

LA PROBLEMÁTICA de los recursos hídricos y su impacto socioeconómico en Andalucía



Título: La problemática de los recursos hídricos y su impacto socioeconómico en Andalucía.

Proyecto: Fomento de la Cultura Emprendedora 2023.

Financia: Andalucía TRADE.

Coordinación: Confederación de Empresarios de Andalucía (CEA).

Autor/es:
PricewaterhouseCoopers
Asesores de Negocios, S.L.
(PwC)

Depósito Legal: SE 851-2024

01	Contexto y objetivo del informe	05
-----------	---------------------------------	----

02	La relevancia de los recursos hídricos para la vida y el desarrollo socioeconómico	08
-----------	--	----

2.1 Ecosistema de los recursos hídricos de Andalucía

2.2 El uso de los recursos hídricos

2.2.1 Agricultura

2.2.2 Industria

2.2.3 Servicios

2.2.4 Hogares

2.3 La importancia del agua para la economía andaluza

2.4 La incidencia del cambio climático sobre los recursos hídricos de Andalucía

03	Perspectivas de la menor disponibilidad de agua y su efecto sobre la actividad económica andaluza	29
-----------	---	----

3.1 Perspectivas de disponibilidad de agua en un contexto de cambio climático

3.1.1 Introducción al déficit hídrico, y situación de partida

3.1.2 Pronóstico de déficit hídrico según los Planes Hidrológicos y CEDEX

3.1.3 Impacto en la disponibilidad de agua. Planes Especiales de Escasez

3.2 Impacto socioeconómico de la situación hídrica actual

3.3 Conclusiones

04

Análisis de las principales líneas estratégicas y áreas de actuación frente a la escasez de agua

46

4.1 Retos en materia de generación del recurso y su uso eficiente

4.1.1 Medidas encaminadas a lograr un consumo más eficiente.

4.1.2 Medidas encaminadas a incrementar el agua disponible

4.1.3 Conclusiones

4.2 Mejoras en materia de gobernanza y gestión del agua

4.2.1 Retos del marco regulatorio actual en materia de agua

4.2.2 Detalle de las medidas

4.3 El agua en los procesos para la transición energética

4.3.1 El rol de Andalucía en el camino a la descarbonización y la transición ecológica en España

4.3.2 La importancia del agua en la transición ecológica

Anexos

65

Metodología

Referencias

01

**Contexto y objetivo
del informe.**

01

Contexto y objetivo del informe

El agua, más allá de ser esencial para la vida humana, desempeña un papel fundamental en la actividad económica y en la preservación del ecosistema. La trascendental importancia de este recurso, combinada con su inherente escasez, subraya la necesidad de abordar la problemática de los recursos hídricos, estudiar la relevancia socioeconómica de estos y realizar un análisis estratégico que estudie las posibles vías para optimizar su uso y gestión.

Andalucía, pese a poseer abundantes recursos hídricos, tanto superficiales como subterráneos, se enfrenta a un desafío único debido a su particular climatología y actividad económica. Satisfacer las demandas hídricas y gestionar este recurso para asegurar un suministro constante en el tiempo y en toda la región se ha vuelto un desafío crucial, exacerbado por el cambio climático y sus consecuencias, como las fuertes y prolongadas sequías recientes. Esta situación ha planteado un reto en la gestión de la escasez del agua y ha resaltado la notable incidencia que la disponibilidad de agua tiene sobre la economía regional.

En este contexto, es fundamental estudiar la situación actual de los recursos hídricos en Andalucía, examinando su evolución histórica y futura, y subrayando la importancia de estos para la región. Así, este informe busca estimar el valor económico del agua en las

diversas actividades económicas de la región y cuantificar el impacto socioeconómico que el déficit hídrico genera tanto en una situación hídrica normal como en un contexto de sequía severa como el acontecido en los últimos años. Además, mediante un análisis estratégico, el informe busca contribuir al conocimiento de los desafíos que la región enfrenta e identificar las oportunidades y mejoras necesarias que permitirían a la región no solo evitar los efectos socioeconómicos derivados de la falta de agua sino también ser capaz de posicionarse estratégicamente para generar avances económicos.

Los agentes económicos, la administración y la sociedad en su conjunto deben ser plenamente conocedores de la problemática de los recursos hídricos en Andalucía y del impacto de esta sobre la región. Todo ello, con el objetivo de tomar decisiones óptimas y generar concienciación sobre la importancia de preservar y mejorar la gestión, conservación y uso de los recursos hídricos.



02

**Ecosistema de los
recursos hídricos de
Andalucía.**

02

La relevancia de los
recursos hídricos para
la vida y el desarrollo
socioeconómico

2.1 Ecosistema de los recursos hídricos de Andalucía

El agua no solo es un recurso fundamental para el sustento de la vida humana, sino que también desempeña un papel esencial en el desarrollo económico, social y medioambiental de nuestras sociedades. La vital importancia de este recurso, junto a la escasez que lo caracteriza, acentúa la necesidad de priorizar su cuidado y gestión, con el objetivo de garantizar su demanda presente y futura. Esto último cobra aún más relevancia en aquellos territorios que están sometidos regularmente a un mayor estrés hídrico que, en el caso de España, tiene a Andalucía como uno de sus ejemplos más destacados.

La disponibilidad de agua en Andalucía está fuertemente influenciada por fenómenos de distinta naturaleza, abarcando desde el clima hasta la posición geográfica que ocupa la región. En este sentido, Andalucía se caracteriza por tener un clima cálido y seco, con precipitaciones escasas y esporádicas durante el año, pero con un marcado carácter torrencial en buena parte del territorio. Junto a esto, la región está aislada geográficamente del resto de la península ibérica debido a la presencia de la frontera natural de Sierra Morena. Esto último acaba impactando en los limitados volúmenes de agua provenientes de otras regiones, convirtiendo a Andalucía en una «isla» desde un punto de vista hidrográfico.

Esta situación de «isla» se manifiesta asimismo en la coincidencia entre las distintas Demarcaciones Hidrográficas en las que se divide la región y la propia delimitación política del territorio. Andalucía comprende cuatro Demarcaciones Hidrográficas diferentes – Cuencas Mediterráneas Andaluzas, Cuenca de Tinto, Odiel y Piedras, Cuenca de Guadalete y Barbate, y Cuenca del Guadalquivir¹– así como una pequeña extensión de otras dos cuencas – Cuenca de Guadiana y Cuenca del Segura. Cada una de estas Demarcaciones está gestionada por una Confederación Hidrográfica distinta, una entidad de derecho público encargada de la planificación, control, gestión y protección de los recursos hídricos.

Mapa 1

Demarcaciones Hidrográficas de Andalucía



Andalucía destaca por ser una región que, por su tamaño, concentra gran parte de los recursos hídricos de España

238 ríos

1.427 pantanos

33 lagos

175 acuíferos

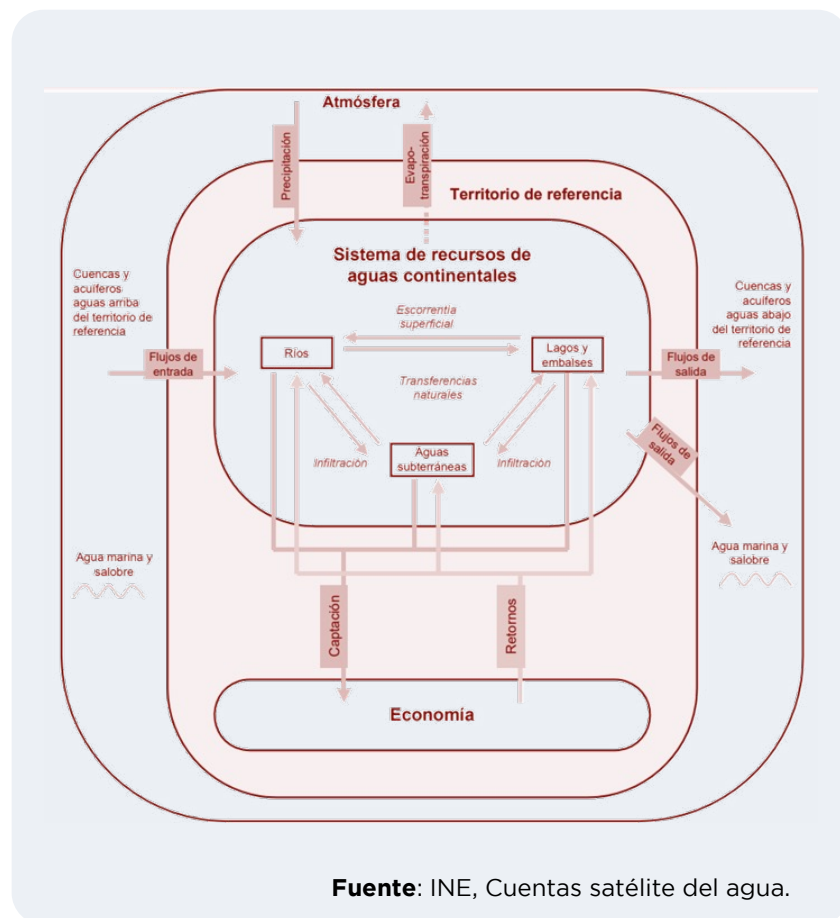
76 embalses

¹ Una pequeña extensión de la Demarcación Hidrográfica del Guadalquivir incide en la comunidad autónoma de Castilla la Mancha y de Murcia por lo que está clasificada como demarcación intercomunitaria.

La coincidencia prácticamente exacta de la delimitación administrativa (fronteras de la comunidad autónoma) e hidrológica otorga a la región una importante independencia con respecto a sus propios recursos hídricos. En este contexto, tal y como refleja el «esquema tipo» para los flujos del sistema de aguas continentales elaborado por el INE, Andalucía sería una región en la cual el principal flujo de entrada de agua provendría de las precipitaciones en el territorio, mientras que los demás flujos, como las cuencas o acuíferos aguas arriba, tendrían una presencia muy limitada.

Figura 1

Resumen de flujos del sistema de aguas continentales



Todas las problemáticas descritas elevan aún más si cabe la importancia de la gestión de este recurso escaso. En este sentido, Andalucía lleva apostando durante los últimos años por la implementación de sistemas eficientes de gestión del agua, materializándose en inversiones que permitan mejorar la captación, almacenamiento, distribución y reutilización de este recurso. Todo ello, al mismo tiempo que se minimizan las pérdidas y se fomenta su circularidad en el sistema. Este esfuerzo por

optimizar el uso del agua ha involucrado a múltiples actores, incluyendo desde la Administración y las Confederaciones Hidrográficas hasta los principales sectores económicos presentes en la región, destinatarios en última instancia de gran parte de estos recursos hídricos.

2.2 El uso de los recursos hídricos

La demanda anual de agua de Andalucía se sitúa alrededor de los 5.500 millones de metros cúbicos (en adelante, hm³), con ligeras variaciones interanuales que están condicionadas por la disponibilidad de este recurso y por las dinámicas de actividad económica y social características de la región. En términos relativos, la región demanda aproximadamente **el 20% de la demanda total de agua anual de España**, una cifra ligeramente superior a su representación en términos de superficie [17%], población [18%] y PIB [14%]. Esta mayor proporción se atribuye principalmente a la estructura económica y sectorial de Andalucía, donde el sector de la agricultura, silvicultura, ganadería y pesca (en adelante, agricultura), tiene una presencia más significativa en comparación con la industria, los servicios o los hogares, que en general son menos intensivos en el uso de recursos hídricos.

Andalucía consume el 20% del agua de España



Agua
20%



Población
18%



Superficie
17%



PIB
14%

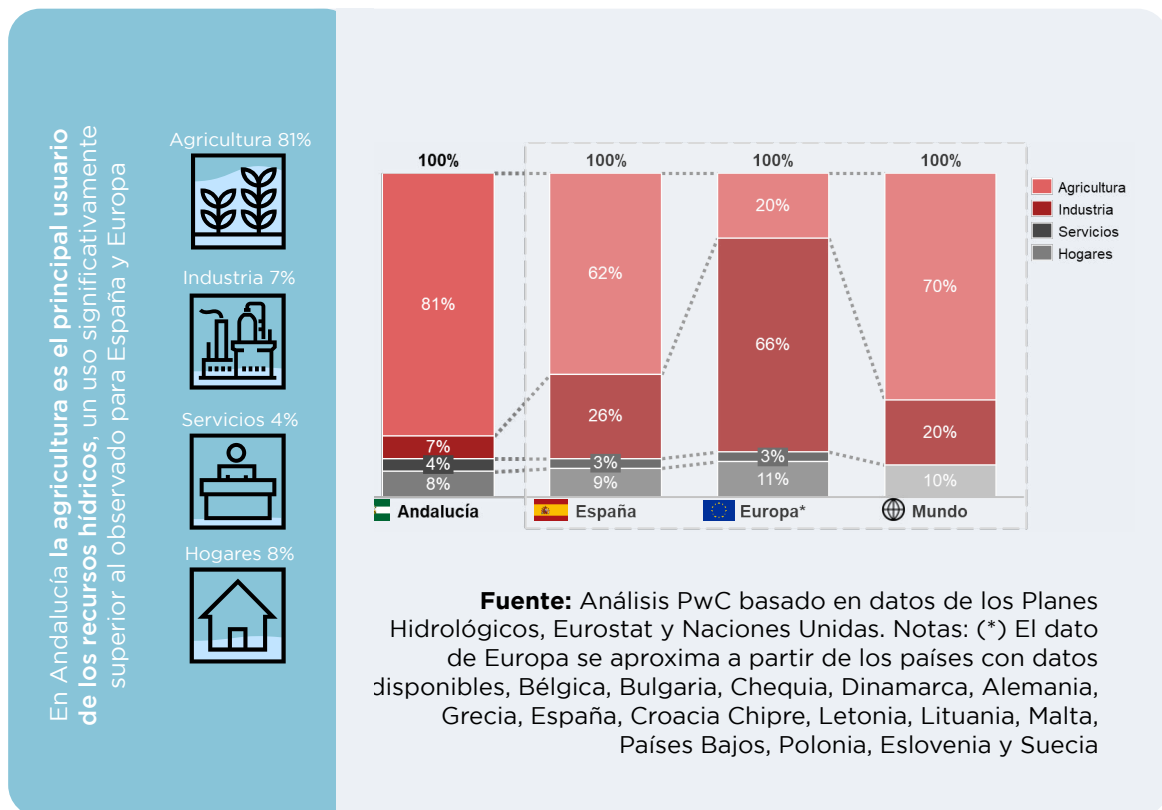


En Andalucía, al igual que en España y en el conjunto del planeta, la agricultura ocupa el primer lugar como demandante de recursos hídricos. En concreto, la región destina el 81% del agua a fines agrícolas, seguido por el uso residencial, con un 8% del total de agua utilizada, la industria,

con un 7%, y finalmente los servicios, que constituyen el 3% del consumo de recursos hídricos. La mayor demanda de agua del sector agrícola, en comparación con la media de España, se compensa principalmente con una menor demanda industrial, en particular del sector energético, mientras que los servicios y los hogares mantienen una proporción de consumo equivalente².

