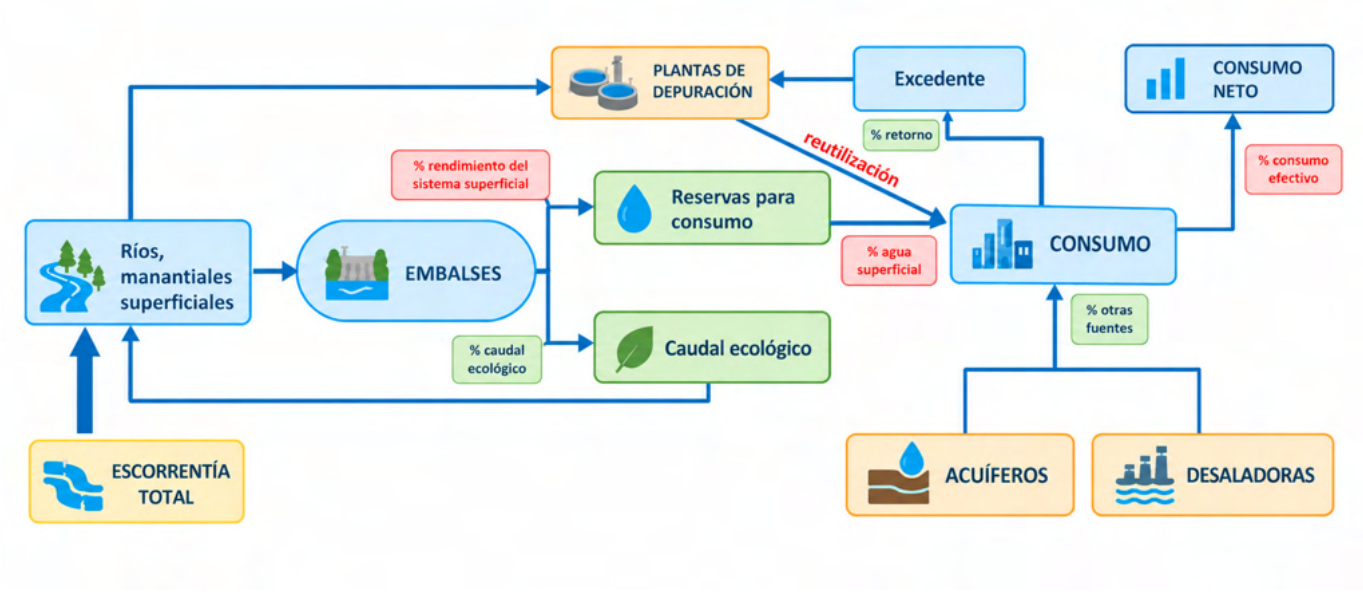
5. Oferta de agua: Balance hídrico y disponibilidad de agua superficial

De acuerdo con la Ilustración 1 expuesta en la sección 2.3, parte del agua que llega a los embalses se queda almacenada para uso consuntivo y un porcentaje importante de la misma sigue su curso por los cauces en función del caudal ecológico determinado en cada demarcación.

Poniendo el foco en el agua destinada al consumo —riego agrícola, abastecimiento urbano y uso industrial—, ésta no se pierde completamente del sistema. Una parte significativa del agua utilizada retorna al medio natural, principalmente en forma de aguas residuales que, tras su tratamiento, se vierten de nuevo a los ríos o se infiltran en el terreno. En el ámbito urbano, este retorno puede representar entre el 60% y el 80% del agua suministrada, mientras que en el sector agrícola se producen retornos variables mediante escorrentía o percolación profunda hacia acuíferos[16]. Estos volúmenes que regresan al sistema contribuyen a mantener los caudales de los ríos, recargar las aguas subterráneas e incluso volver a ser almacenados aguas abajo en nuevos embalses, cerrando parcialmente el ciclo hidrológico y desempeñando un papel relevante en el balance hídrico general. Esta distinción entre agua distribuida y agua efectivamente consumida resulta fundamental para aproximar la reserva real del sistema.

El esquema siguiente explica esta relación entre la disponibilidad de agua y el consumo del recurso. Esta ilustración completa la mostrada en la sección 2.3.

Ilustración 2. Balance hídrico (consumo).



Fuente: Elaboración propia a partir de la información del Centro de Estudios Hidrográficos del CEDEX (Sistema Integrado de Modelación Precipitación-Aportación, SIMPA).

A partir del esquema planteado, será de interés obtener la cantidad de agua disponible para uso consuntivo (reservas para consumo en la ilustración anterior) en 2050. Para ello, aparte de esbozar una serie de escenarios para las variables que determinan la cantidad de agua disponible (precipitación, escorrentía o las que afectan a la cantidad de agua consumida, detalladas en el apartado anterior), habrá que plantear una serie de supuestos para fijar los porcentajes clave que determinan la cantidad de agua disponible. A saber, el porcentaje (o coeficiente) de rendimiento del sistema superficial que determina la cantidad de recurso aprovechable que no fluye como cauce ecológico; el porcentaje del

[16]Según se detalla en un estudio de FEDEA (Fundación de Estudios de Economía Aplicada), en los usos urbano e industrial (red de abastecimiento público), solo el 15% del agua se consume. El 85% restante vuelve a la cuenca. En la agricultura el consumo neto varía en función de la tecnología de riego, entre el 60% y el 90%, retornando a la cuenca entre el 40% y el 10% del agua utilizada, dependiendo del caso.

Albiac, J., Esteban, E. y Baccour, S. (2023). "La Situación y Perspectivas de los Recursos Hídricos en España". Fedea, Estudios sobre la Economía Española no. 2023-29.

consumo de agua que procede de las fuentes superficiales (embalses); y el porcentaje que determina el consumo efectivo del recurso, es decir, el agua que no vuelve como excedente a los cauces.

A los efectos de simplificar el número de variables sobre las que proponer distintos escenarios de evolución hasta 2050, se han fijado algunos de esos porcentajes. Más concretamente, el consumo efectivo o neto de agua se ha establecido en un 15% para los usos urbano e industrial y en el 75% para usos agrarios, en línea con lo propuesto por algunos estudios consultados[17].

Para determinar el porcentaje del agua consumida que proviene de la superficie (embalses), se ha utilizado la fracción de agua superficial captada para consumo, dato que se puede extraer de las estadísticas del INE y que, para el ámbito de la España peninsular, se muestran en el Gráfico 5 de este documento. Teniendo en cuenta estos porcentajes, para cada uno de los años del periodo 2023-2050, el porcentaje de agua consumida que procede de la superficie se ha calculado como la media móvil de esa tasa durante los 10 años anteriores al año de referencia, en cada una de las demarcaciones hidrográficas.



[17] Estudio de FEDEA detallado anteriormente.

6. Escenarios de predicción y estimaciones para 2050

6.1 Escenarios de predicción



La información anterior, relativa a cómo se estima el consumo de agua en función de los cambios que se producen en las variables de las que depende, y a cómo el balance hídrico proporciona un marco teórico para calcular la disponibilidad de agua en superficie, será útil para predecir la tendencia que seguirá el consumo y la cantidad de agua superficial disponible durante el periodo 2024-2050.

Para llevar a cabo esta extrapolación es necesario elaborar escenarios sobre la evolución de las variables explicativas de cada modelo que explica el consumo del recurso (apartado 4) y sobre las variables relevantes en el balance hídrico (apartado 5). La tabla siguiente clasifica las variables utilizadas de acuerdo con sus características en función de si están relacionadas con la evolución de la economía en general, son determinadas por la climatología o están sujetas a decisiones empresariales o del regulador. En ella se detallan una serie de escenarios sobre la variación de estas variables con arreglo al comportamiento agregado de todas ellas.

Se han establecido 3 escenarios en los que se explica la posible evolución de las variables de interés con base en una serie de criterios y se ha añadido un escenario adicional denominado “Escenario de referencia”, que combina supuestos de los 3 escenarios planteados. Se supone que el comportamiento de las distintas variables en cada uno de los escenarios es similar en todas las demarcaciones, excepto la población, variable en la que el INE calcula una extrapolación específica para las CCAA. En este caso, la evolución prevista para la población en cada Comunidad Autónoma ha sido ponderada debidamente para adaptarla al ámbito de las demarcaciones hidrográficas.

Tabla 4. Comportamiento proyectado de las distintas variables exógenas para 2050 de acuerdo con los escenarios de predicción.

Variables	Escenario 1 (e1)	Escenario 2 (e2)	Escenario 3 (e3)	Escenario de referencia (e_ref)
Climatología	Favorable	Poco favorable	Muy desfavorable	Poco favorable
Precipitación (t)	Disminución del 4,6% en 2050 respecto a la media 2015/2024 (corresponde al escenario SSP1-2.6 del IPCC).	Disminución del 7,3% en 2050 respecto a la media 2015/2024 (corresponde al escenario SSP5-8.5 del IPCC).	Disminución del 9,5% en 2050 respecto a la media 2015/2024 (corresponde al escenario SSP3-7.0 del IPCC).	Disminución del 7,3% en 2050 respecto a la media 2015/2024 (corresponde al escenario SSP5-8.5 del IPCC).
Temperatura media (t)	Incremento del 5,8% respecto a la media 2015/2024 (corresponde al escenario SSP1-2.6 del IPCC).	Incremento del 7,2% respecto a la media 2015/2024 (corresponde al escenario SSP3-7.0 del IPCC).	Incremento del 9,1% respecto a la media 2015/2024 (corresponde al escenario SSP5-8.5 del IPCC).	Incremento del 7,2% respecto a la media 2015/2024 (corresponde al escenario SSP3-7.0 del IPCC).
Economía	Estancamiento	Crecimiento débil	Crecimiento moderado	Crecimiento moderado
PIB real (t)	Crecimiento del 0,1% anual 2024-2050.	Crecimiento del 1,0% anual 2024-2050.	Crecimiento del 2,0% anual 2024-2050.	Crecimiento medio del 2,0% anual hasta 2050.
Población (t)	Extrapolación del INE hasta 2039: Incremento medio del 10,6% en 2039 respecto a 2024. Mantenimiento de la tendencia del INE hasta 2050: Incremento medio del 12,9% en 2050 respecto a 2024.			
PIB agricultura (t)	Reducción del 0,2% anual 2024-2050.	Crecimiento del 0,5% anual 2024-2050.	Crecimiento del 1,0% anual 2024-2050.	Crecimiento medio del 1,0% anual hasta 2050.
Decisiones	Alta preocupación por el consumo de agua	Preocupación moderada por el consumo de agua	Ausencia de preocupación por el consumo de agua	Preocupación moderada por el consumo
Precio (t)	Incremento del 35% en 2050 respecto a 2022.	Incremento del 10,5% en 2050 respecto a 2022.	Reducción del 9,5% en 2050 respecto a 2022.	Incremento del 10,5% en 2050 respecto a 2022.
Superficie de regadío (t)	Disminución del 5,0% en 2050 respecto a 2022.	Incremento del 5,1% en 2050 respecto a 2022.	Incremento del 10,5% en 2050 respecto a 2022.	Incremento del 5,1% en 2050 respecto a 2022.
% riego por goteo (t)	Incremento del 35% en 2050 respecto a 2022.	Incremento del 16% en 2050 respecto a 2022.	Incremento del 1% en 2050 respecto a 2022.	Incremento del 16% en 2050 respecto a 2022.

Mención especial hay que hacer de dos variables clave en el balance hídrico, las cuales no se detallan en la tabla anterior, pero cuyo comportamiento está relacionado directamente con la disponibilidad de agua para uso consuntivo: la escorrentía total y la tasa de rendimiento del sistema de almacenamiento superficial. Ambas se describen en distintos apartados de este estudio.

La primera de ellas, escorrentía, no se incluye en la tabla anterior porque su evolución depende, eminentemente, de la precipitación y de los usos del suelo. Dada su elevada correlación con la cantidad de lluvia caída, los escenarios de escorrentía para el periodo 2025-2050 se han supuesto similares a los planteados para la precipitación (en lo que a su tasa de variación se refiere).

Por otro lado, la tasa de rendimiento del sistema superficial se interpreta a lo largo del documento como el porcentaje de la escorrentía total anual (superficial y subterránea) que finalmente queda almacenada en los embalses para uso consuntivo. Se trata de un porcentaje que es difícil de homogeneizar y de predecir, ya que cada embalse tiene su propia tasa, que, en general, no es constante en el tiempo porque depende de los factores físicos, climáticos, técnicos y de gestión que se den en cada momento.

En concreto, dada la complejidad para determinar el comportamiento de esta tasa para el periodo 2024-2050 al tratarse de un parámetro sujeto a elevada incertidumbre y afectado por variables que no es posible controlar a priori (los elementos técnicos y de gestión mencionados), su valor se ha definido mediante un procedimiento de ajuste iterativo por demarcación, basado en su comportamiento histórico durante el periodo 2000-2022, que ha dado como resultado una tasa de rendimiento media anual para 2024-2050 del 17,14%.

Dado que el objetivo del análisis es la caracterización de las variaciones en el volumen almacenado como respuesta a cambios en otras variables del sistema, independientemente del valor de esa tasa, en el marco de este estudio se considera como un parámetro meramente instrumental, utilizado para garantizar la coherencia interna del modelo, y que es necesario únicamente para representar adecuadamente la dinámica del almacenamiento en respuesta a los factores modelizados.

Tabla 5. Tasa de rendimiento del sistema de almacenamiento superficial. Promedio para el periodo 2024-2050.