Figura 2

Intensidad de uso de agua por sector (%)



² La demanda de agua de Andalucía se ha estimado a partir de datos de las cuencas hidrográficas de Andalucía. La desagregación por los diferentes usos (los sectores económicos y hogares) se ha realizado a partir de los datos detallados de usos de las cuencas hidrográficas y de los datos de Eurostat para demanda y usos de agua por actividad económica, sectores industriales y demarcaciones hidrográficas. La demanda de agua de Andalucía se ha estimado a partir de datos de las cuencas hidrográficas de Andalucía. La desagregación por los diferentes usos (los sectores económicos y hogares) se ha realizado a partir de los datos detallados de usos de las cuencas hidrográficas y de los datos de Eurostat para demanda y usos de agua por actividad económica, sectores industriales y demarcaciones hidrográficas.

2.2.1 Agricultura

La agricultura es, con diferencia, el mayor usuario de agua en la región andaluza, utilizando anualmente más de 4.500 hm³ de agua, el equivalente al 81% del agua demandada en la región. Este sector es suministrado principalmente por las confederaciones hidrográficas, realizando la extracción del agua por medios propios prácticamente en su totalidad.

La **agricultura** representa el **6% del PIB** de Andalucía y el **8% de los empleos**, duplicando en ambas métricas a la media nacional (3% del PIB y 4% del empleo)



Al mismo tiempo que la agricultura hace un uso muy intensivo de los recursos hídricos, posee una muy elevada dependencia de estos para su producción. Las actividades más importantes en este sector son los cultivos agrícolas y la ganadería, con el 76% y 13% de la producción del sector, respectivamente:

- Los cultivos agrícolas de Andalucía son de gran importancia para la economía regional, así como para España en su conjunto, representando $\frac{1}{4}$ de la producción nacional. Esta actividad ocupó en 2022 una superficie de 3,5 millones de hectáreas, el 40% de la superficie de la región. En particular, Andalucía destaca por el cultivo de regadío, siendo la comunidad autónoma que dedica la mayor extensión a esta, con 1 millón de hectáreas cultivadas bajo esta técnica y usando el 80% del total de agua demandada en la región³.

Impulsado por la sensible situación hidrológica y la limitada disponibilidad de agua, el cultivo de regadío de Andalucía ha evolucionado y se ha desarrollado notablemente, implantando tecnologías para realizar un uso de los recursos hídricos lo más eficiente posible. La región cuenta en la actualidad con una alta implantación de sistemas de precisión, 80% de la superficie de regadío, en comparación con el resto de España, donde no alcanza el 60%⁴.

³ Cuencas hidrográficas de Andalucía.

⁴ MAPA Encuesta sobre Superficies y Rendimientos Cultivos (ESYRCE).

- La ganadería también desempeña un papel relevante en la economía y cultura andaluza. En la región, las actividades ganaderas predominantes son la bovina, la porcina, la caprina y la ovina, algunas de estas siendo de gran relevancia cultural, como la ganadería de cerdo ibérico. En cuanto al consumo de agua, las actividades ganaderas dependen del agua para la alimentación de los animales, acumulando un consumo anual de casi 16 hm³ de recursos hídricos, siendo casi la mitad de esta consumida por el ganado bovino. Este consumo, significativo en términos globales, supone solo un 1% de todo el consumo realizado por las actividades agrícolas⁵.



Andalucía posee uno de los sistemas de riego agrícola más eficientes del mundo. La región concentra la mayor implantación de sistemas de riego por goteo de España y de la Unión Europea, y se sitúa en el top mundial junto con Israel.



2.2.2 Industria

La industria⁶ andaluza demanda el 7% del agua de la región, lo que supone unos 420 hm³ de agua al año. Esta demanda, a diferencia del sector agrario, puede ser suministrada tanto por sistemas de distribución propios, como por la distribución urbana o pública de agua, dependiendo de la intensidad de uso y la localización de la actividad⁷.

⁵ Análisis realizado a partir de datos de uso y demanda de agua de los planes hidrológicos de las cuencas andaluzas, y datos de cabezas de ganado del MAPA.

⁶ El sector industria engloba tanto la industria manufacturera como la minería, la industria energética y la construcción. (CNAE 05 a 43)

⁷ La industria puede estar conectada tanto a una fuente o suministro propio de agua destinado a su actividad, así como estar conectada a la distribución urbana de esta, dependiendo de la localización de la zona industrial como la intensidad de su uso de los recursos hídricos

Es importante señalar que, en el caso particular del sector industrial, la intensidad de uso y la aplicación de los recursos hídricos también difieren según la actividad industrial específica. En este sentido, se destacan, para el caso particular de Andalucía, los principales usos que las industrias más relevantes de la región dan a este recurso:

- **La industria energética y del metal**

La demanda de agua en los sectores energético y metalúrgico destaca por ser la más significativa en términos de volumen de todo el sector industrial andaluz. La disponibilidad de recursos hídricos es crítica para ambas industrias, al ser utilizada principalmente como medio de refrigeración en la generación termoeléctrica y para la fundición y trabajo del metal. Si bien para la metalurgia, las alternativas al agua son muy limitadas, en la industria

energética la transición hacia las energías renovables, menos dependientes del agua, está desplazando a la generación termoeléctrica en la región⁸.



“ Tanto la industria energética como la del metal han incrementado su contribución al PIB de la región en los últimos 10 años, representando de forma conjunta el 2,9% de la riqueza andaluza

⁸ Las energías renovables más extendidas en la actualidad son la eólica y la solar, fuentes de generación que no mantienen la dependencia hídrica de la generación térmica. Sin embargo, la adopción del hidrógeno verde por parte de la industria energética si está sujeta a la disponibilidad de recursos hídricos en la región como analizamos más adelante en este documento.

- **La industria alimentaria**

Para la industria alimentaria, el agua es un recurso de enorme valor. Desde la preparación de alimentos o la producción de bebidas hasta la limpieza y sanitización de los alimentos, el agua está presente en todos los eslabones de su cadena de producción. Así, el cuidado y optimización de su uso resulta indispensable para el mantenimiento de la actividad de este sector.



“ La industria alimentaria representa el 12% de todo el PIB industrial andaluz. En términos globales, su contribución asciende al 2,1% del PIB total de la región

- **La industria química**

La versatilidad del agua como disolvente universal la posiciona como un insumo esencial en la mayoría de las aplicaciones de la industria química, siendo cualquier alternativa a la misma poco viable económicamente. Con ello, la optimización de su uso y su reutilización es un factor clave para reducir la exposición de esta industria a la falta de agua.



“ La industria química representa el 1% del PIB andaluz, siendo uno de los sectores con mayor potencial de crecimiento a futuro de la región

2.2.3 Servicios

El sector servicios, por las características inherentes de su propia actividad, presenta una baja intensidad media en el consumo de agua. Los servicios andaluces utilizan aproximadamente 200 hm³ al año, representando el 4% del consumo total de agua en la región. Aunque el sector no requiere en general de grandes volúmenes de agua, ciertas actividades como la hostelería, los servicios de jardinería o las actividades recreativas, entre otros, presentan una alta dependencia de este recurso.

*El sector de los servicios es **el que más contribuye al PIB** Andaluz: 68 de cada 100 euros de PIB provienen de la actividad de este sector*



Mención aparte merece el sector turístico, de especial relevancia económica para la región. Este sector se ve notablemente influenciado por la disponibilidad de agua, ya que los visitantes de la región suelen utilizar servicios especialmente vulnerables y dependientes de este recurso, como son la restauración, el alojamiento, o las actividades recreativas.

Esta problemática no es única de Andalucía, ya que otras regiones de España, como Cataluña, las Islas Baleares y la Comunidad Valenciana, también han experimentado en los últimos años tensiones entre la demanda turística y la sostenibilidad de los recursos hídricos. La escasez de agua ha demostrado tener consecuencias sobre el sector turístico, amenazando la viabilidad de negocios turísticos y comprometiendo la preservación de los valiosos recursos naturales que atraen a los visitantes.

2.2.4 Hogares

El uso de agua por los hogares en Andalucía asciende a unos 480 hm³ de agua, el 8% de los recursos hídricos utilizados anualmente en la región. Su uso abarca una amplia variedad de actividades, como son la hidratación, la preparación de alimentos o el aseo personal y limpieza del hogar. Toda el agua a disposición de los hogares debe ser apta para el consumo, por lo que debe ser tratada y potabilizada previa a su distribución. Asimismo,

tras su uso, lo hogares generan desechos y residuos que requieren de su depuración en plantas de tratamiento.

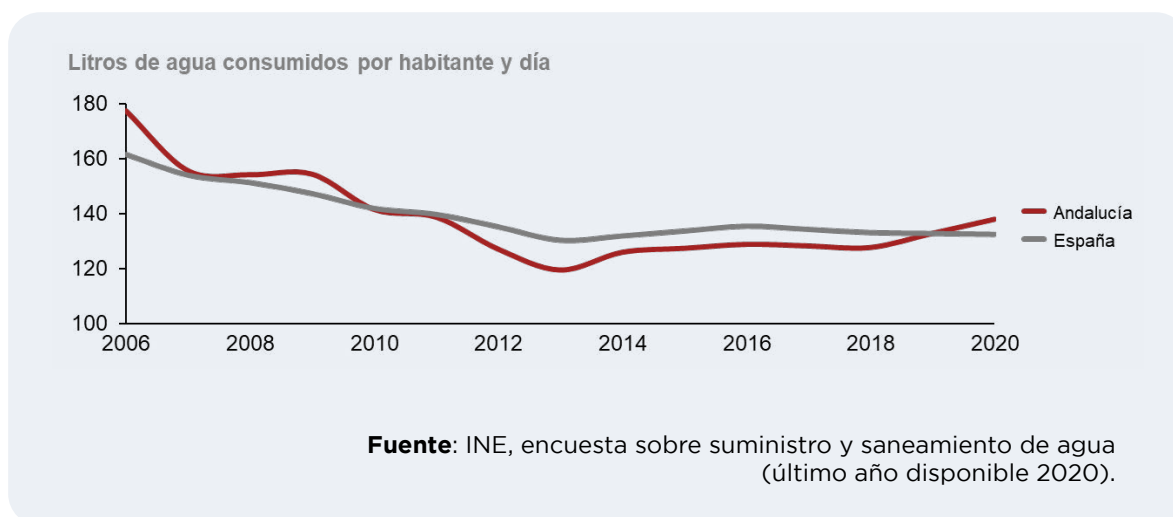
Andalucía, con **8,5 millones de habitantes**, es la región más poblada de España, habiendo experimentado un **crecimiento del 15%** en las últimas dos décadas



El consumo de agua por habitante dedicado a usos domésticos es de alrededor de 140 litros al día. Tanto Andalucía como la media española han mantenido un patrón histórico de consumos de agua similares, con una relevante disminución en este entre los años 2006 y 2013. Andalucía llegó a alcanzar cifras récord de 120 litros por habitante y día en 2013, sin embargo, desde esa fecha el consumo por habitante ha aumentado ligeramente, pasando a superar el promedio de España en el último año con información disponible (2020).

Figura 3

Consumo de agua doméstico medio por habitante



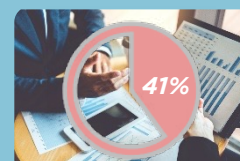
De acuerdo con la Encuesta de Presupuestos Familiares del INE, mirando al gasto medio que los hogares andaluces realizan en agua, este ascendería a más de 70 euros por persona. Esto, que supone algo menos del 1% de todo el presupuesto del hogar, está en línea con la media española. Sin embargo, los hogares andaluces destacan por adquirir más

agua embotellada que el resto de los hogares de España, destinando un gasto adicional de 100 euros por persona al año.

2.3 La importancia del agua para la economía andaluza

Bajo la estructura económica actual, el agua, como recurso, es indispensable para mantener una parte de la riqueza y muchos de los empleos de la región. Para algunas actividades económicas el agua es un consumo intermedio necesario e irremplazable para poder fabricar el producto o prestar un servicio final. Estas actividades estarían prácticamente forzadas a interrumpir su actividad sin disponibilidad de agua. En cambio, existen otros sectores que, si bien podrían seguir su actividad, la escasez de agua podría impactar parcialmente en sus procesos o en la propuesta de valor de sus negocios.

*Diferentes estudios han mostrado la importancia de los recursos hídricos sobre la continuidad de la actividad empresarial. En particular, la encuesta global realizada por PwC registró que el **41% de los empresarios creen que la escasez de agua amenazaría la continuidad de su actividad***



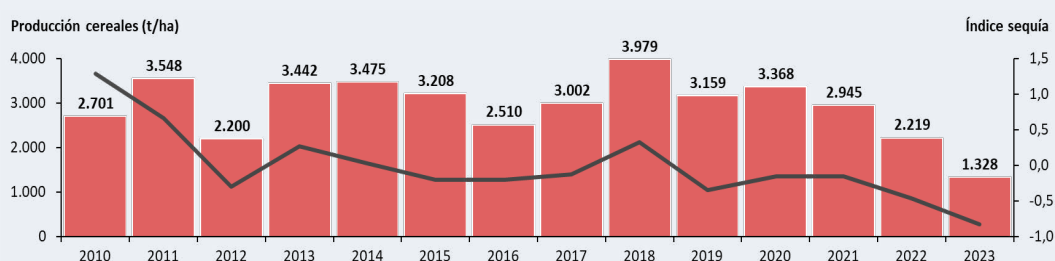
Dada su estructura económica, la dependencia económica al agua en Andalucía es muy alta. Los cultivos agrícolas y la ganadería están sujetos a la disponibilidad de agua para su producción. La industria química, la industria energética y la industria del metal de la región también requieren en muchos de sus procesos de agua. Asimismo, algunos servicios de gran relevancia para la región como son la restauración o los servicios de alojamiento, estrechamente vinculados con el turismo, son vulnerables a la indisponibilidad de agua.

Como ejemplo de la dependencia al agua de una actividad económica concreta, se puede ver la alta correlación que ha mantenido la **producción agrícola de cereales** con la **disponibilidad de agua** a lo largo de los últimos años en Andalucía. Este sector es un ejemplo de actividad **totalmente dependiente de los recursos hídricos** para poder obtener rendimientos de la actividad.

El año 2018 fue el más productivo, coincidiendo con el año que menor sequía se registró de los últimos 10 años. En cambio, en los últimos dos años, 2022 y 2023, la producción de cereales se ha desplomado, junto con la importante escasez de agua que la región ha experimentado.

Figura 4

Relación entre el rendimiento agrícola y la disponibilidad de agua en Andalucía



Fuente: Eurostat y Junta de Andalucía, Consejería de Sostenibilidad, Medio Ambiente y Economía Azul.

Para el presente estudio se ha aproximado la criticidad del agua para los diferentes sectores económicos a partir de datos de Encore Nature y las tablas Input-Output de Andalucía⁹. Así, en la siguiente tabla se muestra el índice que resume los resultados obtenidos, con valores entre 0 y 1, siendo el valor más alto resultado de una mayor criticidad del agua para el sector. A la derecha del índice de criticidad se muestra el PIB y empleo que las diferentes agrupaciones de sectores han generado en Andalucía en 2022.

Tabla 1: Resumen índice de criticidad del agua, y la relevancia socioeconómica sectorial para Andalucía.

Sector	Criticidad agua	PIB (M€)	Empleos
Agricultura	1,0	10.100	242.000

⁹ En el Anexo metodológico se presenta las fuentes y la fórmula utilizadas para el cálculo de la criticidad del agua.