Demarcación hidrográfica	Tasa de rendimiento del sistema de almacenamiento superficial 2024-2050
Andalucía Mediterránea	24,92%
Cantábrico Occidental	0,24%
Cantábrico Oriental	1,34%
Cataluña internas	12,31%
Duero	11,05%
Ebro	12,27%
Galicia costa	0,48%
Guadalete-Barbate	22,33%
Guadalquivir	30,64%
Guadiana	41,42%
Júcar	28,75%
Miño y Sil	0,93%
Segura	31,70%
Tajo	10,33%
Tinto, Odiel y Piedras	29,03%
España peninsular	17,14%

Fuente: Elaboración propia

Conviene señalar, además, que existen nuevas dinámicas emergentes de demanda de agua que no han podido incorporarse de forma explícita al análisis por falta de series históricas consolidadas y homogéneas. Entre ellas destaca la expansión de infraestructuras digitales intensivas en recursos, como los centros de datos, cuyo crecimiento podría generar presiones adicionales, directas e indirectas, sobre el sistema hídrico en los próximos años. Se trata, por tanto, de un ámbito que convendría seguir de cerca en futuras revisiones del estudio.

6.2 Perspectivas para 2050



Una vez establecidos los distintos escenarios y situaciones que describen la evolución de las variables exógenas, se procede a estimar la tendencia que seguirán las variables relevantes (consumo y disponibilidad de agua) para cada uno de los años del periodo 2024-2050. Los pasos que se han seguido desde el punto de vista metodológico son los siguientes:

1. En el caso del consumo de agua (demanda), los valores proyectados para cada una de las variables exógenas o descriptivas, según los escenarios planteados, se introducen en los modelos estimados con objeto de obtener previsiones sobre el consumo esperado de agua en el periodo 2024-2050, tanto en la red de abastecimiento público, como para uso agrícola.

2. Posteriormente, ese consumo se pondera utilizando el porcentaje estimado de agua consumida que proviene de la superficie para tener en cuenta únicamente el recurso de origen superficial.

3. Para obtener el consumo neto (cantidad de agua consumida que no vuelve a los cauces como excedente), el resultado anterior se vuelve a ponderar por el peso del agua realmente consumida en la agricultura y la red de suministro (porcentajes cuyo valor se ha explicado en la sección 5 de este documento).

4. A la hora de obtener la disponibilidad anual de agua superficial (oferta) en el horizonte 2024–2050, se ha adoptado el enfoque de balance hídrico anual simplificado. En concreto, la disponibilidad del recurso al inicio del año t (o al finalizar el año t-1), se calcula como la suma del volumen de agua embalsada al comienzo del año anterior t-1, más las nuevas aportaciones procedentes de la escorrentía total generada durante ese año t-1, ajustadas mediante la tasa de rendimiento del sistema superficial (se trata de las entradas en el sistema). A este volumen se le resta el consumo neto total correspondiente al mismo año t-1 (salidas del sistema), obtenido en el punto 3.

5. El proceso de cálculo del agua disponible cada año se resume en la siguiente fórmula:

   $$\text{Agua disponible}_t = \text{Agua embalsada}_{t-1} + (\text{Escorr. total}_{t-1} \times \text{Tasa rdto}_{t-1}) - \text{Consumo neto}_{t-1}$$

   Esta metodología permite estudiar cómo variaría la disponibilidad efectiva de agua superficial en función de los distintos valores de escorrentía, tasa de rendimiento y consumo, resultantes tras aplicar los distintos escenarios planteados a las variables exógenas consideradas en el estudio.

Es conveniente subrayar que las estimaciones presentadas para el horizonte 2050 deben interpretarse con prudencia. Su finalidad no es ofrecer una previsión cerrada del comportamiento futuro del sistema hídrico, sino ilustrar cómo podrían evolucionar la disponibilidad y el consumo de agua bajo determinados supuestos climáticos, económicos y de gestión. En este sentido, los resultados deben entenderse como ejercicios de simulación condicionada, útiles para explorar órdenes de magnitud, riesgos y márgenes de actuación, más que como predicciones robustas en sentido estricto.

La siguiente tabla resume los resultados obtenidos.

Tabla 6. Previsiones sobre consumo superficial y disponibilidad de agua en superficie. España peninsular 2050[18].

	Volumen de agua disponible en superficie (hm^3)*	Consumo total de agua superficial (hm^3)		Saldo respecto al consumo total superficial (hm^3)	Saldo respecto al consumo neto (hm^3)
		Consumo total**	Consumo neto***		
Promedio 2000-2022	40.667,3	15.649,3	10.024,8	+25.018,0	+30.642,5
Año 2050					
Escenario 1 (e1)	47.126,1	12.130,1	7.625,1	+34.996,0	+39.501,0
Escenario 2 (e2)	27.431,6	14.142,2	8.954,0	+13.289,4	+18.477,6
Escenario 3 (e3)	10.293,3	16.075,3	10.184,6	-5.782,0	+108,7
Escenario de referencia (e_ref)	20.043,9	15.091,6	9.571,6	+4.952,3	+10.472,3

** Incluye el volumen de agua almacenada en embalses al inicio del año de referencia más las entradas procedentes de la escorrentía ese año.*

*** Se refiere a la cantidad de agua total adquirida para su uso en la red de suministro y en la agricultura. Incluye el consumo efectivo y el excedente que retorna a la cuenca.*

**** Se refiere al consumo efectivo, o parte del consumo total que no retorna al sistema como excedente.*

Fuente: Elaboración propia.

La disponibilidad de agua puede evaluarse en relación con dos definiciones de consumo: el total, que representa el volumen captado de la superficie para su uso, y el neto, que corresponde únicamente al volumen que se consume y no retorna a la cuenca. Esta distinción es clave, ya que, como se ha comentado anteriormente, parte del agua consumida en el uso urbano o en regadíos se reincorpora al sistema mediante retornos superficiales o subterráneos. Por tanto, mientras que la comparación entre disponibilidad y consumo total permite evaluar la presión directa sobre las infraestructuras de captación y regulación, la comparación con el consumo neto resulta más adecuada para analizar el impacto real sobre el recurso y la sostenibilidad a largo plazo del balance hídrico.

El balance entre el consumo total de agua superficial y la disponibilidad anual permite evaluar el grado de equilibrio del sistema hídrico en cada uno de los escenarios planteados. De acuerdo con los resultados de la Tabla 6, en el escenario 1, el más favorable en lo que a disponibilidad de agua se refiere, la cantidad de agua almacenada en superficie sería muy superior al volumen total de agua superficial demandado, lo que indicaría una situación de holgura y capacidad suficiente para atender las necesidades sin tensiones (superávit de 34.996,0 hm^3).

En el escenario 2 se mantendría esa capacidad para atender la demanda, aunque el margen de seguridad se reduciría notablemente respecto al escenario anterior. Dada la evolución de las distintas variables exógenas, el excedente de agua disponible se cifraría en 13.289,4 hm^3.