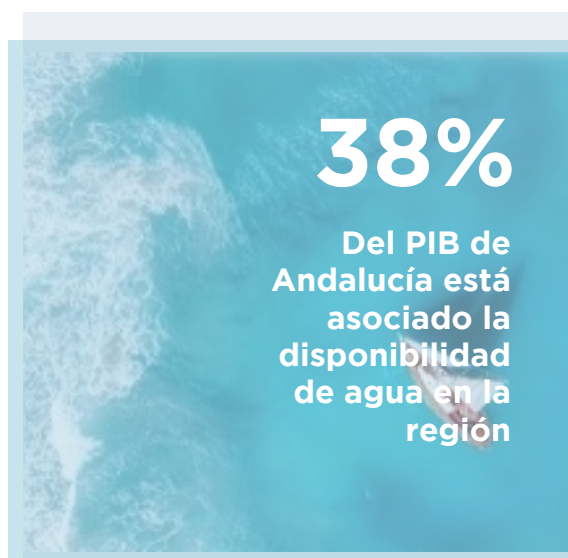
Industrias extractivas	0,5	400	8.000
Industria alimentaria	0,6	4.400	68.000
Industria química	0,6	2.500	39.000
Industria del metal	0,6	2.500	39.000
Industria energética	0,7	5.400	15.000
Industria de la maquinaria y equipo	0,2	2.200	34.000
Otra industria manufacturera	0,4	4.000	62.000
Construcción	0,5	10.500	219.000
Hostelería	0,8	13.300	299.000
Comercio y transporte	0,4	30.300	695.000
Información y comunicaciones	0,1	1.900	89.000
Actividades profesionales, científicas y técnicas	0,1	39.500	381.000
Servicios sanitarios, sociales, recreativos y personales	0,4	16.100	607.000
Otros servicios y administración pública	0,2	28.100	428.000

Fuente: Análisis PwC basado en datos de Encore Nature y las cuentas macroeconómicas de Andalucía.

La agricultura se destaca como el sector más vulnerable en términos de disponibilidad de agua, siendo altamente dependiente y haciendo un uso más intensivo de este recurso. Otros sectores que muestran una alta puntuación en el índice de criticidad incluyen la hostelería, especialmente en la restauración, y la industria energética, debido al uso del agua para generación de energía y refrigeración. En contraste, los sectores con menor criticidad en términos de disponibilidad de agua son aquellos servicios que no requieren de agua como consumo intermedio, como los servicios profesionales o el sector de la información y la comunicación.

El valor del agua para la economía, la sociedad y el ecosistema de Andalucía es incalculable, ya que posibilita la existencia de la vida humana, animal y vegetal, así como la sostenibilidad del planeta en su conjunto. No obstante, y a partir del nivel de criticidad definido para cada sector de la economía andaluza, estimamos el valor económico directo asociado a la disponibilidad del agua. Este análisis captura el valor, medido en términos de PIB y empleo, que depende de los recursos hídricos de la región.

En la actualidad, dada la estructura económica de Andalucía, se estima que el valor socioeconómico asociado al uso del agua supera los 110.000 millones de euros en términos de PIB y más de 2 millones de empleos. Estos resultados representan un 38% del PIB regional y un 43% del empleo total de Andalucía. Este valor socioeconómico abarca tanto la influencia del agua en la actividad agrícola como en diversas actividades industriales y del sector servicios. Este último destaca en términos absolutos dada la ya enorme aportación del sector terciario a la economía andaluza. En términos relativos, los servicios pierden relevancia frente a sectores como la agricultura o la industria energética, donde el agua presenta un mayor nivel de criticidad.



2.4 La incidencia del cambio climático sobre los recursos hídricos de Andalucía

A pesar de los esfuerzos realizados en las últimas décadas para optimizar la gestión y los usos del agua, estos no han sido suficientes para garantizar una estabilidad completa en la actividad económica, social y medioambiental. Esta situación está siendo impulsada en gran medida por la elevada incidencia del cambio climático en la región, y podría agravarse en el futuro atendiendo a los estudios que catalogan a Andalucía como una de las regiones más vulnerables al cambio climático de España y de la Unión Europea.

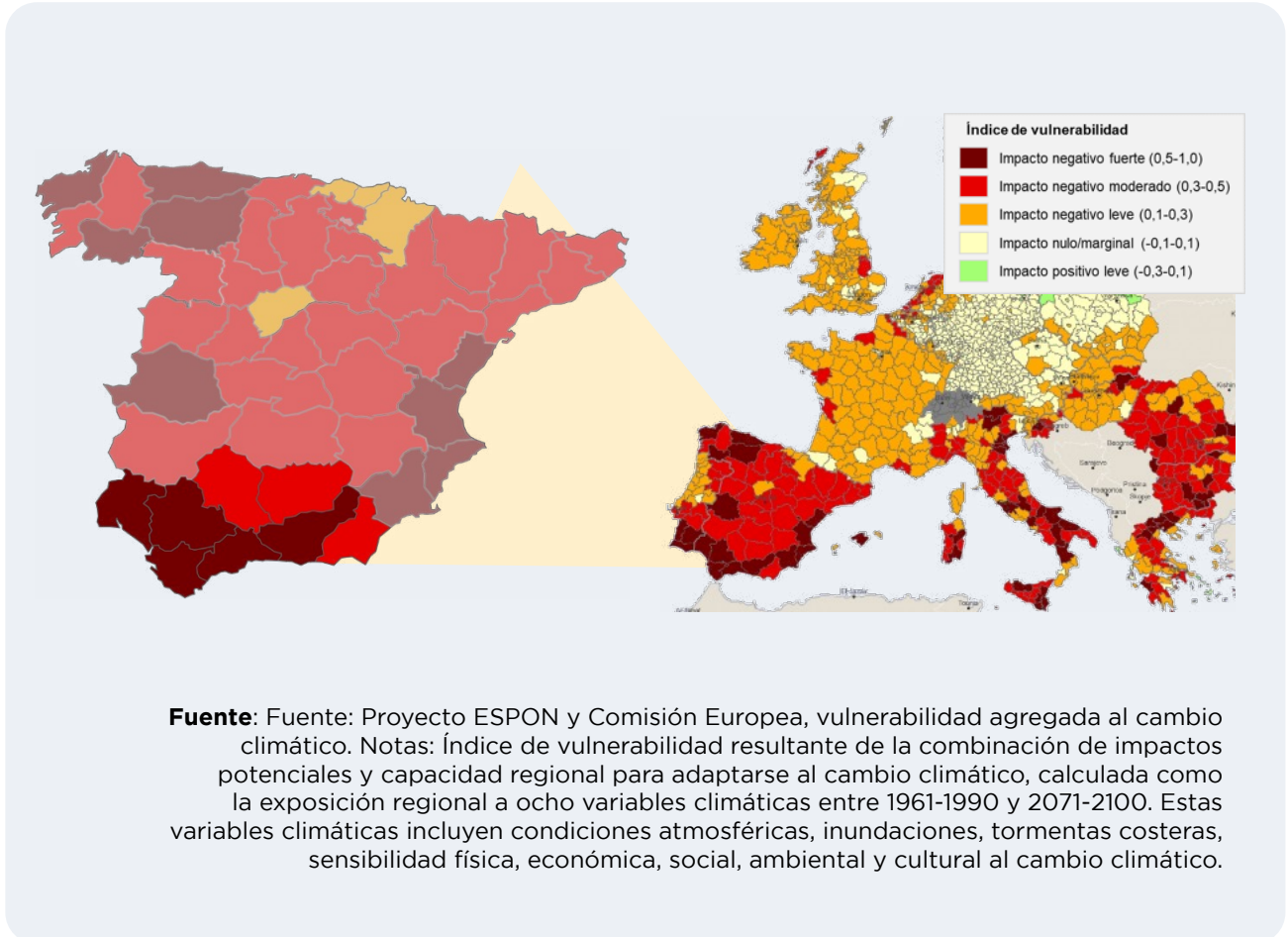
Según el proyecto de cooperación territorial llevado a cabo por ESPON y la Comisión Europea, España es el país con mayor vulnerabilidad al cambio climático de la Unión Europea, por encima de Bulgaria, Italia o Rumanía, y, en particular, la comunidad autónoma de Andalucía se sitúa en la parte más alta del ranking, con cinco de sus provincias clasificadas de fuerte vulnerabilidad al cambio climático: Huelva, Sevilla, Cádiz, Málaga y Granada¹⁰.



¹⁰ El índice de vulnerabilidad al cambio climático elaborado por ESPON y la Comisión Europea otorgan a España una valoración media de 0,45, liderando el ranking de países por encima de Italia (0,36), Bulgaria (0,43) y Rumanía (0,36). En cuanto a Andalucía, 5 de sus provincias superan el valor de 0,5 entrando en la clasificación de vulnerabilidad fuerte, Huelva (0,58), Sevilla (0,57), Cádiz (0,55), Málaga (0,53) y Granada (0,50), quedando las provincias restantes en un nivel moderado, Córdoba (0,41), Jaén (0,37) y Almería (0,49).

Figura 5

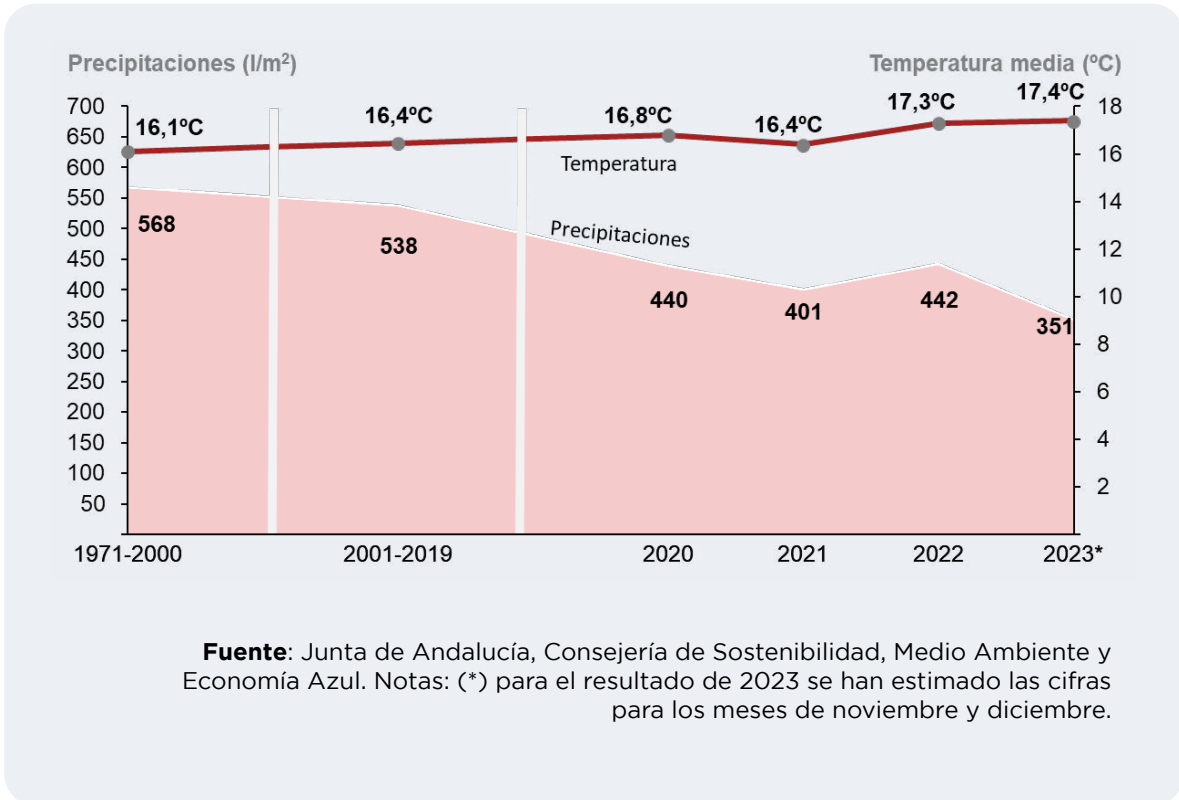
Índice de vulnerabilidad al cambio climático (regiones NUTS-3)



Mirando a los datos históricos de los factores climáticos más relevantes, el volumen de precipitaciones registradas en Andalucía en los últimos 4 años está muy por debajo de la media histórica, siendo un 30% inferior respecto a la media de entre 1971 y 2000 y un 25% inferior respecto al periodo más reciente de 2001-2019. De igual forma, en términos de temperaturas, los datos más recientes apuntan a que la región ha alcanzado en 2022 y 2023 unas temperaturas medias anuales superiores a 17°C, superando por 1°C la temperatura media histórica y evidenciando la gran incidencia que el cambio climático está teniendo en esta región.

Figura 6

Evolución de las precipitaciones y la temperatura en Andalucía (media del periodo-año)



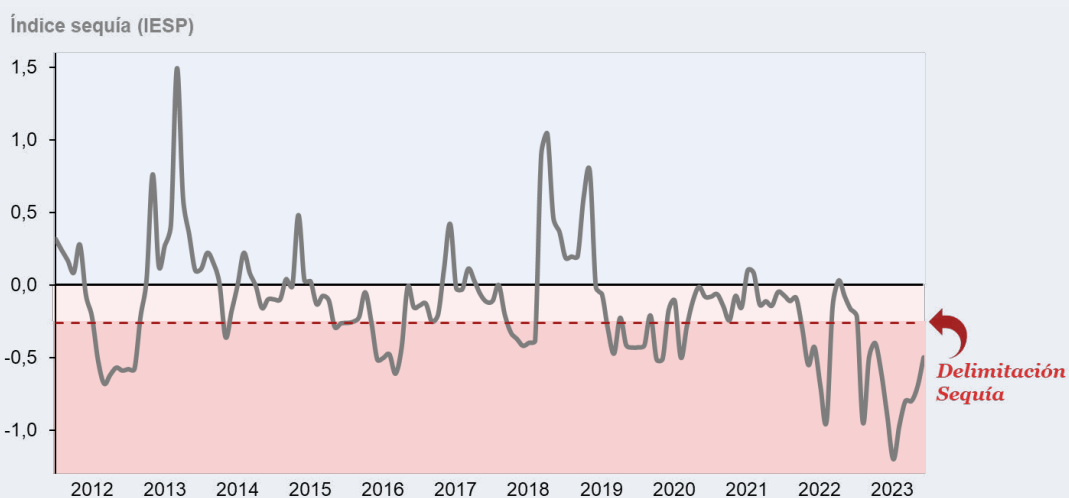
Esta tendencia climática es el principal conductor de la reducción en la disponibilidad de agua en Andalucía, así como también indirectamente de forzar un cambio socioeconómico y medioambiental, incidiendo en la actividad económica y modificando el hábitat de los seres vivos. En particular, episodios climáticos adversos como las sequías recientes han sido especialmente disruptivos en el ciclo normal de la vida y de la economía de la región.

La frecuencia e intensidad de las sequías en Andalucía ha experimentado un aumento significativo en las últimas décadas, manifestándose de manera más pronunciada en los últimos dos años, y, en particular, destacando la sequía del último trimestre de 2023. Atendiendo a los últimos datos del índice de sequía estandarizado IESP (Índice Estandarizado de Sequía Pluviométrica), la región andaluza ha sufrido numerosas sequías en los últimos 10 años, variando en intensidad y

duración. A pesar de estos episodios, no se han registrado sequías tan prolongadas, concentradas e intensas como las ocurridas en los últimos dos años.