El escenario 3 presenta un contexto climático muy desfavorable y descuenta una mayor presión sobre los recursos hídricos. En este caso, la disponibilidad de agua resultaría claramente insuficiente para cubrir el consumo total previsto, lo que revelaría un desequilibrio estructural que podría derivar en restricciones, sobreexplotación de recursos alternativos o necesidad urgente de medidas correctoras, como

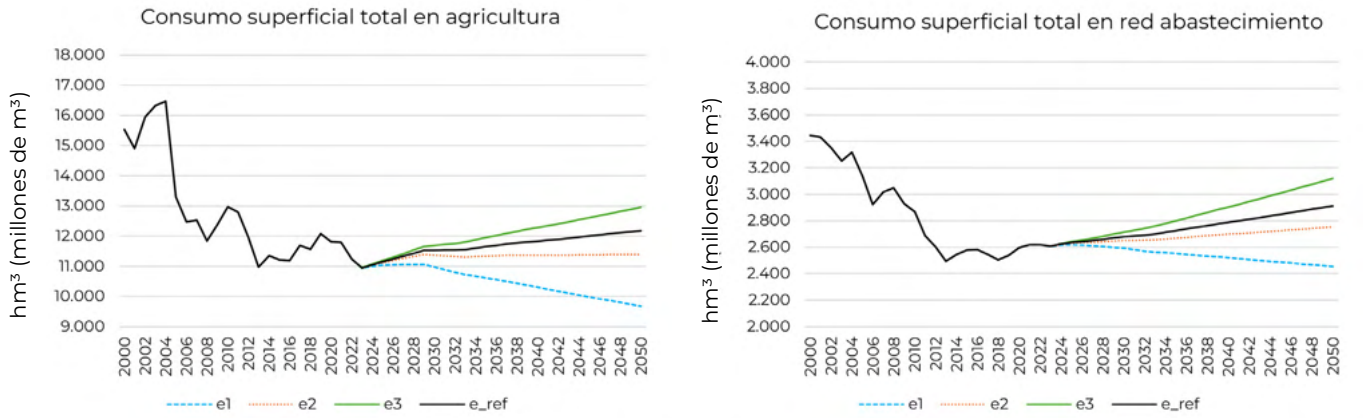
[18] Cantidades expresadas en hectómetros cúbicos (hm^3). Equivalencia: 1 hm^3 = 1 millón de m3.

puede ser el incremento de la captación de recursos hídricos procedentes de otras fuentes, como acuíferos subterráneos, desalación o regeneración. Estas fuentes alternativas pueden actuar como complemento en contextos de escasez, especialmente cuando el sistema superficial no alcanza a cubrir la totalidad de las necesidades. No obstante, su uso debe considerarse cuidadosamente, atendiendo a los límites de explotación sostenible de los acuíferos y al coste energético y económico asociado a la desalación. De acuerdo con los escenarios planteados, el déficit podría alcanzar 5.782,0 hm³, aunque en el caso del consumo neto, la cantidad de agua disponible en superficie podría ser suficiente para cubrir las necesidades (superávit de 108,7 hm³).

Poniendo el foco en el escenario que se ha considerado de referencia, el comportamiento del sistema hídrico reflejaría una situación de superávit, aunque mucho más reducido que en los escenarios 1 y 2 considerados. El sistema podría llegar a ser vulnerable ante variaciones climáticas o aumentos inesperados de la demanda.

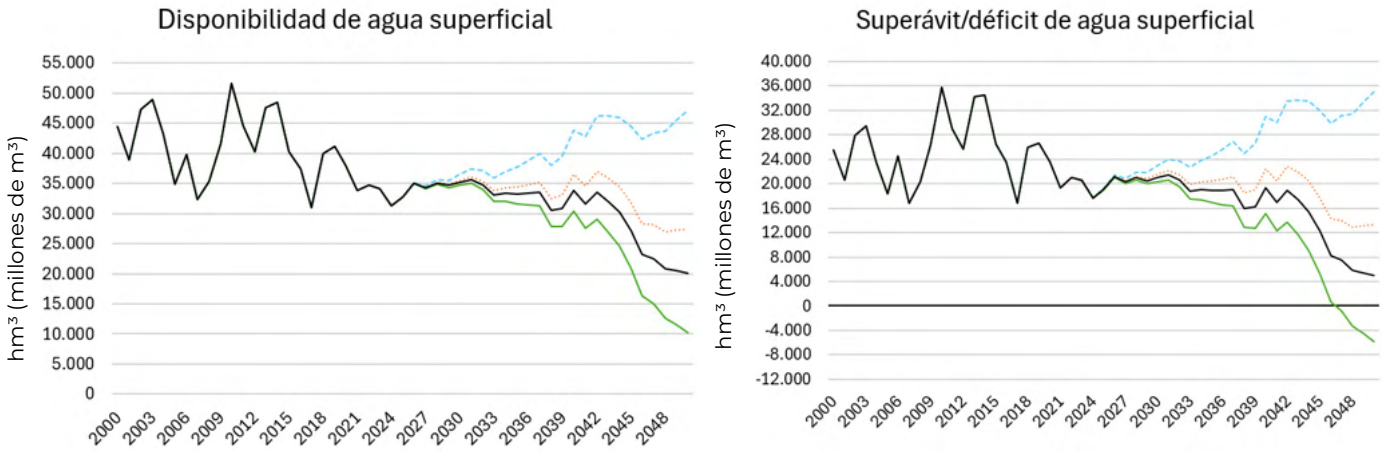
En resumen, en los escenarios más adversos desde el punto de vista climatológico y con un crecimiento económico moderado, el sistema podría llegar a operar bajo presión. No obstante, sería factible mantener su funcionalidad siempre que se gestionen adecuadamente los retornos, se optimicen las infraestructuras de regulación y se mantenga un control sobre el crecimiento de la demanda, entre otras medidas.

Gráfico 12. Evolución del consumo de agua superficial en la red de abastecimiento público y en las explotaciones agrícolas. España peninsular. Periodo 2000-2050.



Fuente: Elaboración propia.

Gráfico 13. Evolución del volumen de agua disponible de origen superficial y superávit/ déficit de agua respecto al consumo total (neto + excedente que retorna a cuenca). España peninsular. Periodo 2000-2050.



Fuente: Elaboración propia.

Según los resultados anteriores, el sistema superficial solo entraría en déficit bajo el escenario más adverso, registrándose superávits en el resto de las situaciones, incluida la utilizada como referencia, aunque en este último caso, con poco margen de reacción ante imprevistos.

Sin embargo, la situación por demarcación hidrográfica es más diversa. Incluso en el resultado obtenido para el escenario 1 (la más beneficiosa para la disponibilidad de agua), podría haber demarcaciones con déficit de agua superficial en algunos momentos.

La Tabla 7 muestra en detalle cuál sería el superávit/ déficit previsto en cada demarcación hidrográfica para el año 2050, según los distintos escenarios contemplados. Cifras positivas indican superávit, es decir, disponibilidad de agua suficiente para cubrir la demanda, mientras que valores negativos reflejan déficit o escasez para abastecer el consumo previsto, ya sea total o neto.

En la tabla también se detalla el periodo histórico para el que se prevé la aparición de déficit en cada demarcación. Esta información es importante, ya que permite anticipar tendencias y detectar aquellas cuencas que podrían entrar antes en situación de vulnerabilidad, facilitando la toma de decisiones proactivas y la planificación de actuaciones preventivas.