Figura 7

Evolución de la incidencia de las sequías en Andalucía

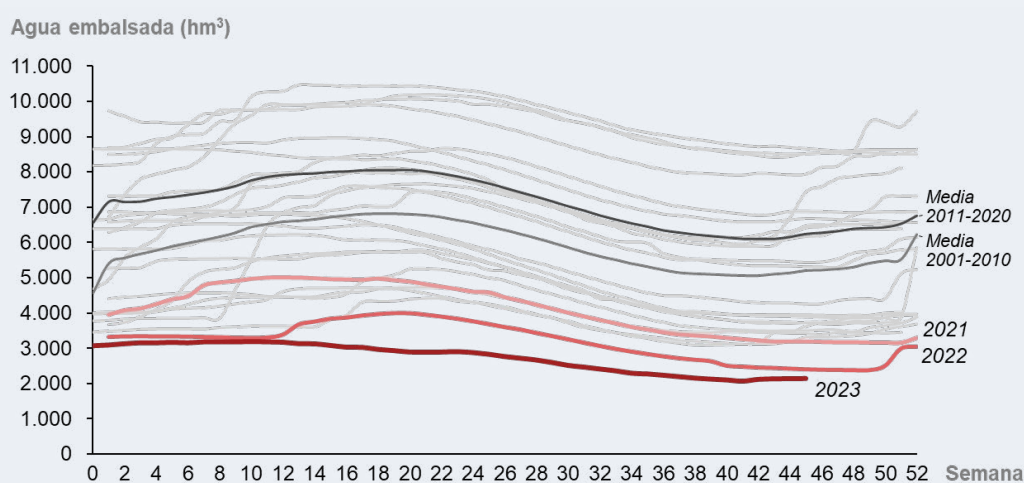


Fuente: Junta de Andalucía, Consejería de Sostenibilidad, Medio Ambiente y Economía Azul.

El cambio climático, la concentración de periodos de sequía y la demanda inelástica de los recursos hídricos han provocado una reducción importante en la disponibilidad de agua y las reservas de esta, llegando a caer el agua embalsada por debajo del 20% de la capacidad total de la región. En los episodios más extremos y de forma localizada, ha sido necesaria incluso la implementación de restricciones al uso de agua para gestionar la escasez puntual y garantizar la sostenibilidad de este recurso.



Los datos semanales oficiales de volumen de agua embalsada evidencian esta situación. Las reservas de Andalucía de 2023 han sido las más bajas registradas de los últimos años, y un 60% inferiores a la media de la última década.

Figura 8**Evolución de las reservas de agua embalsada en Andalucía (2001-2013, hm³)**

Fuente: Gobierno de España, Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico.

De esta forma, resulta crucial profundizar y exponer las perspectivas de Andalucía en cuanto a la disponibilidad de agua, los planes hidrológicos previstos para la región y el efecto que esta situación de déficit de agua actual puede generar sobre la actividad económica y el empleo.

03

**Perspectivas de la menor
disponibilidad de agua y su
efecto sobre la actividad
económica andaluza**

03

Perspectivas de la menor disponibilidad de agua y su efecto sobre la actividad económica andaluza

3.1 Perspectivas de disponibilidad de agua en un contexto de cambio climático

3.1.1 Introducción al déficit hídrico, y situación de partida

El déficit hídrico es una métrica que mide la brecha entre las demandas consuntivas (es decir, la fracción de la demanda deseada que se termina materializando y consumiendo) y el cumplimiento de los niveles de garantía previstos en la Instrucción de Planificación Hidrológica. Los niveles de garantía son umbrales hídricos que persiguen el “no deterioro” del estado ecológico de las masas de agua y permiten fijar las aportaciones máximas que puede dar el sistema sin comprometer su sostenibilidad. El déficit hídrico es un indicador relevante en la gestión sostenible de los recursos hidrográficos puesto que los aumentos sostenidos del déficit pueden tener graves consecuencias en la calidad del agua y en el desgaste del medio ambiente.

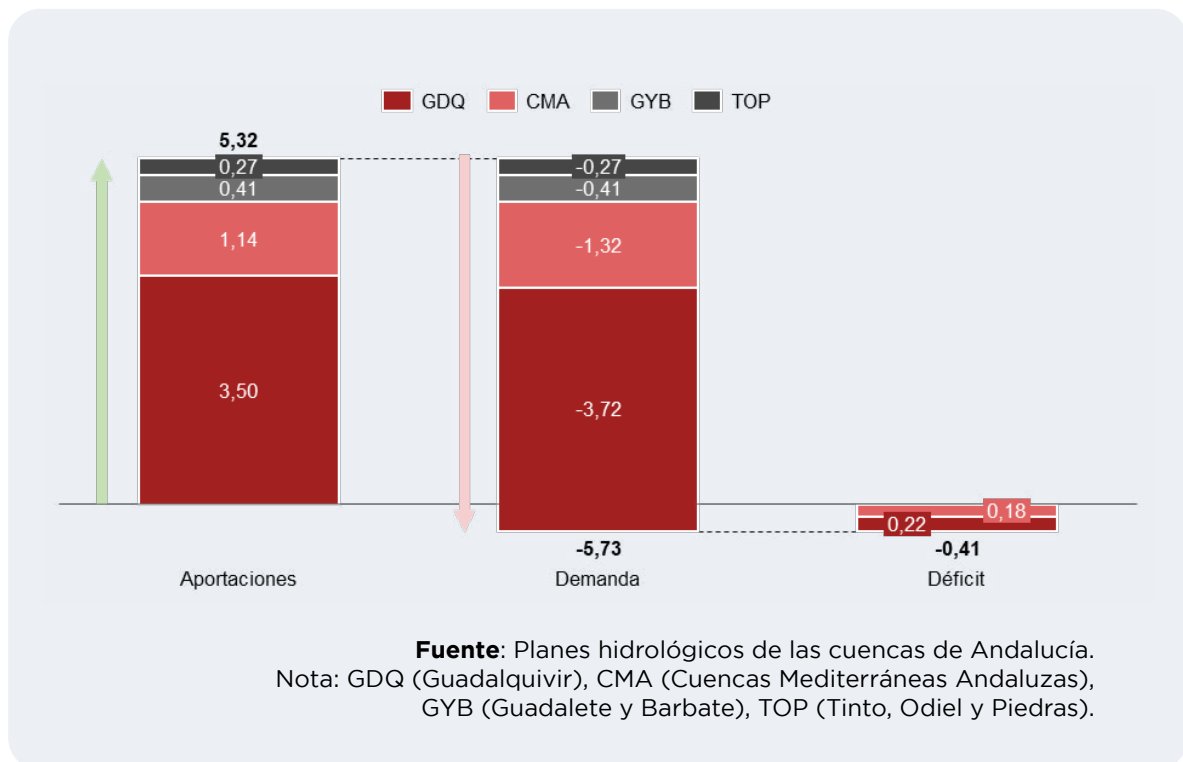
Históricamente, el incremento de los niveles de déficit ha estado principalmente ligado a tendencias demográficas y macroeconómicas como el aumento de la población o la mayor actividad industrial y agrícola. Asimismo, el cambio climático es otro de los aspectos críticos que pueden alterar la disponibilidad de recursos de agua, con mayores

temperaturas y menores precipitaciones observadas en los últimos años en España.

Según los Planes Hidrológicos del Tercer Ciclo¹¹ de las cuatro principales cuencas andaluzas¹² elaborados en 2021, la región presenta en la actualidad una situación de déficit hídrico de 410 hm³. Este déficit estructural equivale al 7,7% de las aportaciones anuales de la región según la medición

Figura 9

Aportaciones y demanda de los recursos hídricos por cuenca hidrográfica (km³, 2021)



de los planes en 2021. Las demarcaciones hidrográficas de Guadalquivir y Cuencas Mediterráneas andaluzas son las que presentan el mayor déficit

11 Existen tres ciclos de planes hidrológicos para las cuatro principales cuencas andaluzas: Plan 2014 del primer ciclo, con horizonte 2010-2015; Plan 2016 del segundo ciclo, con horizonte 2015-2021; y Plan 2023 del tercer ciclo, con horizonte 2022-2027.

12 Las cuencas hidrográficas de Guadiana y Segura no son contempladas en el presente apartado debido a la reducida disponibilidad y detalle de información y datos referentes a su incidencia en la región de Andalucía.

en Andalucía, con un déficit de 220 y 180 hm³, representando el 6% y 16% sobre sus respectivas aportaciones de agua.

Cabe destacar que el dato de aportaciones usado para calcular el déficit hídrico se modela tomando la disponibilidad media de recursos en un periodo largo de tiempo. Por ello, si consideramos la realidad climatológica presente en los últimos años 2022 y 2023 en la región, con precipitaciones un 25% inferiores y temperaturas medias 1°C superiores respecto a las del periodo 2001-2019, el nivel de estrés hídrico se encontraría en valores significativamente superiores (Figura 6). Esto se pone de manifiesto al observar la serie histórica de agua embalsada (Figura 8) en Andalucía, con importantes y consecutivas caídas sufridas en los últimos 3 años.

3.1.2 Pronóstico de déficit hídrico según los Planes Hidrológicos y CEDEX

Los Planes Hidrológicos asumen que el déficit hídrico persistirá a 2027, si bien, será recortado. En concreto, se pronostica una caída hasta los 268 hm³ para 2027, un 34% menos que la medición realizada en 2021. Los Planes Hidrológicos prevén articular esta reducción por medio de un aumento de las aportaciones de agua y una ligera reducción de la demanda total.

Además, la disminución del déficit de los planes requiere que se materialicen ciertas hipótesis adicionales:

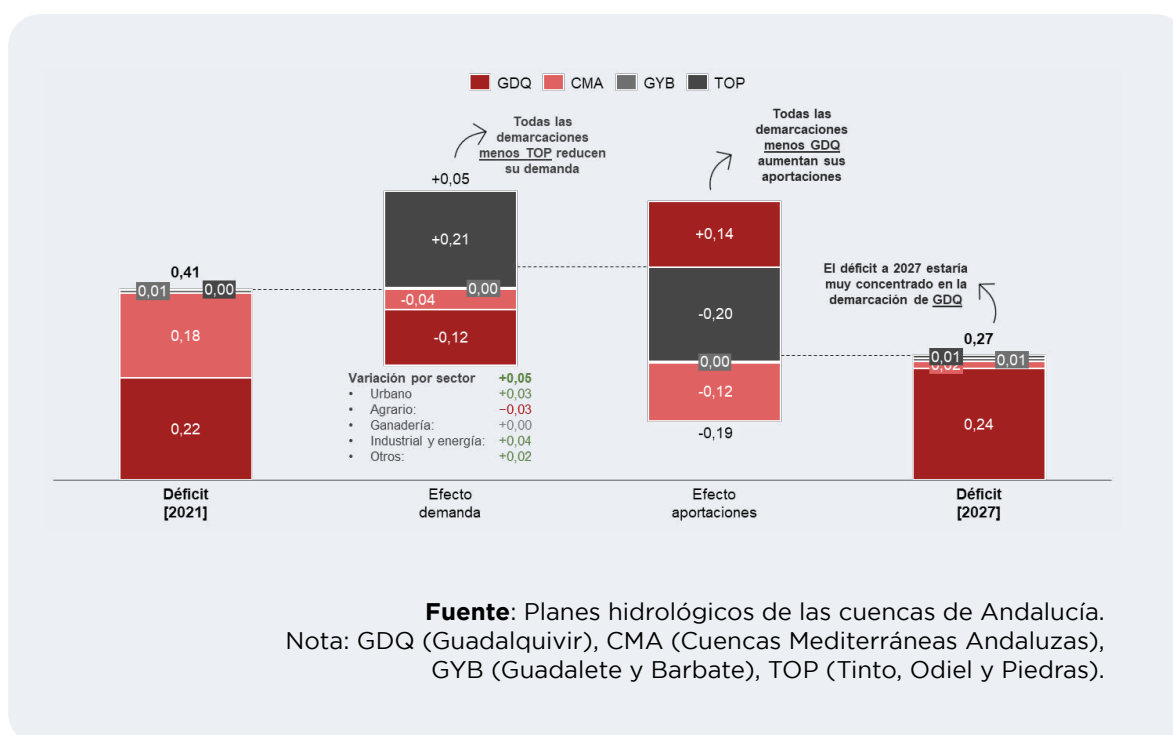
- En primer lugar, se requiere una ejecución completa de todas las infraestructuras y actuaciones previstas en los Planes Hidrológicos del Tercer Ciclo. Esta asunción contrasta con el hecho de que históricamente el nivel de ejecución de los planes ha sido inferior al 100% (solo un tercio de los planes del segundo ciclo, por ejemplo, han sido ejecutados).
- Por otro lado, cabe la posibilidad de que la demanda proyectada, que asume permanentes mejoras en las eficiencias de riego, no sea capturada al 100% dado que Andalucía ya cuenta con uno de los

sistemas de regadío más eficientes. Asimismo, se prevé que otros catalizadores fundamentales del consumo, la población y el turismo, continúen creciendo en el futuro, lo cual puede dificultar que la demanda se estabilice.

La siguiente figura detalla las hipótesis de los planes para cada una de las cuatro cuencas en el horizonte 2021-27:

Figura 10

Déficit esperado en 2027 según los Planes Hidrológicos de Andalucía (km³, 2021-2027)

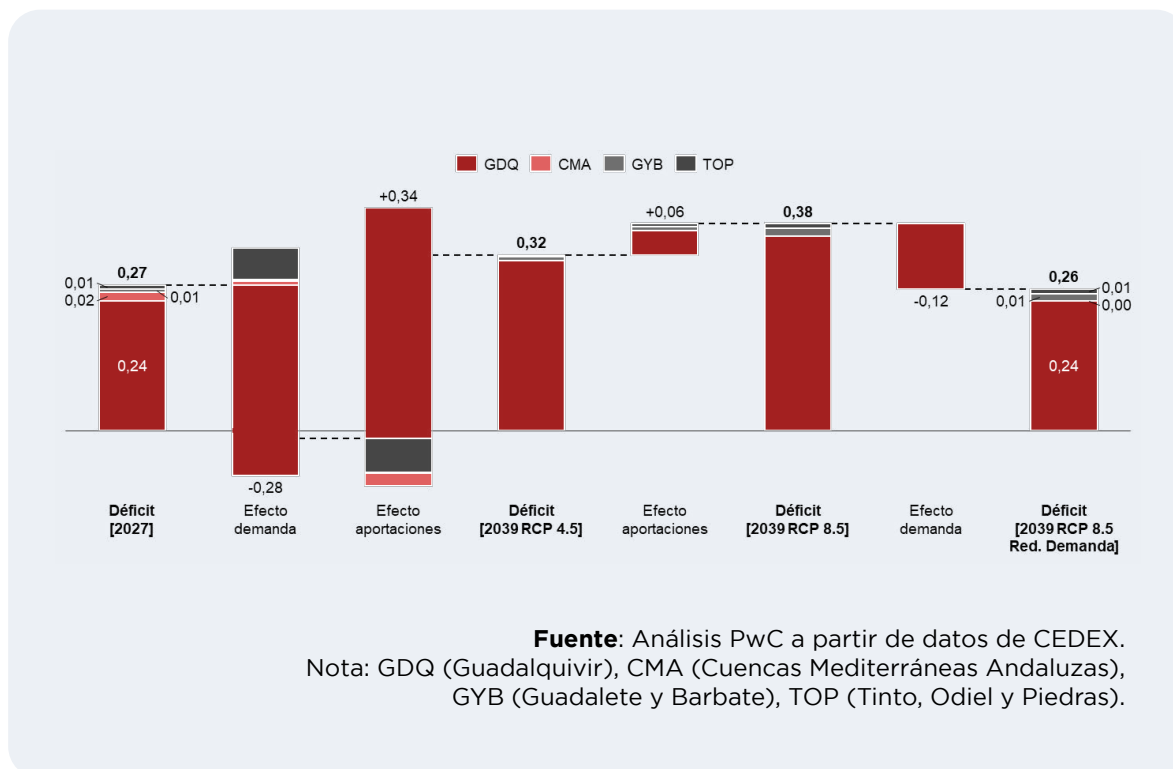


Más allá del límite del horizonte contemplado en los planes (2027), el Centro de Estudios y Experimentación de Obras Públicas (CEDEX) prevé una reducción significativa de aportaciones de agua por efectos del cambio climático, causando una menor disponibilidad del agua en la Región para 2039. Estos escenarios se modelizan por medio de la metodología RCP (Representative Concentration Pathways) donde un mayor número indica mayor incidencia del cambio climático y, por tanto, menos disponibilidad del recurso hídrico.