En este sentido, según las estimaciones realizadas, cabe destacar cómo las demarcaciones Andaluza Mediterránea, cuencas internas de Cataluña, Guadalete-Barbate, Júcar, Segura y Cantábrico Oriental, registrarían déficit respecto al consumo total a partir del escenario 2. Además, dos de estas demarcaciones, Andaluza Mediterránea y Segura, también experimentarían déficits respecto al consumo neto. Es decir, en estos dos casos, el agua disponible no sería suficiente para cubrir las necesidades mínimas. Dependiendo de la demarcación, la situación de escasez del recurso aparecería en distintos años.

Mención especial hay que hacer en este grupo a la demarcación del Cantábrico Oriental, ya que su situación es radicalmente distinta a la del resto de cuencas que lo conforman. Como se explicó en el apartado correspondiente, se trata de una demarcación con capacidad limitada de almacenamiento, en la que buena parte del agua que se consume procede de captaciones directas de los cauces, aprovechando el importante caudal de los ríos que la conforman. Es decir, los déficits detectados solo reflejan la escasez de infraestructura de almacenamiento, no de agua.

En el escenario de referencia, al déficit de las demarcaciones anteriores, que podrían considerarse como estructurales, habría que añadir el de la cuenca hidrográfica del Ebro (a partir del año 2047), el de la cuenca del Guadiana (solo en 2050), y la del Tinto-Odiel-Piedras (de 2041 en adelante).

Bajo el escenario 3, en el que el contexto climático es más desfavorable y se supone una presión creciente sobre los recursos hídricos, a todas las demarcaciones con déficit en el escenario de referencia habría que añadir el que registraría la cuenca del Guadalquivir.

En resumen, si bien en términos globales, el sistema superficial registraría déficit solo bajo el escenario más desfavorable, desde el punto de vista de las demarcaciones hidrográficas, la situación es distinta. Existe un grupo de cuencas que presentan riesgos potenciales de escasez, incluso en escenarios no tan negativos. Por ello, en esas áreas, resulta esencial reforzar la planificación y la gestión sostenible de los recursos hídricos para garantizar la seguridad hídrica en el futuro.



Tabla 7. Superávit/ déficit de agua de origen superficial[19] respecto al consumo total y consumo neto. Año 2050. Desglose por demarcación hidrográfica (miles de m³).*

Demarcación hidrográfica	Escenario 1 (e1)		Escenario 2 (e2)		Escenario 3 (e3)		Escenario de referencia (e_ref)	
2050	Saldo respecto al consumo total**	Saldo respecto al consumo neto***	Saldo respecto al consumo total**	Saldo respecto al consumo neto***	Saldo respecto al consumo total**	Saldo respecto al consumo neto***	Saldo respecto al consumo total**	Saldo respecto al consumo neto***
Andalucía Mediterránea	770.010,49	1.001.315,37	-555.230,95	-281.900,17	-1.702.252,33	-1.386.516,70	-931.327,94	-641.525,10
	Déficit: 2024-2030		*Déficit: 2024-2030 2040-2050*	*Déficit: 2042-2050*	*Déficit: 2024-2032 2036-2050*	*Déficit: 2039-2050*	*Déficit: 2024-2030 2038-2050*	*Déficit: 2040-2050*
Cantábrico Occidental	337.105,15	452.963,04	259.976,84	390.128,12	181.687,64	328.992,24	227.091,69	364.699,72
	Sin déficit							
Cantábrico Oriental	94.759,70	220.487,89	-55.590,98	86.149,12	-193.387,92	-32.956,84	-111.987,07	37.928,24
	Déficit: 2024-2043		*Déficit: 2024-2050*		*Déficit: 2024-2050*	*Déficit: 2042-2050*	*Déficit: 2024-2050*	
Cataluña internas	708.191,14	993.691,95	-179.823,43	144.050,64	-896.021,81	-532.465,48	-525.004,76	-181.870,93
			Déficit: 2044-2050		*Déficit: 2037-2050*	*Déficit: 2044-2050*	*Déficit: 2040-2050*	*Déficit: 2047-2050*
Duero	6.800.483,32	7.302.976,22	4.546.864,03	5.112.694,26	2.845.799,91	3.468.582,87	3.573.139,71	4.173.647,51
	Sin déficit							
Ebro	6.390.564,69	7.224.242,90	1.224.797,19	2.185.938,51	-2.831.146,01	-1.758.852,40	-714.850,24	305.918,79
					Déficit: 2047-2050	*Déficit: 2047-2050*	*Déficit: 2047-2050*	
Galicia costa	662.225,12	801.905,25	537.247,04	694.183,25	418.979,92	596.411,94	488.109,82	654.062,33
	Sin déficit							
Guadalete y Barbate	342.702,06	417.635,97	-87.579,83	966,92	-459.509,05	-357.265,26	-210.918,77	-117.032,07
	Déficit: 2026-2029		*Déficit: 2026-2032 2048-2050*		*Déficit: 2026-2032 2046-2050*	*Déficit: 2047-2050*	*Déficit: 2026-2032 2047-2050*	*Déficit: 2048-2050*
Guadalquivir	4.930.833,74	5.457.226,47	1.107.101,82	1.737.676,41	-2.167.245,05	-1.436.267,08	6.059,03	675.254,45
					Déficit: 2048-2050	*Déficit: 2048-2050*		
Guadiana	2.989.636,80	3.310.831,52	715.131,35	1.094.353,91	-1.152.685,08	-720.696,48	-31.750,53	370.943,41
					Déficit: 2048-2050	*Déficit: 2050*	*Déficit: 2050*	
Júcar	2.374.420,65	2.781.392,55	-113.262,03	361.983,40	-2.148.360,19	-1.609.265,63	-936.760,04	-432.403,14
			Déficit: 2043-2050		*Déficit: 2038-2050*	*Déficit: 2039-2050*	*Déficit: 2039-2050*	*Déficit: 2043-2050*
Miño y Sil	2.465.797,94	2.544.351,37	2.255.285,53	2.343.963,50	2.085.863,79	2.185.253,11	2.171.702,37	2.265.624,73
	Sin déficit							
Segura	796.556,79	941.872,92	-145.555,56	23.338,82	-1.028.005,70	-830.596,26	-409.580,56	-230.426,55
	Déficit: 2027-2033		*Déficit: 2026-2033 2042-2050*	*Déficit: 2030-2032 2045-2049*	*Déficit: 2026-2034 2038-2050*	*Déficit: 2029-2033 2041-2050*	*Déficit: 2026-2034 2041-2050*	*Déficit: 2030-2033 2044-2050*
Tajo	4.953.436,41	5.625.486,80	3.592.406,69	4.345.774,30	1.519.675,89	2.386.484,10	2.416.368,41	3.227.667,02
	Sin déficit							
Tinto, Odiel y Piedras	379.228,76	424.524,35	187.645,77	238.342,15	-255.385,53	-192.186,51	-57.954,18	-213,66
					Déficit: 2037-2050	*Déficit: 2041-2050*	*Déficit: 2041-2050*	*Déficit: 2046-2050*
España peninsular	**34.996.953,75**	**39.500.904,55**	**13.289.413,47**	**18.477.643,13**	**-5.781.991,51**	**108.655,62**	**4.952.336,94**	**10.472.274,74**

** Se especifica el periodo de tiempo a partir del cual la demarcación entra en déficit de recurso superficial. Si no se especifica nada en la celda correspondiente, no existe déficit.*
*** Se refiere a la cantidad de agua total adquirida para su uso en la red de suministro y en la agricultura. Incluye el consumo efectivo y el excedente que retorna a la cuenca.*
**** Se refiere al consumo efectivo, o parte del consumo total que no retorna al sistema como excedente.*
Fuente: Elaboración propia.