La siguiente figura y la tabla 2 detallan las hipótesis de los escenarios CEDEX en el horizonte 2027-39:

Figura 11

Escenarios déficit hídrico esperado en 2039 según CEDEX (km³/año, 2027-2039)



- Con respecto al escenario RCP 4.5, los escenarios de CEDEX pronostican variaciones de la demanda de forma similar a los PH pero asumen una reducción de las aportaciones de agua por efecto del cambio climático.
- El escenario RCP 8.5 asume una mayor incidencia del cambio climático y, por tanto, menor disponibilidad del recurso hídrico.
- El tercer y último escenario CEDEX, llamado “RCP 8.5 Reducción de Demanda (RD)”, impone una reducción forzosa de la demanda sobre la demarcación del Guadalquivir para contener el déficit total a niveles similares a 2027

Tabla 2: Detalle de las hipótesis de los escenarios CEDEX en el horizonte 2027-39.

Escenario	Déficit hídrico hm ³ /año	Déficit hídrico sobre aportaciones de 2021	Descripción e hipótesis subyacentes
2021	409	7,7%	Déficit hídrico actual
2027	268	5,0%	Los Planes Hidrológicos asumen que todas las medidas previstas se adoptan y ejecutan. Además, pronostica la demanda en base al crecimiento demográfico, y la producción agrícola e industrial esperadas con una progresiva mejora de la eficiencia de estos procesos
2039 RCP 4.5	324	6,1%	Además de lo anterior, los escenarios de CEDEX a 2039 pronostican variaciones de la demanda de forma similar a los PH pero asumen una reducción de las aportaciones de agua por efecto del cambio climático
2039 RCP 8.5	381	7,2%	El escenario “RCP 8.5” asume una mayor incidencia del cambio climático y, por ello, menores aportaciones.
2039 RCP 8.5 Reducción de Demanda (RD)	261	4,9%	En el escenario “RCP 8.5 con Reducción de Demanda”, la demarcación del Guadalquivir asume una reducción forzosa de la demanda para contener el estrés a niveles de 2027
2039 RCP 8.5 con los niveles de demanda de 2021	615	11,6%	Este último escenario, elaborado por Strategy&, asume que los niveles de demanda no se reducen si no que se mantienen en línea a los valores observados actualmente acentuando aún más el déficit. Esto se debe a que el recorrido de mejoras de la demanda por mayor eficiencia es incierto, mientras que las reducciones de las aportaciones debido al impacto del cambio climático es una realidad más tangible
Promedio	376	7,1%	

Fuente: Análisis PwC a partir de datos de CEDEX.

Según los mencionados escenarios, la activación de inversiones y la adopción de medidas para aumentar las aportaciones y mejorar la eficiencia lograrían frenar la incidencia del cambio climático y del crecimiento demográfico sobre el déficit hídrico; sin embargo, en ningún caso se logra eliminar completamente el déficit hídrico que afecta a la región. Considerando una media de todos los escenarios, se espera un déficit de 376 hm³ en 2039, equivalente al 7,1% de las aportaciones de agua de 2021. Es importante tener en cuenta que, en caso de que las inversiones y medidas necesarias no sean adoptadas, la situación se agravaría respecto a la actual. Mantener sostenidamente estos niveles de déficit tendría un impacto relevante en términos de disponibilidad de agua, con repercusiones socioeconómicas significativas.

3.1.3 Impacto en la disponibilidad de agua. Planes Especiales de Escasez

La gestión del déficit hídrico se está convirtiendo en una tarea de mayor complejidad en los últimos años debido al cambio climático. El aumento en la variabilidad climática y la tendencia a menores precipitaciones ha incrementado el riesgo y la frecuencia de entrar en situaciones de gran escasez, poniendo en peligro la sostenibilidad y el deterioro de los recursos hídricos. Por este motivo, desde las administraciones, se han elaborado los Planes Especiales de Sequía (PES), lo cuales buscan mantener la sostenibilidad de las masas y caudales ecológicos tratando de minimizar los efectos negativos sobre el ecosistema, la sociedad y las actividades económicas.

Los Planes Especiales de Sequía, aprobados en 2018, presentan los mecanismos que las administraciones disponen para detectar y valorar las situaciones de escasez, y definen las actuaciones frente a estos episodios climáticos. Así, las diferentes unidades territoriales pasan a introducir restricciones puntuales al uso de agua en base a los umbrales predefinidos, limitando el acceso a agua a diferentes actividades económicas, así como a los hogares. Todo ello, con el objetivo de preservar el ecosistema hídrico. Las medidas se agrupan en cuatro grupos: “Normalidad” (es decir, ausencia de medidas extraordinarias), “Prealerta”, “Alerta” y “Emergencia”, imponiendo cada grupo más

restricciones que el anterior. Estos indicadores y medidas se definen a nivel UTE¹³ (“Unidad Territorial de Escasez”), subdivisiones de cada cuenca.

Partiendo de este marco regulatorio, se ha procedido a diseñar dos escenarios representativos de las restricciones que Andalucía sufre por su escasez hídrica: (i) un escenario de escasez estructural que capture la menor disponibilidad de agua bajo una situación hídrica habitual de la región; y (ii) un escenario coyuntural de menor disponibilidad de agua bajo un periodo de sequía duradera. Para el primero, se ha aproximado el desabastecimiento medio de agua utilizando el periodo comprendido entre 2007 y 2017, que representa un comportamiento medio o normal de la situación hidrológica de la región. Para el segundo, se ha aproximado un escenario coyuntural de sequía utilizando los datos del reciente periodo 2019-2023.

Tabla 3: Escenarios considerados de restricciones sobre los recursos hídrico

Escenario	Restricciones sobre demanda potencial (% anual)	Periodo utilizado para la aproximación
Estructural Escasez de agua promedio	-2,1%	2007-2017
Coyuntural Escasez de agua bajo sequía intensa y prolongada	-4,0%	Dic. 2019 - Nov. 2023

Fuente: Análisis PwC a partir de datos de los Planes especiales de sequía y serie de escasez histórica.

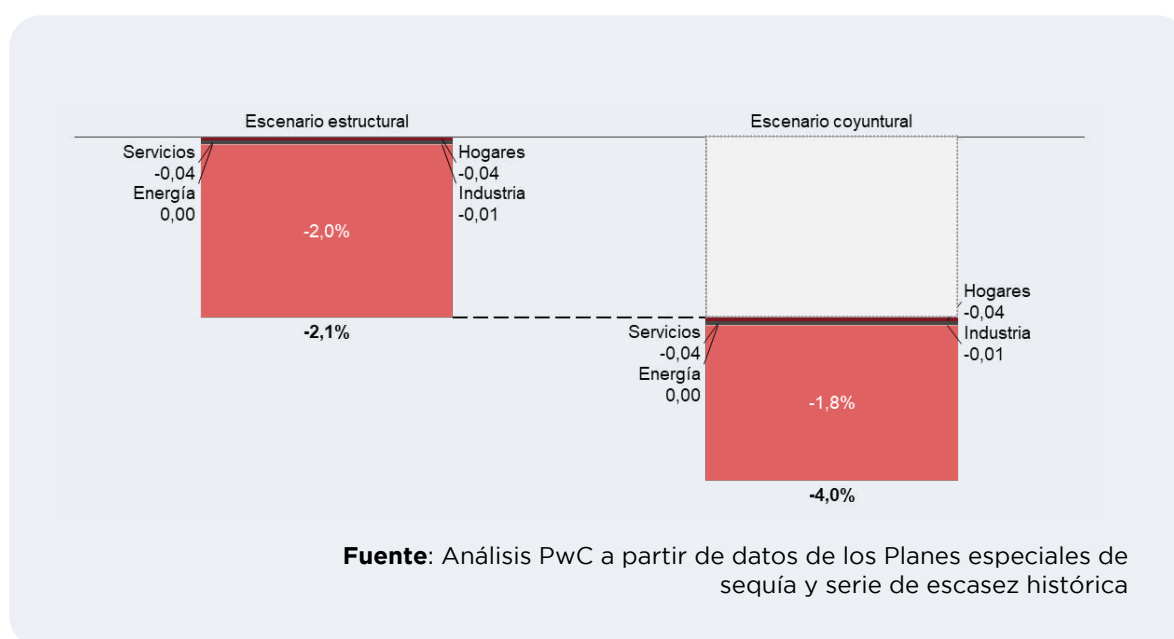
Los resultados dan un déficit anual promedio de agua sobre la demanda de -2,1% en Andalucía, el cual se incrementa en 1,9 p.p. en el escenario

¹³ Se ha realizado el análisis sobre las Unidades Territoriales de Escasez (UTE), las cuales son la delimitación geográfica para la medición de la escasez de agua y para la aplicación de restricciones al uso de agua.

coyuntural de sequía, alcanzando una restricción al uso de agua de -4,0% anual sobre la demanda potencial de la región. Casi la totalidad de las limitaciones al uso del agua las sufre la agricultura, si bien las restricciones también inciden en el ciclo urbano del agua, lo que afecta al sector servicios y a una parte del sector industrial.

Figura 12

Déficit de agua sobre demanda potencial por sector afectado (%)



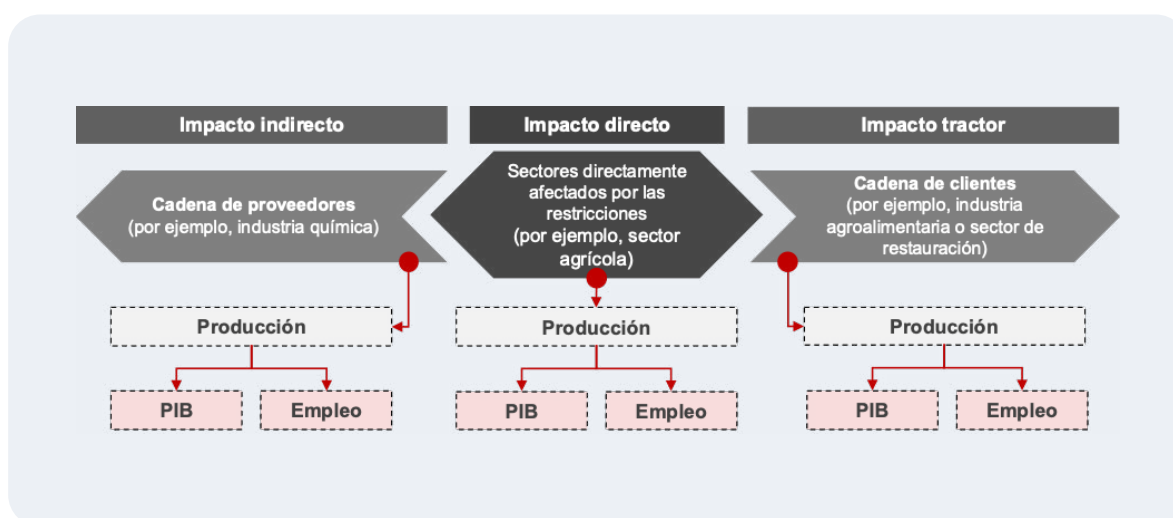
3.2 Impacto socioeconómico de la situación hídrica actual

Estimar el impacto sobre la economía de la menor disponibilidad de agua presenta un desafío considerable, tanto por la complejidad técnica inherente como por la variabilidad de la escasez de este recurso a lo largo del tiempo y del territorio. Para abordar esta complejidad, se parte de (i) los análisis previos sobre los niveles de criticidad calculados para cada sector, (ii) los análisis sobre los Planes Especiales de Sequía y los datos históricos de escasez de agua; y (iii) la metodología input-output de permite estimar los efectos sobre el PIB y el empleo derivados de las relaciones intersectoriales.

Esta metodología, que parte de las tablas input-output para la región de Andalucía, proporciona una visión completa sobre los efectos que una reducción de la disponibilidad de agua puede tener en las actividades relacionadas tanto directa como indirectamente. En concreto, el enfoque empleado captura (i) el impacto directo, vinculado estrechamente a los sectores económicos que sufren una restricción en el uso del agua (por ejemplo, el sector agrícola); (ii) el impacto indirecto, asociado al efecto arrastre que se genera en la cadena de proveedores de los sectores directamente afectados (por ejemplo, la industria química que oferta bienes al sector agrícola); y (iii) el impacto tractor, explicado por el efecto que se genera en la cadena de clientes de los sectores directamente afectados (por ejemplo, la industria agroalimentaria o el sector de restauración que dependen de los productos agrícolas).

Figura 13

Esquema de los impactos estimados



Siguiendo esta metodología se ha calculado el impacto de la escasez de agua sobre la economía a partir de los dos escenarios indicados anteriormente (sección 3.1.3). Un primer escenario de déficit hídrico estructural, que se ha obtenido observando la situación hídrica de Andalucía durante un periodo extenso (2007 y 2017) y otro escenario más coyuntural que tiene en cuenta un periodo de sequía intensa y duradera, similar al ocurrido recientemente (2019-2023).

Considerando el escenario estructural de estrés hídrico, se estima un impacto directo de la escasez de agua sobre la economía andaluza de alrededor de 490 M€. Al considerar los efectos sobre proveedores (impacto indirecto) y clientes (tractor), el impacto total en PIB ascendería hasta los 760 M€, equivalente al 0,45% del PIB actual de Andalucía. Por otro lado, y bajo una situación de déficit hídrico más intensa, como la acontecida entre 2019 y 2023, el impacto total en PIB se situaría alrededor de los 1.400 M€, representando así el 0,83% del PIB.

Tabla 4: Impacto anual en PIB según el escenario de déficit hídrico considerado

Escenario	Impacto total en PIB	% sobre PIB de Andalucía
Estructural Escasez de agua promedio	760 M€	0,45%
Coyuntural Escasez de agua bajo sequía intensa y prolongada	1.420 M€	0,83%

Fuente: Análisis PwC a partir del INE y los datos de los Planes especiales de sequía y serie de escasez histórica.