[19] En el cálculo de las previsiones sobre disponibilidad de agua por cuenca se considera, exclusivamente, las aportaciones procedentes de fuentes ordinarias, fundamentalmente la escorrentía natural. No se incluyen como entradas otras fuentes externas o complementarias, tales como trasvases, desalación, reutilización o cualquier otro recurso no convencional.

7. Conclusiones y recomendaciones

A partir del análisis de los datos disponibles sobre el agua en la España peninsular, considerando tanto las reservas como el consumo, el presente estudio analiza la evolución reciente de ambas variables, así como los factores que condicionan su comportamiento, planteando una serie de escenarios climáticos y económicos a partir de los cuales anticipar la disponibilidad de agua en los próximos años.

En este apartado se detallan las principales conclusiones extraídas y se proponen una serie de medidas que podrían ser útiles para garantizar una gestión eficiente y sostenible del recurso hídrico.

En primer lugar, cabe destacar el desajuste creciente entre la demanda de agua y su disponibilidad superficial. A pesar de que según algunos escenarios la disponibilidad futura de agua superficial podría ser superior al consumo neto (entendiendo como consumo neto el consumo efectivo que no retorna a cuenca), en otros se observa un déficit creciente que evidencia la insuficiencia estructural del sistema para cubrir toda la demanda futura. Este desequilibrio se agrava cuando se considera el consumo total, es decir, sin descontar los retornos.

El análisis demuestra que la tasa de rendimiento del sistema superficial (relación entre escorrentía y agua efectivamente embalsada para uso) es una variable altamente sensible en la determinación de la disponibilidad de agua. Su evolución depende de factores de gestión, planificación y eficiencia de infraestructuras, lo que introduce un grado de incertidumbre muy elevado que dificulta su cálculo. Se trata de una variable que ha mostrado elevada volatilidad, lo que lleva a concluir que la gestión futura del agua tendrá que asumir que la oferta fluctuará dentro de horquillas mucho más amplias e impredecibles que en el pasado.

La comparativa entre disponibilidad de agua y consumo neto permite un análisis más realista del impacto sobre el recurso, ya que tiene en cuenta los retornos al sistema. En algunos escenarios, aunque no se alcanza a cubrir el consumo total, sí se cubriría el neto, lo que sugiere márgenes de maniobra siempre que se optimice la reutilización y se gestionen adecuadamente los retornos.

Pese a la incertidumbre sobre la magnitud exacta de la cantidad de agua disponible en el futuro, el estudio parece confirmar que el sistema hidrológico español operará con márgenes de seguridad cada vez más estrechos. Más concretamente:

- El aumento generalizado de las temperaturas incrementará la evapotranspiración, reduciendo la disponibilidad neta independientemente del régimen de lluvias.
- En el Escenario de Referencia, aunque se mantendría un superávit técnico, el excedente se reduciría notablemente, dejando al sistema en una situación de vulnerabilidad ante variaciones climáticas anuales o picos de demanda.
- En el Escenario 3 (climáticamente adverso), el sistema entraría en un déficit estructural de más de 5.700 hm^3 respecto al consumo total, evidenciando que, bajo condiciones de estrés severo —cada vez más probables por el cambio climático—, la infraestructura actual de almacenamiento superficial sería insuficiente para cubrir la demanda proyectada.

Aunque el análisis se basa en estimaciones globales, cabe destacar cómo el principal reto hídrico en España no se manifiesta tanto en el promedio nacional como en la situación de determinadas demarcaciones hidrográficas, donde las tensiones entre recursos disponibles y demanda son persistentes y previsiblemente más intensas bajo escenarios climáticos adversos. Esto refuerza la necesidad de una planificación hidrológica adaptativa y regionalizada, basada en criterios de eficiencia, sostenibilidad y equidad.

Además, es previsible que el estrés hídrico se transmita con especial intensidad a las infraestructuras críticas y a los sectores estratégicos de la economía (particularmente energía e industria), en los que el agua es a la vez insumo productivo, vector de refrigeración y condicionante operativo. La resiliencia hídrica se convierte así en una condición habilitante para la competitividad industrial y para la seguridad de suministro energético.



Sobre esta base, a continuación, se plantean algunas propuestas para la mejora de la gestión del recurso hídrico en España sobre la base del interés general. En concreto, se proponen las siguientes líneas de actuación:

1. **La planificación hídrica debe reforzar su enfoque territorial y situar a la cuenca hidrográfica como unidad principal de análisis y actuación**. Aunque los datos agregados para el conjunto de España ofrecen una visión útil de la evolución general del recurso, es en determinadas demarcaciones donde se concentran las tensiones más persistentes entre disponibilidad y demanda. Por ello, la priorización de medidas, inversiones y mecanismos de seguimiento debería apoyarse en diagnósticos específicos por cuenca, que permitan anticipar desequilibrios estructurales y adaptar la respuesta pública a las características de cada territorio. Al tiempo, sería preciso establecer criterios anticipados y transparentes para la gestión de restricciones, coordinados con los planes aplicables, que permitan a las empresas preparar medidas de continuidad y reduzcan la incertidumbre sobre las eventuales condiciones de suministro.

2. **La planificación hídrica debe incorporar un enfoque preventivo y anticipatorio**, teniendo en cuenta que un agravamiento de las condiciones climáticas podría intensificar de forma significativa las tensiones ya existentes en varias demarcaciones. El aumento de la temperatura, la mayor evapotranspiración y la posible reducción de aportaciones obligan a diseñar estrategias de adaptación capaces de actuar antes de que los desequilibrios se conviertan en situaciones de insostenibilidad estructural.

3. Una condición necesaria para mejorar la gestión del agua en España es **reforzar los sistemas públicos de información hídrica**. Resulta prioritario avanzar en la homogeneización, actualización y desagregación territorial y sectorial de los datos sobre disponibilidad, distribución y consumo efectivo del recurso, de modo que las decisiones públicas puedan apoyarse en diagnósticos más precisos, comparables y útiles para la planificación a medio y largo plazo.

4. **Reforzar la gobernanza de las aguas subterráneas** debe ser también una prioridad, dado su papel estratégico en la resiliencia del sistema hídrico y las limitaciones actuales de control, seguimiento y conocimiento sobre su estado y utilización efectiva. Para ello, conviene avanzar en la actualización de registros, en la mejora de la monitorización, en el control de extracciones no regularizadas y en una gestión más integrada de los acuíferos dentro de la planificación hidrológica.