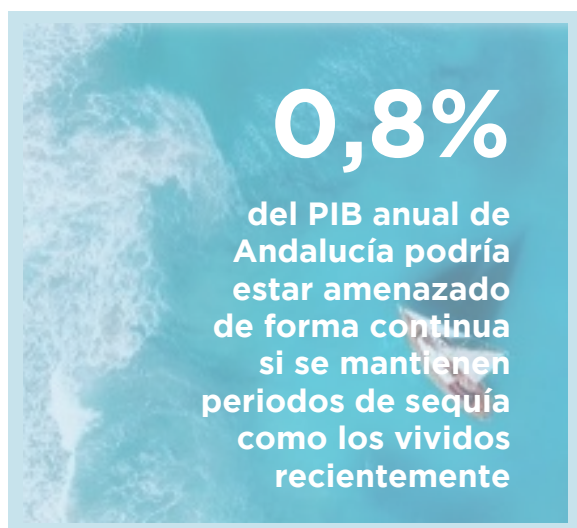
En cuanto al empleo, la escasez estructural de agua de la región se asocia con una pérdida total de 17.300 puestos de trabajo, equivalente al 0,51% del empleo total de Andalucía. De estos, casi 12.000 provendrían del efecto directo, mientras que los 5.300 restantes estarían asociados al impacto indirecto y tractor. Bajo un escenario de sequía coyuntural intensa, los empleos totales afectados ascenderían a más de 32.000 empleos, representando el 0,96% del total de ocupados en la región.



Tabla 5: Impacto anual en empleo según el escenario de déficit hídrico considerado

Escenario	Impacto total en empleo	% sobre ocupados de Andalucía
Estructural Escasez de agua promedio	17.300	0,51%
Coyuntural Escasez de agua bajo sequía intensa y prolongada	32.300	0,96%

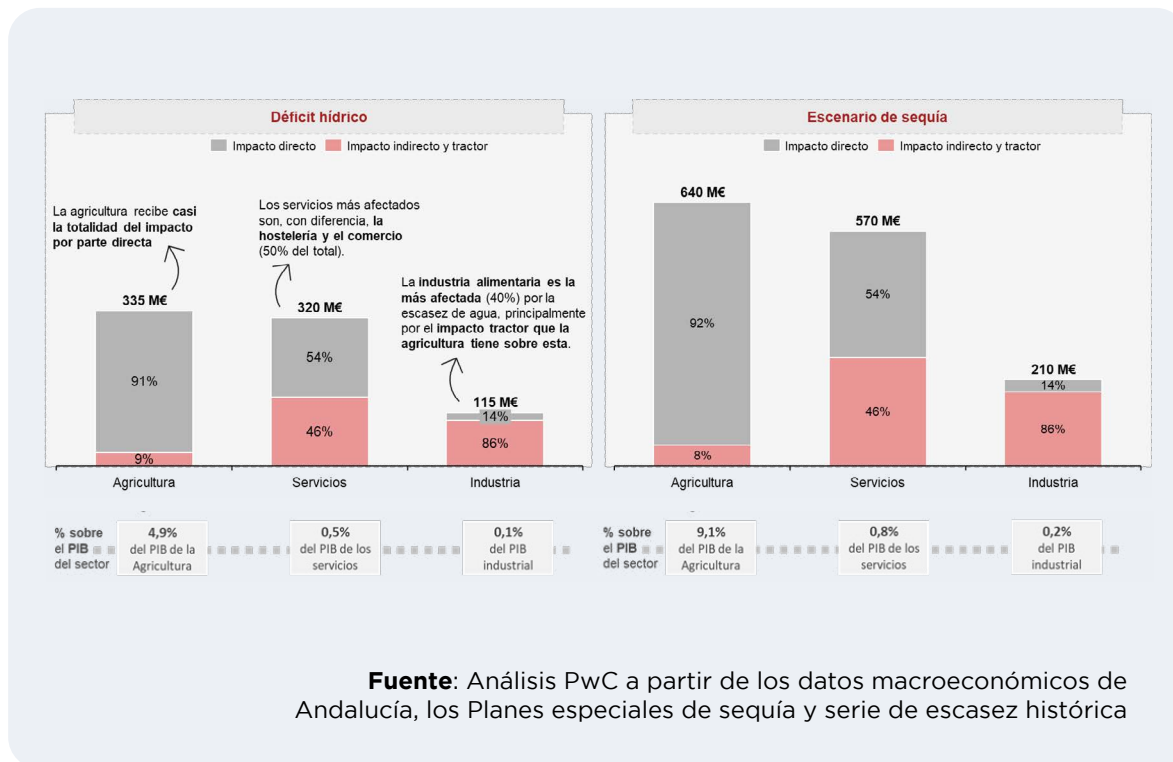
Fuente: Análisis PwC a partir del INE y los datos de los Planes especiales de sequía y serie de escasez histórica.



Como se ha mencionado previamente, la escasez de agua afecta de manera significativa a la agricultura. Sin embargo, más allá de este ámbito, y tal como captura el enfoque metodológico utilizado, el déficit hídrico en Andalucía tiene un impacto generalizado en toda la economía y sus diversas actividades. La siguiente figura ilustra la distribución del impacto total por sector y escenario (estructural o coyuntural), desglosando para los principales sectores económicos el origen del impacto: directo o indirecto y tractor.

Figura 14

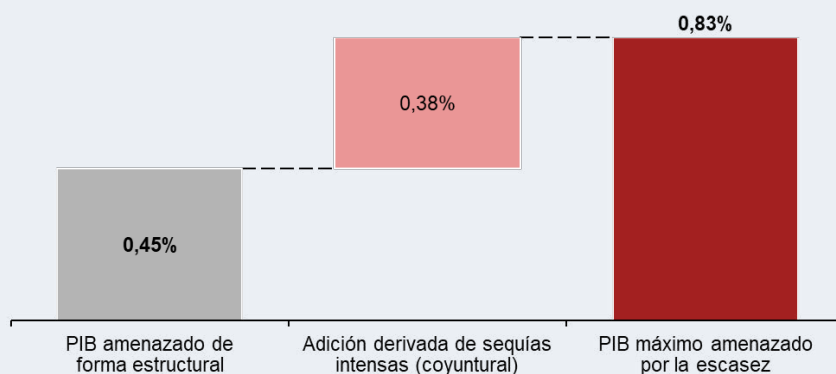
Impacto económico anual en PIB por sector afectado



Tanto los resultados para el escenario de escasez estructural como para el de sequía muestran una foto similar. La agricultura es el sector más afectado, siendo la pérdida económica explicada en más del 90% por el impacto directo. El impacto sobre el conjunto de los servicios es también muy significativo, impulsado principalmente por el sector de la restauración y el comercio. Estos servicios mantienen una relación importante con los sectores afectados de forma directa, siendo casi la mitad de su impacto transmitido a través de sus cadenas de valor. Por parte de la industria, esta sufre un impacto menor, principalmente causado por efectos indirectos y tractores. La industria alimentaria es la más afectada, absorbiendo el 40% del impacto total sobre la industria.

Mirando a los resultados anteriores, se evidencia que la problemática de los recursos hídricos presenta un obstáculo significativo para la riqueza y el crecimiento económico de la región. Al evaluar el impacto económico de dos escenarios, uno marcado por la escasez estructural y otro por

una sequía coyuntural, se evidencia el efecto en cascada derivado de la disponibilidad de recursos hídricos. La escasez estructural de agua en Andalucía, valorada en un 0,45% del PIB, constituye, por sí sola, un factor limitante para el desarrollo económico regional. Si además se añade a este déficit estructural un episodio de sequía intenso como el de los últimos años (2019-2023), la pérdida de PIB potencial sería del 0,83%, 0,38 puntos porcentuales más que bajo el escenario estructural.

Figura 15**Desglose del PIB anual máximo amenazado por la escasez de agua en Andalucía**

Fuente: Fuente: Análisis PwC a partir de la contabilidad regional de España, datos macroeconómicos de Andalucía, los Planes especiales de sequía y serie de escasez histórica.

Al ilustrar estos efectos sobre la trayectoria del PIB, se pone de manifiesto la brecha estructural que se podría generar en el crecimiento económico vinculada a la problemática de los recursos hídricos de la región. Esta brecha podría agravarse aún más si se producen episodios concretos de sequía como los vividos en los últimos años. Por todo ello, es necesario plantear medidas y estrategias que ayuden a superar los retos actuales a la vez que permiten incrementar la disponibilidad y eficiencia del uso del agua.

Figura 16

Ejemplo ilustrativo de la brecha que se puede generar en la senda de crecimiento del PIB de Andalucía asociada a la escasez estructural de agua



Fuente: Análisis PwC a partir de la contabilidad regional de España, datos macroeconómicos de Andalucía, los Planes especiales de sequía y serie de escasez histórica. Notas: (*) PIB de 2023 aproximado a partir de la tasa de crecimiento media de los 3 primeros trimestres de 2023 (Contabilidad regional de España, INE). (**) A partir de 2023 se asume un crecimiento potencial del PIB del 2% para visualizar como se puede ir agravando la brecha derivada de la escasez estructural de agua.

3.3 Conclusiones

En definitiva, tras analizar la situación hídrica de Andalucía y su impacto actual sobre la economía y el empleo de la región, se puede concluir que:

- Andalucía ya sufre de una falta de disponibilidad de agua. Esto es un hecho reconocido en los propios planes hidrológicos de tercer ciclo de planificación donde se parte de un déficit hídrico equivalente al 7,7% de las aportaciones de 2021.
- Los planes hidrológicos prevén revertir parcialmente esta situación hasta situar el déficit en 268 hm³/año. Sin embargo, esta mejora requiere de completar el 100% de las infraestructuras y actuaciones contempladas en los planes y una inversión adicional en eficiencia que tiene riesgos de no producirse.

- Existe consenso en que la situación a medio plazo, lejos de mitigarse tiene visos de agravarse. En base a los estudios de CEDEX, el déficit hídrico en 2039 oscilará entre 261 hm³ y 381 hm³, que equivale a entre el 5,0% y el 7,2% de las aportaciones de 2021. De hecho, si sólo se considera la reducción de las dotaciones de agua como consecuencia del cambio climático, pero sin acciones en la demanda, el déficit presentaría un máximo de 615 hm³ (11,6% de las aportaciones de 2021). Cabe destacar que todos estos escenarios consideran años medios, y que ampliado a los años recientes de sequía la situación sería incluso peor.
- Por otra parte, si se tiene en cuenta la legislación actual en materia de planes frente a la sequía y consideramos la escasez hídrica del periodo histórico reciente, se obtienen unas restricciones anuales para un escenario estructural, aproximado a partir del periodo 2007-2017, de -2,1% respecto a la demanda realizada por los sectores económicos y los hogares. Para un escenario coyuntural de sequía, aproximado por el periodo 2019-2023, estas restricciones anuales ascienden a -4,0% de la demanda total, siendo -3,8 p.p. de esta asumida por el sector agrícola.
- El impacto de la escasez estructural de agua en Andalucía podría representar a día de hoy en torno al 0,45% del PIB de la región (760 M€), pudiendo incluso alcanzar el 0,83% si se producen sequías intensas como las vividas en los últimos años (1.420 M€). El sector de la agricultura es el más afectado por su dependencia directa a los recursos hídricos. No obstante, sectores como la industria alimentaria, el comercio o la restauración también sufren un impacto significativo, principalmente por su estrecha vinculación con la actividad agrícola.
- El efecto de la escasez estructural de agua sobre el empleo implicaría la pérdida anual de más de 17.000 empleos. En un escenario coyuntural de sequía más intensa, esta cifra ascendería a más de 32.000 empleos, equivalente a 1 de cada 100 puestos de trabajo de la región.

Todos estos datos señalan la necesidad de incrementar todo lo posible la oferta de agua, y fomentar medidas que garanticen un uso responsable.

04

**Análisis de las principales
líneas estratégicas y áreas
de actuación frente a la
escasez de agua**

04

La relevancia de los recursos hídricos para la vida y el desarrollo socioeconómico

4.1 Retos en materia de generación del recurso y su uso eficiente

Como se ha mostrado en el punto anterior, la existencia de un déficit hídrico estructural tiene un coste relevante para la economía andaluza que puede suponer hasta un 0,83% de su PIB y la pérdida de hasta más de 32.000 empleos. Para paliar el déficit hídrico existen tres alternativas básicas: (i) medidas enfocadas a incrementar el agua disponible; (ii) acciones que permitan hacer un uso más eficiente del consumo de agua manteniendo la actividad; o (iii) reducir la actividad económica y la producción. A continuación nos enfocamos en las dos primeras alternativas ya que son las menos lesivas para la calidad de vida y prosperidad de las personas.

4.1.1 Medidas encaminadas a lograr un consumo más eficiente.

En el contexto de la gestión del agua en España y Andalucía, existe la posibilidad de implementar diversas medidas para alcanzar un uso más eficiente del agua. Entre las medidas a poner en marcha destacarían: (1) la reducción del consumo agrícola por medio de una mejora de la eficiencia en los regadíos, (2) la disminución de las pérdidas de agua en la red de distribución y (3) el descenso en el consumo urbano por medio de una reducción del consumo per cápita medio.

La siguiente tabla y los sucesivos párrafos detallan el alcance y potencial impacto de estas medidas (denotadas en el documento con la letra A):

Tabla 6: Resumen del alcance y potencial impacto de las medidas (medidas A1, A2 y A3)

Medidas	Diagnóstico inicial	Potencial	Ejemplos de mejora
A1. Reducción del consumo en el sector agrícola	El consumo agrícola representa el 81% del total y asciende a 4.593 hm ³ (2021). Un 90% de la superficie de regadío contiene sistemas de riego eficiente, 10pp más que la media de España. La diferencia de consumo por ha entre las explotaciones con sistemas eficientes de goteo y no eficientes es de 1.909 m ³ /ha	Medio: En caso de que el 100% de la superficie de regadío contara con sistemas de goteo se generaría un ahorro de 411 hm ³ equivalente al 7,7% de las aportaciones de agua en Andalucía en 2021	<ul style="list-style-type: none"> • Modernización de los sistemas de regadío • Adopción de prácticas de gestión y monitorización de los cultivos
A2. Disminución de pérdidas de agua en la red	El segmento urbano consume 483 hm ³ de agua (datos 2021), y se estima que las pérdidas en las redes de distribución fueron de un 28%. Este valor es superior en 2,5pp y 7,7pp a las pérdidas por habitante medias de España y Europa.	Medio-Bajo: En el caso de converger con la media de España y Europa en materia de pérdidas en la red de distribución urbana, se reducirían las pérdidas en 14 hm ³ y 36 hm ³ , el equivalente al 0,3% y al 0,7% de la demanda total ¹⁴	<ul style="list-style-type: none"> • Renovación de las infraestructuras de distribución • Mejora de los sistemas de medida y detección de fugas • Aceleración del PERTE de agua
A3. Reducción del consumo urbano	El consumo per cápita en Andalucía es un 3,8% superior al resto de España, cifra que aumenta hasta el 10,3% respecto a Europa	Bajo: En caso de que se convergiera con la media nacional y europea, se ahorrarían 18 y 50 hm ³ , el equivalente al 0,3% y 0,9% de las aportaciones de 2021 en Andalucía	<ul style="list-style-type: none"> • Medidas de concienciación • Instalación de equipamientos más eficientes

Fuente: Análisis PwC basado en datos de Eurostat e INE.

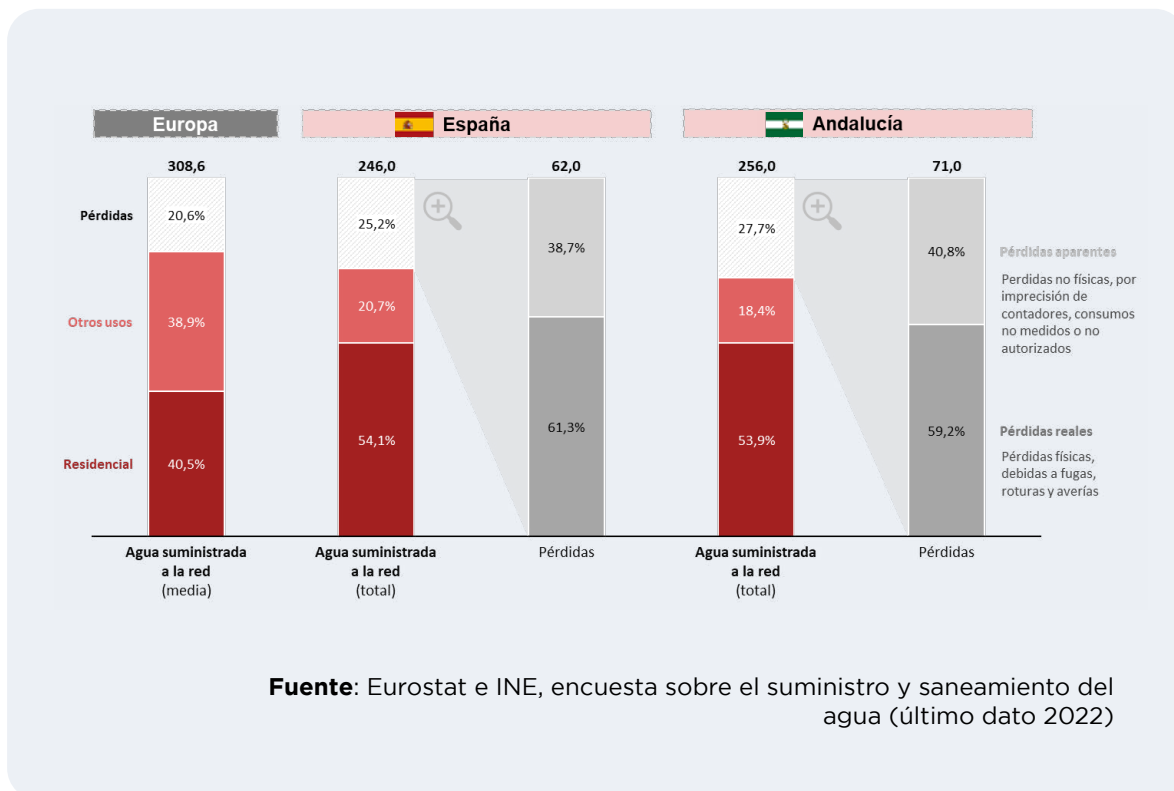
¹⁴ Asumiendo que los datos de la demanda urbana reportadas por las cuencas hidrográficas no excluyen las pérdidas aparentes y reales reportadas

A1. Disminución de pérdidas en la red.

La reducción de pérdidas en el sistema de abastecimiento de agua es una de las medidas con mayor potencial. Se diferencian dos tipos de pérdidas, las reales y las aparentes o comerciales. Las primeras son pérdidas físicas en el volumen de agua, debido a averías, fugas o roturas, que son medibles, como la diferencia entre agua abastecida y consumida. En cambio, las pérdidas aparentes responden a pérdidas por imprecisión de contadores, consumos no medidos o no autorizados. Las pérdidas totales medidas como porcentaje de consumo urbano en España superan a la media europea, y son bastante más elevadas que en otros países como Holanda, Dinamarca o Alemania, cuyos sistemas de distribución son mucho más eficientes. En zonas como Andalucía las pérdidas son incluso mayores, con un margen de mejora de 2,5 p.p. con respecto a la media española.

Figura 17

Volumen de agua suministrada a la red (litros/hab./año)



A2. Reducción del consumo en el sector agrícola.

En la actualidad, el sector agrícola en España, y en particular en Andalucía, enfrenta desafíos considerables relacionados con la disponibilidad de recursos hídricos. Esto ha llevado a que España esté a la vanguardia en sistemas de irrigación, especialmente en áreas como Andalucía o Murcia, donde la escasez y los largos periodos de sequía afectan gravemente al déficit hídrico de estas regiones, incentivando la aplicación de este tipo de sistemas.

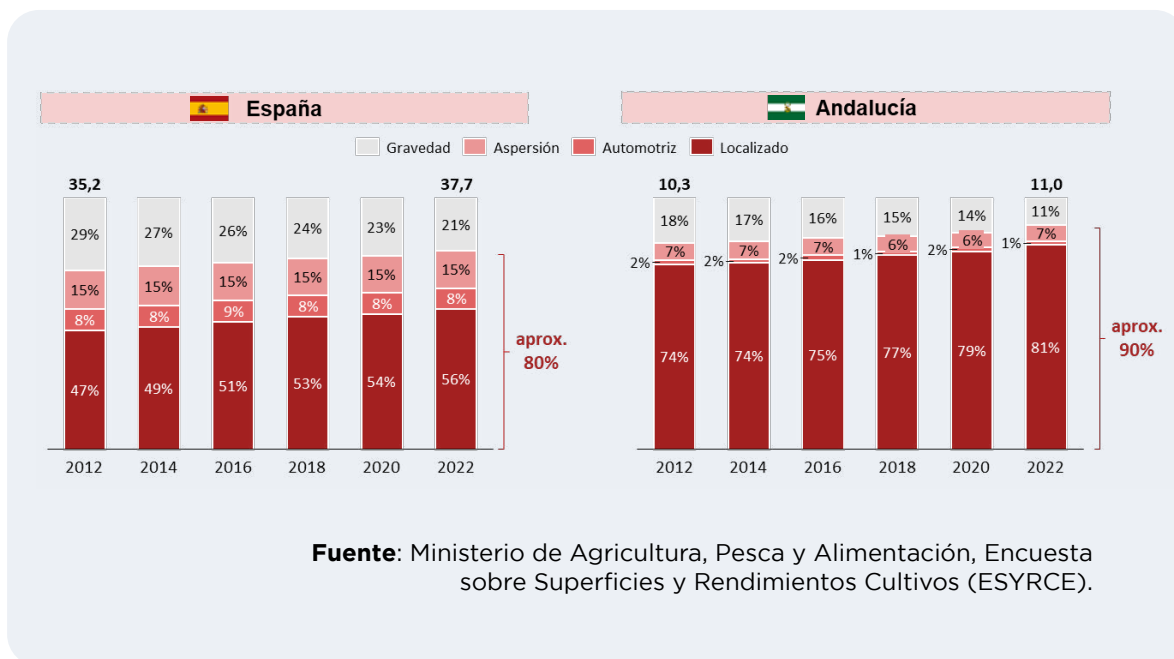
En España, aproximadamente el 80% de la superficie total de riego contiene estos sistemas de riego eficientes (riego localizado o por goteo, por aspersión y automotriz). En el caso particular del riego localizado (la técnica más eficiente de todas las anteriores), España se posiciona como uno de los países del mundo más avanzados, con un 56% de la superficie de regadío que utiliza esta técnica. Este sistema, que favorece la minimización de las pérdidas por evaporación y escorrentía, facilita un uso óptimo de los recursos hídricos, pudiendo reducir entre un 40 y 60% el consumo de agua.

En Andalucía, los datos de eficiencia en el uso de agua ofrecen aún mejores resultados. Casi el 90% del agua se suministra mediante sistemas de riego eficiente, 10 puntos porcentuales por encima de la media nacional. En el caso de riego localizado, la diferencia es aún más favorable, con una superficie cubierta por esta técnica del 81% del total. Así, Andalucía se posiciona como una de las regiones que más conoce y se esfuerza por aplicar las técnicas más eficientes en cuanto a uso de agua.



Figura 18

Superficie total irrigada por tecnología de irrigación (millones de ha.)



A medida que estos sistemas se desarrollen, las zonas de cultivo con técnicas poco eficaces irán transformándose hacia grandes superficies de riego eficiente, haciendo posible una reducción del uso de agua, así como una maximización de la producción. En base a los datos publicados en la EUASA en 2018, se estima que los sistemas de riego localizado en España consumen un 42% menos de agua por hectárea cultivada que por sistema de gravedad (3.715 m³ vs 3.267 m³, respectivamente). De tener toda superficie de regadío con sistemas de riego localizado instalado, Andalucía podría reducir su consumo de agua hasta 411 hm³. Aun así, dado el nivel de avance hacia la transición de sistemas de regadío más eficientes, el potencial de esta mejora de infraestructura en el corto plazo es limitado.

A3. Reducción del consumo urbano.

Las campañas de concienciación sobre el gasto de agua y las mejoras en los electrodomésticos, que consumen cada vez menos agua, han supuesto

una mejora notable en el consumo urbano en general. En el caso de España, el consumo urbano supone un 12% del total, en línea con el resto de los países europeos. En Andalucía, este consumo se posiciona en el segundo lugar en volumen de agua demandada, con el 8% de la demanda total, solo por detrás de los usos agrícolas.

En términos de volumen, el consumo per cápita de agua de los hogares españoles se sitúa en mínimos históricos (133 litros por habitante al día frente a los 162 litros en el año 2006). En el caso de Andalucía, la cifra se sitúa algo por encima de la media nacional, unos 138 litros por habitante al día. Esto supone que la región tiene aún margen de mejora en lo que respecta al consumo de agua por habitantes (concretamente, un 3,8% con respecto a la media nacional). Si comparamos estas cifras con el resto de Europa (125,1 litros por habitante al día), el margen de mejora sería aún mayor, cercano a un 10,3%.

Esta reducción se puede conseguir por medio de campañas de concienciación, mejora de la eficiencia de los sistemas y aparatos con consumo de agua. Sin embargo, hay que tener en cuenta que el mayor peso del sector de la restauración, y del turismo hacen que de forma estructural el consumo urbano de agua en la región sea mayor.

4.1.2 Medidas encaminadas a incrementar el agua disponible

Las medidas encaminadas a incrementar el agua disponible tienen un mayor potencial para solucionar el problema del déficit hídrico. Además, estas son menos lesivas para sectores económicos intensivos en agua tales como la agricultura, donde Andalucía cuenta con una posición de liderazgo. Estas medidas (denotadas en el documento con la letra B), se agrupan en las siguientes áreas:

B1. Desalación

La inversión en plantas desaladoras presenta un alto potencial en la región, posicionándose como una de las principales soluciones hídricas para las demarcaciones del Guadalquivir y de las Cuencas Mediterráneas Andaluzas. Asimismo, la desalación podría ser una solución

especialmente atractiva en zonas costeras, donde se congregan grandes núcleos poblacionales en la región. En este sentido, parecería razonable considerar el desarrollo de entre 5 y 7 plantas de desalación, las cuales podrían aportar entre 25 y 35 hm³/año de capacidad cada una.

La utilización de plantas desaladoras tiene su foco principal en solventar la escasez puntual de las zonas más tensionadas. Así, se podría considerar como una medida prioritaria para zonas como Doñana o el estuario del Guadalquivir con el objetivo de reducir el déficit hídrico y garantizar el caudal ecológico, y para diferentes zonas con un alto estrés hídrico y densidad poblacional como en la Costa del Sol Oriental y Almería.

B2. Reutilización

En la actualidad, Andalucía se encuentra por detrás de la media española en la reutilización de agua procedente de plantas de depuración. En 2020, Andalucía trató 699 hm³ de aguas residuales (equivalentes al 76% de los 915 hm³ demandados por el abastecimiento urbano en las cuatro principales cuencas), según los datos publicados por el INE. De estas, solo un 5% fue reutilizada, siendo este valor muy inferior a la media de España (11%), y a los niveles observados en otras regiones líderes en esta área, como Murcia (91%), Baleares (45%) o la Comunidad Valenciana (43%). Si se mantuviese este volumen de agua residual tratada (es decir, los 699 hm³/año), pasar a reutilizar el 11% del agua (la media nacional) permitiría aportar 40 hm³ adicionales al año. Igualmente, si se convergiese a los valores de Murcia (líder nacional), se obtendrían unos 602 hm³ adicionales cada año.

Más allá del perímetro del abastecimiento urbano, otra importante oportunidad de reutilización reside en instalaciones industriales con suministros de agua propios ajenos a la red urbana. Se ha de dotar al sector industrial con plena capacidad para poder recircular y regenerar todas sus aguas residuales. Esto incluye no solo el reaprovechamiento propio del agua usada en procesos industriales, sino también por terceros en calidad de “recursos hídricos no convencionales”. La Ley 9/2010 de Aguas para Andalucía ya recoge, por ejemplo, el uso de ciertos efluentes como fertilizante agrícola sin que estos tengan la consideración de

vertido. Cabe analizar y ampliar el cuerpo legislativo para dar cabida a otros vertidos de agua que puedan ser reutilizados sin perjuicio para el medio ambiente u otras industrias.

B3. Regulación

Dada la dificultad para abordar los proyectos de regulación clásicos (por ejemplo, embalses), podríamos considerar que el potencial de esta alternativa es más limitado para la región, si bien podría ser conveniente valorarla desde una perspectiva técnica. Un área de interés es el fomento de la instalación de balsas privadas en explotaciones agrícolas. Para ello, se debe agilizar el proceso de los procedimientos administrativos a los agricultores (establecer tiempos de respuesta) y simplificar la regulación para la obtención de permisos de construcción de balsas, así como establecer ayudas o créditos preferenciales para la construcción de balsas (reduciendo así la carga financiera para los agricultores).

B4. Transferencias

En el pasado, se han logrado llevar a cabo proyectos de trasvases como i) la conexión del río Guadiaro hacia Guadalete, en Cádiz, ii) conexión Tinto-Odiel-Piedras hacia Matalascañas, en Doñana, o iii) la conexión Tajo hacia Segura, en Almería. Sin embargo, la complejidad de ejecutar proyectos de trasvases y las fricciones políticas, sociales y territoriales existentes, hace que no se consideren como una solución prioritaria para el incremento del agua disponible en la región en el corto y medio plazo.

Las transferencias por medios no convencionales, mediante barco, tren o camión, son alternativas posibles pero muy limitadas en el volumen de agua transferible y con numerosas complejidades técnicas, organizativas y con un gran impacto en costes.

4.1.3 Conclusiones

Una vez analizadas las diferentes medidas, se puede concluir que el problema de disponibilidad de agua se puede gestionar a través del

desarrollo de diferentes infraestructuras que incrementen o bien la oferta de agua, o bien la eficiencia en su consumo.

Del lado de la gestión eficiente destacan, por su potencial, la inversión en sistemas de regadío y la mejora de las redes de distribución, tanto de alta para el sector agrícola como de baja en el ciclo urbano.

Por el lado de la oferta, el fomento de la reutilización del agua depurada y la instalación de capacidad de desalación son las soluciones más atractivas por su potencial y capacidad para movilizar recursos en el corto-medio plazo.