5. Resulta indispensable **garantizar una gestión adecuada de las infraestructuras existentes.** Para ello, es necesario reforzar las labores de mantenimiento y rehabilitación de las mismas, a fin de

asegurar la continuidad del servicio con las debidas garantías. Las administraciones competentes deberían ser conscientes de este aspecto dada su relevancia creciente.

6. Resulta asimismo esencial **incrementar la oferta de recurso hídrico disponible para las diferentes demandas** para que éstas puedan desarrollarse de manera adecuada, minimizando los efectos adversos socioeconómicos y de competitividad que podrían tener los descensos en la cantidad de agua disponible. Para ello, es fundamental poner el foco en los siguientes aspectos:

    a. **Incrementar, allí donde sea posible y viable,** la capacidad de regulación, especialmente teniendo en cuenta que, debido a los efectos del cambio climático, la distribución de los recursos será mucho más errática, con periodos de escasez mucho más acentuados, acompañado de periodos húmedos cortos pero muy intensos, en los que debe optimizarse la gestión de los recursos generados.

    b. **Fomento de los recursos no convencionales,** especialmente la reutilización, la captación de aguas subterráneas y la desalación, de modo que las demandas puedan, en la medida de lo posible, reducir su vulnerabilidad frente a la variabilidad de las aportaciones naturales y se incremente la capacidad de resistencia del sistema en periodos de sequía, especialmente en las cuencas con déficit estructural. Estos recursos alternativos presentan ventajas claras (disponibilidad adicional, menor dependencia climática) que han de ponderarse, no obstante, con sus limitaciones ambientales, energéticas y económicas, las cuales deben evaluarse cuidadosamente.

7. **Optimizar el consumo de agua en las diferentes demandas,** incorporando procesos de reducción de pérdidas y de recirculación siempre que sea posible, y utilizando otros mecanismos que permitan aprovechar al máximo los recursos hídricos usados. De este modo, se trataría de impulsar la eficiencia hídrica para reforzar la viabilidad de las actividades existentes y facilitar nuevas inversiones compatibles con la disponibilidad sostenible del recurso. Más específicamente, la modernización del uso agrícola del agua debe seguir siendo una prioridad, dado el peso del regadío en la demanda total y su papel central en los escenarios futuros. En particular, conviene reforzar la inversión en mejora de infraestructuras, extensión de sistemas de riego más eficientes, control del uso no regulado de acuíferos y monitorización del consumo, con el fin de reducir pérdidas, mejorar la productividad del agua y contener la presión sobre los recursos disponibles.

8. **Reforzar el enfoque de adaptación al cambio climático,** aplicándolo de manera específica a las infraestructuras críticas y a los sectores estratégicos, especialmente energía e industria, dada su intensidad en el uso del agua, la concentración territorial de su demanda y su dependencia respecto de fuentes de refrigeración fiables.

9. **Avanzar hacia una planificación más integrada entre agua y energía,** teniendo en cuenta la interdependencia creciente entre ambos ámbitos. Procesos como la desalación, la reutilización, el bombeo o el tratamiento del agua exigen consumos energéticos significativos, al tiempo que determinadas transformaciones del sistema productivo, como un eventual despliegue de la producción de hidrógeno, podrían añadir nuevas demandas sobre los recursos hídricos.

10. **Consolidar la reutilización de aguas regeneradas como componente estructural y permanente del balance hídrico nacional**, y no únicamente como medida coyuntural activada en episodios de sequía. Esta reorientación es particularmente relevante para las actividades industriales y energéticas, en las que la sustitución de agua de primera utilización por aguas regeneradas de calidad adecuada permite reducir la presión sobre los recursos convencionales sin penalizar la actividad productiva.

11. **Fomentar la integración de soluciones basadas en la naturaleza**, tales como la restauración de riberas, humedales, reforestación, mejora de la infiltración y recarga de acuíferos, como complemento de las infraestructuras hidráulicas tradicionales.

12. **Avanzar hacia una gobernanza más ágil y colaborativa.** La magnitud y la urgencia del reto hídrico exigen superar la fragmentación competencial, la duración excesiva de los procedimientos de autorización y la limitada interlocución estructurada entre el sector público, el sector privado y la comunidad científica. En consecuencia, resulta prioritario promover una mayor coordinación entre admi-

nistraciones, sector empresarial y comunidad investigadora y, al mismo tiempo, articular marcos de autorización y tramitación más ágiles y predecibles para los proyectos estratégicos orientados a la adaptación climática, la reutilización y la resiliencia hídrica.

13. **Reconocer el papel fundamental de las empresas** en la gestión eficiente del agua y en el impulso de soluciones innovadoras que contribuyan a reducir la presión sobre los recursos hídricos. Su capacidad de inversión, su despliegue tecnológico y su escala operativa las convierten en actores indispensables para alcanzar los objetivos de resiliencia planteados. Este papel debe ser reconocido explícitamente en los marcos de planificación y gobernanza, y respaldado mediante incentivos que premien la eficiencia y la innovación.

14. **Avanzar hacia un marco normativo y tarifario flexible y adaptado a la evolución de la disponibilidad del recurso y a las necesidades de inversión del sistema,** que permita responder progresivamente a los distintos escenarios hídricos con arreglo al principio de recuperación de costes, con una doble vertiente:

    1. Por un lado, puede contribuir a una mejor adaptación de la demanda a las condiciones de disponibilidad del recurso, especialmente en aquellos ámbitos en los que las dotaciones de determinados usos se sitúan por encima de las dotaciones de referencia de la planificación hidrológica.

    2. Por otro lado, ayudaría a reforzar la capacidad financiera de los servicios y sistemas de explotación para afrontar periodos de escasez y para acometer la renovación de infraestructuras, favoreciendo una respuesta anticipada y organizada ante estas situaciones.

    Las posibles modificaciones deberían apoyarse en una evaluación de sus efectos sobre la competitividad, especialmente de las pymes y de las actividades con menores posibilidades de sustitución del recurso, garantizar la asequibilidad del servicio para los usuarios domésticos vulnerables y acompañarse de instrumentos que faciliten la adaptación.



Anexo: Estimación modelos sobre consumo de agua

Modelo consumo de agua agrícola

Dependent Variable: LOG(Consumo agrícola)
Method: Panel Generalized Method of Moments
Transformation: First Differences
Sample (adjusted): 2002 2022
Periods included: 21
Cross-sections included: 15
Total panel (balanced) observations: 315
White period instrument weighting matrix
White period standard errors & covariance (d.f. corrected)

Instrument specification:
@DYN(LOG(Consumo agrícola),t-2,t-3)
@LEV(LOG(PIB agricultura)) @LEV(LOG(Superficie regadío))
@LEV(Porcentaje riego por goteo) @LEV(LOG(Precipitación)) @LEV([LOG(Precipitación)]^2)
Constant added to instrument list

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
LOG(Consumo agrícola (t-1))	0.651983	0.021401	30.46442	0.0000
LOG(PIB agricultura)	0.171564	0.013071	13.12532	0.0000
LOG(Superficie regadío)	0.094307	0.020199	4.668851	0.0000
Porcentaje de riego por goteo	-0.321346	0.009887	-32.50187	0.0000
LOG(Precipitación)	-0.384276	0.031622	-12.15235	0.0000
[LOG(Precipitación)]^2	0.031632	0.002421	13.06495	0.0000

Effects Specification
Cross-section fixed (first differences)

Root MSE	0.086920	Mean dependent var	-0.010198
S.D. dependent var	0.071509	S.E. of regression	0.087760
Sum squared resid	2.379846	J-statistic	13.76508
Instrument rank	15	Prob(J-statistic)	0.130931

Modelo consumo de agua en la red de suministro

Dependent Variable: LOG(Consumo red abastecimiento)
Method: Panel Generalized Method of Moments
Transformation: Orthogonal Deviations
Sample (adjusted): 2002 2022
Periods included: 21
Cross-sections included: 15
Total panel (balanced) observations: 315
White period instrument weighting matrix
White period standard errors & covariance (d.f. corrected)

Instrument specification:
@DYN(LOG(Consumo red abastecimiento),t-2,t-3)
@LEV(LOG(Precio)) @LEV(LOG(Renta per cápita))
@LEV(LOG(Precipitación)) @LEV(LOG(Temperatura))
Constant added to instrument list

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
LOG(Consumo red abastecimiento(t-1))	0.743269	0.018315	40.58306	0.0000
LOG(Precio)	-0.077389	0.001733	-44.65740	0.0000
LOG(Renta per cápita)	0.060030	0.028512	2.105412	0.0361
LOG(Precipitación)	-0.005505	0.003563	-1.545183	0.1233
LOG(Temperatura)	0.238188	0.010435	22.82650	0.0000

Effects Specification
Cross-section fixed (orthogonal deviations)

Root MSE	0.039870	Mean dependent var	0.052662
S.D. dependent var	0.078332	S.E. of regression	0.040190
Sum squared resid	0.500732	J-statistic	16.05019
Instrument rank	16	Prob(J-statistic)	0.139278

Referencias bibliográficas

Albiac Murillo, J., Esteban Gracia, E., & Baccour, S. (2023). La situación y perspectivas de los recursos hídricos en España (Estudios sobre la Economía Española, 2023/29). Fundación de Estudios de Economía Aplicada.

Allen, R. G., Pereira, L. S., Raes, D., & Smith, M. (1998). Crop evapotranspiration: Guidelines for computing crop water requirements (FAO Irrigation and Drainage Paper No. 56). Food and Agriculture Organization of the United Nations. ISBN 92-5-104219-5.

Arellano, M., & Bond, S. (1991). Some tests of specification for panel data: Monte Carlo evidence and an application to employment equations. The Review of Economic Studies, 58(2), 277-297. https://doi.org/10.2307/2297968.

Fereres, E., & Soriano, M. A. (2007). Deficit irrigation for reducing agricultural water use. Journal of Experimental Botany, 58(2), 147-159. https://doi.org/10.1093/jxb/erl165.

Jägermeyr, J., Gerten, D., Heinke, J., Schaphoff, S., Kummu, M., & Lucht, W. (2015). Water savings potentials of irrigation systems: Global simulation of processes and linkages. Hydrology and Earth System Sciences, 19, 3073-3091. https://doi.org/10.5194/hess-19-3073-2015.

Losada, I. J., Feliu, E., & Sanz, M. J. (Coords.). (2025). Evaluación de riesgos e impactos derivados del cambio climático en España (ERICC-2025). Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico. ISBN 978-84-18778-84-1.

Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico. (2023). Estrategia Nacional de Restauración de Ríos 2023-2030. Dirección General del Agua.

Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico. (s. f.). Boletín Hidrológico Semanal. Dirección General del Agua.

Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico, Centro de Estudios Hidrográficos del CEDEX. (s. f.). Sistema Integrado de Modelación Precipitación-Aportación (SIMPA).

Vicente-Serrano, S. M., Tramblay, Y., Reig, F., González-Hidalgo, J. C., Beguería, S., Brunetti, M., Cindrić Kalin, K., Patalen, L., Kržič, A., Lionello, P., Lima, M. M., Trigo, R. M., El-Kenawy, A. M., et al. (2025). High temporal variability not trend dominates Mediterranean precipitation. Nature, 639(8055), 658-666. https://doi.org/10.1038/s41586-024-08576-6.

Índice de gráficos

Gráfico 1. Agua embalsada en España (peninsular). Enero 1988- junio 2024. 15

Gráfico 2. Evolución de agua embalsada, porcentaje de reservas y capacidad de los embalses peninsulares 16

Gráfico 3. Tasa de rendimiento o porcentaje de agua procedente de la escorrentía total que se almacena en los embalses* 18

Gráfico 4. Agua utilizada por la agricultura y por la red de abastecimiento público. 19

Gráfico 5. Consumo de agua superficial en la agricultura y en la red de abastecimiento público en porcentaje sobre el total* 20

Gráfico 6. Agua disponible en embalses y agua de origen superficial utilizada (red de abastecimiento público y agricultura) 20

Gráfico 7. Diferencia entre agua disponible en embalses y distribución de agua superficial para uso consuntivo a las demarcaciones hidrográficas. 21

Gráfico 8. Tendencia histórica de precipitaciones por demarcación hidrográfica, 1991-2024. 23

Gráfico 9. Tendencia histórica de la temperatura media por demarcación hidrográfica 1991-2024. 24

Gráfico 10. Impacto (%) en el consumo de agua para uso agrícola de un cambio porcentual en las variables explicativas. 28

Gráfico 11. Impacto (%) en el consumo de agua de la red de abastecimiento público de un cambio porcentual en las variables explicativas. 29

Gráfico 12. Evolución del consumo de agua superficial en la red de abastecimiento público y en las explotaciones agrícolas. España peninsular. Periodo 2000-2050. 38

Gráfico 13. Evolución del volumen de agua disponible de origen superficial y superávit/ déficit de agua respecto al consumo total (neto + excedente que retorna a cuenca). 38

Índice de tablas

Tabla 1. Variables consideradas y fuentes de información 8

Tabla 2. Evolución de las variables económicas en el periodo 2000-2022 25

Tabla 3. Cambio en las variables sobre las que se pueden tomar decisiones en el periodo 2000-2022 27

Tabla 4. Comportamiento proyectado de las distintas variables exógenas para 2050 de acuerdo con los escenarios de predicción. 34

Tabla 5. Tasa de rendimiento del sistema de almacenamiento superficial. Promedio para el periodo 2024-2050 35

Tabla 6. Previsiones sobre consumo superficial y disponibilidad de agua en superficie. España peninsular 2050. 37

Tabla 7. Superávit/ déficit de agua de origen superficial respecto al consumo total y consumo neto. Año 2050. Desglose por demarcación hidrográfica. 40


Cámara
de Comercio de España