Las medidas presentadas en las secciones anteriores se recogen en la siguiente tabla:

Tabla 7: Resumen de las medidas presentadas (medidas A1- A3 y B1-B4)

Grupo	Medidas	Potencial	% sobre déficit hídrico (2021)
A. Medidas encaminadas a lograr un consumo más eficiente	A1. Reducción del consumo bruto en el sector agrícola	411 hm ³ /año	100%
	A2. Reducción de pérdidas de agua en la red urbana	36 hm ³ /año	8,8%
	A3. Reducción del consumo urbano	50 hm ³ /año	12%
B. Medidas encaminadas a incrementar el agua disponible	B1. Aumentar capacidad desalación	180 hm ³ /año	44%
	B2. Reutilización	40 a 603 hm ³ /año	10% a 147%
	B3. Regulación	Bajo	No significativo
	B4. Transferencias	Bajo	No significativo

Fuente: Análisis PwC basado en datos de Eurostat, INE y ESYRCE.

Sin embargo, el despliegue de estas medidas está condicionado a la existencia de un marco político, normativo y regulatorio que resulte favorable para el sector del agua de la región. Actualmente, la gestión del agua en España está supeditada a un marco de gobernanza que frena las inversiones y lastrando la puesta en marcha de medidas, frenando en el proceso el desarrollo del sector del agua.

4.2 Mejoras en materia de gobernanza y gestión del agua

4.2.1 Retos del marco regulatorio actual en materia de agua

Una de las piezas clave para lograr solucionar el problema de disponibilidad de recursos hídricos es el marco regulatorio y el modelo de gobernanza. En esta sección se presentan de una serie de medidas que parten del diagnóstico de un conjunto de retos que mostramos a continuación.

Tabla 8: Retos y objetivos en materia de agua en el contexto del marco regulatorio actual

Retos	Evidencia
Complejidad administrativa y de competencias	Existe un elevado número de actores públicos que se reparten las competencias en materia de administración del agua. En concreto, la normativa se encuentra dispersa tanto en el ámbito comunitario, como estatal, autonómico y local, existiendo más de 8.000 interlocutores.
Alta dispersión de cánones y tarifas	En España, existen más de 30 cánones distintos, existiendo una gran variedad en número, tipología y cuantía. Además, hay una alta dispersión en concepto de tarifas entre CCAA y municipios. En un gran número de ocasiones estas diferencias no atienden a cuestiones técnicas
Incumplimiento del principio de recuperación de costes	España es uno de los pocos países de la UE en la que las tarifas de agua no permiten cubrir la totalidad de los costes de operación del sistema. Esta situación vulneraría el principio de recuperación de costes fijado por la directiva marco del agua.

Fuente: Fuente: Análisis PwC.

La respuesta a estos retos debe articularse por medio de una nueva regulación que blinde los siguientes seis principios básicos:

Tabla 9: Principios para afrontar los objetivos y retos del marco regulatorio actual

Principio	Descripción
I. Transparencia	El principio de transparencia busca incrementar la transparencia en la actividad pública, mejorar el acceso a la información y establecer obligaciones de buen gobierno.
II. Protección al consumidor	La protección al consumidor se fundamenta en potenciar el empoderamiento del mismo, promover la transparencia, supervisar las acciones de los gestores y asegurar la calidad.
III. Unidad de mercado	La unidad de mercado busca la no discriminación, la cooperación entre administraciones, la necesidad de proporcionalidad, la simplificación de cargas y la transparencia.
IV. Recuperación de costes	El principio de recuperación de costes establece que el agua no puede ser gratuita y la gestión debería recuperar la inversión realizada.
V. Fomentar una operación que garantice el acceso al recurso de una forma eficiente	La gestión del agua debe reconciliar las diferentes dimensiones de este recurso. En primer lugar, el agua es un bien público básico por lo que se ha de garantizar el acceso asequible y universal a la población. Adicionalmente el agua tiene una dimensión como recurso económico escaso. Esto implica garantizar una gestión técnica y eficiente. Finalmente, el agua tiene una dimensión medioambiental fundamental para mantener el medio. El eje de una gestión eficiente que asegure la disponibilidad de agua tiene como elemento central la canalización de inversiones que mejoren y desarrollen la infraestructura

Fuente: Análisis PwC.

4.2.2 Detalle de las medidas

A partir de los principios presentados en el punto anterior, en la siguiente tabla se proponen medidas específicas, que han sido agrupadas en cinco categorías:

Tabla 10: Medidas para superar los retos y alcanzar los objetivos identificados en materia de agua

Medida	Descripción	Objetivos implicados
Creación de organismo regulador	Instaurar un ente regulador para el ámbito del agua, asegurando independencia en la toma de decisiones para promover la unidad de mercado, así como garantizar los principios legales sectoriales y mejorar la transparencia en la gestión. Este organismo sería similar a lo implementado en otros sectores, sin alterar la distribución competencial ni el carácter público del servicio.	I. Transparencia II. Protección del consumidor
Desarrollo de una metodología para la fijación de las tarifas de agua	Se propone el establecimiento de una metodología de tarifas que proporcione un marco común a la hora de definir la evolución de las tarifas. Esta medida permitiría alinear a España con la inmensa mayoría de los países con mejores prácticas en gestión del ciclo del agua urbana. Además, el establecimiento de una metodología nacional de tarifas de agua no está reñida con un modelo de competencias descentralizado. Esta medida tendría otros efectos positivos como la de fomentar una gestión eficiente, canalizar inversiones en un contexto de déficit de infraestructuras, y la de garantizar el principio de recuperación de costes	III. Unidad de mercado V. Fomentar una gestión eficiente y técnica del agua
Desarrollo de Fondo Nacional del Agua	El desarrollo de un Fondo Nacional del Agua que financie proyectos de infraestructuras de agua contribuiría a garantizar el cumplimiento del principio de recuperación de costes y podría captar financiación de los mercados y fondos europeos	IV. Recuperación de costes

<p>Revisión de las tasas de retorno para financiación e infraestructuras hídricas</p>	<p>Actualizar la metodología de revisión de las tasas de retorno para la financiación de infraestructuras hídricas, así como atraer a inversores a establecer colaboraciones público-privadas. Para ello, se deberían fijar tarifas y cuotas que aseguren el retorno de la inversión, así como que garanticen el cumplimiento de los planes de recuperación de costes. Esta metodología favorece la transparencia, contribuye a crear unas competencias dentro de unos límites que aseguren la unidad del mercado, y protege al consumidor final gracias a disponer a su alcance las bases de tarifas y cánones</p>	<p>V. Fomentar una gestión eficiente y técnica del agua</p>
<p>Agilización de los procesos del PRTR</p>	<p>Tomar medidas en la agilización de los procesos del PRTR, eliminando los cuellos de botella. Algunas medidas operativas y legales concretas incluyen (i) externalizar la asistencia técnica para la preparación de pliegos, (ii) facilitar la participación privada en la propuesta de contratos financiados a cargo al PRTR, (iii) promover la licitación conjunta para la realización del proyecto y la ejecución de obra, (iv) eximir la motivación de necesidad de contrato y la programación de contratación pública, (v) introducir la aprobación condicionada del expediente de contratación en supuestos de preceptiva EIA (Evaluación de Impacto Ambiental) o (vi) promover la Unidad administrativa para la aceleración de proyectos</p>	<p>V. Fomentar una gestión eficiente y técnica del agua</p>

Fuente: Análisis PwC.

4.3 El agua en los procesos para la transición energética

4.3.1 El rol de Andalucía en el camino a la descarbonización y la transición ecológica en España

Andalucía desempeña un papel fundamental para la transición hacia la sostenibilidad ecológica de toda España debido a los siguientes motivos:

- i. Andalucía cuenta con una abundancia de recursos naturales (sol, viento, biomasa, geotermia, etc.) que favorecen la generación y producción de energía sostenible. La generación de energía a partir de fuentes renovables está creciendo y, en 2022, ya supuso el 46% de la generación de energía eléctrica total de la comunidad. En ese mismo año, Andalucía fue la segunda CCAA con mayor generación renovable en España, con un 14,3% del total nacional (solo por detrás de Castilla y León). Andalucía es también la tercera CCAA con mayor potencia instalada renovable en España, con un total de 9.811 MW verdes. Asimismo, la región andaluza fue la que más aumentó la potencia solar fotovoltaica, sumando 1.123 MW nuevos, aglutinando así el 21 % del total nacional.
- ii. La extensa superficie disponible en Andalucía proporciona un entorno propicio para la implementación de proyectos ecológicos a gran escala. Como referencia, la densidad de población en las provincias de Jaén, Huelva, Córdoba y Granada es de 46, 52, 56 y 73 habitantes por km², respectivamente. Estos valores son muy inferiores a la media española (94) y europea (109).
- iii. Andalucía alberga un tejido industrial sólido, con presencia de empresas líderes en tecnologías verdes.
- iv. La existencia de hubs de conocimiento potencia la capacidad de investigación y desarrollo en el campo de la transición energética. La comunidad cuenta con marcos institucionales de colaboración y con clústeres como (a) el CLANER (Clúster Andaluz de Energías Renovables), o (b-i) el Clúster Andaluz del Hidrógeno y (b-ii) la Mesa del Hidrógeno de Andalucía, los cuales incentivan la colaboración público-privada para impulsar el desarrollo industrial de tecnologías clave como hidrógeno.
- v. El compromiso de las autoridades locales y regionales con la transición ecológica se refleja en las políticas de apoyo e incentivos para iniciativas sostenibles adoptadas a la propia región. La máxima expresión de esta voluntad política ha sido la aprobación de la Estrategia Energética de Andalucía 2030 por parte del Consejo de Gobierno de la Junta de Andalucía. El texto persigue impulsar la transición hacia un modelo energético neutro en carbono y más eficiente. La estrategia se alinea con las Directrices Energéticas de Andalucía y establece una serie de objetivos a 2030 entre los cuales

destacan: (a) el incremento de la generación de origen renovables, hasta suponer, al menos, el 75% del mix eléctrico, (b) la reducción del consumo de derivados de petróleo en el transporte, como mínimo un 30% respecto a 2019 o (c) el incremento de las infraestructuras energéticas en un 22%.

Como se discutirá a continuación, el agua es un elemento clave en el despliegue de tecnologías renovables. Por ello, a largo plazo, la gestión sostenible de los recursos hídricos no solo es esencial para el equilibrio ambiental, sino que también está ligada a proyectos energéticos de vanguardia y a la transición energética en su conjunto.

4.3.2 La importancia del agua en la transición ecológica

El agua emerge como un componente esencial para la transición energética ya que es un recurso crítico e indispensable para el desarrollo de múltiples tecnologías clave como el almacenamiento a través de centrales de bombeo, y el desarrollo del hidrógeno verde.

La siguiente tabla resume la importancia del agua en los dos vectores facilitadores más importantes para la transición energética:

Tabla 11: Importancia del agua para la transición energética

Vector	Importancia del agua
1. Generación hidroeléctrica y bombeo	<p>Andalucía ocupa un rol central en el despliegue de energías renovables en España debido a (i) su abundancia de recursos naturales, (ii) extensa superficie disponible, (iii) sólido tejido industrial, (iv) el desarrollo de <i>hubs</i> de conocimiento e investigación y (v) el compromiso de las autoridades locales y regionales. Actualmente, Andalucía es la segunda CCAA con mayor producción renovable con respecto al total nacional.</p> <p>Estas tecnologías presentan, de forma intrínseca, un alto grado de intermitencia intra-diaria e intra-anual en su producción de energía. Por ello, el almacenamiento de energía es uno de los ejes centrales de la descarbonización de la generación de energía eléctrica. En esta línea, las instalaciones de almacenamiento por bombeo de agua destacan frente a otras tecnologías por su alta densidad energética y su alta potencia pico.</p>

<p>2. Hidrógeno verde</p>	<p>Ciertos usos energéticos (como algunas aplicaciones industriales de alta temperatura o la quema de combustibles en entornos que requieran una alta densidad energética) son difícilmente electrificables. Para estos casos, la descarbonización ha de articularse por medio del uso de combustibles renovables. Entre todos ellos, destaca el hidrógeno verde debido a la ubicuidad de su origen primario: el agua.</p> <p>El hidrógeno puede ser obtenido mediante la electrólisis del agua, que separa la molécula (H₂O) en los gases de oxígeno (O₂) e hidrógeno (H₂). Este proceso requiere entre 60 y 95 litros de agua por cada kg de hidrógeno producido¹⁵, por lo que un pleno despliegue de un tejido industrial basado en el H₂ requeriría de un consecuente aumento de la disponibilidad de agua.</p>
----------------------------------	--

Fuente: Análisis PwC.

A. Almacenamiento por bombeo

La estructura de generación de energía renovable en España para el año 2022 muestra que las mayores fuentes son: eólica (42%) y solar (31%). Estas energías son difíciles de gestionar, dado su carácter intermitente. Surge así la necesidad de dotar al sistema de una mayor capacidad de almacenamiento para gestionar esta discontinuidad en la producción. El almacenamiento a través de centrales de bombeo es una opción muy relevante por su escala y potencial, y se complementa con otras tecnologías como las baterías. El PNIEC prevé una capacidad de bombeo para el año 2030 de 9,5GW, casi tres veces más que la capacidad actual de 3,3 GW, subrayando la apuesta de la industria y las administraciones por esta tecnología.

B. Hidrógeno verde

Los planes de descarbonización actuales no pueden perder de vista el hidrógeno verde como vector esencial. En este punto, la UE fijó un

¹⁵ Se incluyen no sólo los 9-10 litros de agua que se necesitarían según las proporciones en la reacción química, sino también una cantidad de agua para otros factores relacionados con el suministro y el efluente (por ejemplo: la refrigeración del sistema, el tratamiento del agua bruta y la eliminación del efluente residual).

ambicioso objetivo de implementación de hidrógeno en marzo de 2022 con REPowerEU. Adicionalmente, la Directiva de Energías Renovables establece que el 42,5% del hidrógeno industrial debe ser verde en 2030, indicando un aumento significativo en la demanda de productos sostenibles.

Los mercados de producción más atractivos para el hidrógeno verde son aquellos que cuentan con fuentes renovables abundantes y de bajo coste. España, dada su situación geográfica y abundancia de recursos renovables y de espacio, se encuentra muy bien situada, por lo que se espera que pueda no solo satisfacer su demanda interna, si no convertirse en uno de los grandes exportadores de hidrógeno verde de Europa. De esta forma, se espera que España genere 2 millones de toneladas anuales para 2030, representando un 20% de la producción prevista por la Unión Europea.

A finales de 2022, gracias al apoyo del Gobierno, se aprobó las ayudas para proyectos de hidrógeno a partir de los fondos Next Generation, donde Andalucía fue la región más favorecida, recibiendo casi el 30% de los fondos concedidos a proyectos pioneros y el 45% de los fondos aprobados a proyectos con impacto en la cadena de valor.

Adicionalmente, grandes multinacionales energéticas ya han declarado su interés en Andalucía, como Cepsa, que invertirá más de 3.000 millones de euros en el mayor proyecto de hidrógeno verde de Europa en las ciudades portuarias de Algeciras y Huelva. A través de este proyecto, se estima que producirá 300.000 toneladas de hidrógeno verde al año.

La producción se realiza a partir de procesos de electrólisis, que consume entre 60 y 95 litros de agua por kg producido (más de un 30% menos que el hidrógeno azul, es decir, el obtenido a partir de gas natural). Esta cifra incluye los 9-10 kg requeridos para la reacción química, además de la necesaria para refrigeración y tratamiento de agua bruta.

Todo ello hace que la región se enfrente a otros desafíos adicionales, como el suministro de agua limpia para la obtención de hidrógeno. En este caso, potenciales soluciones innovadoras serían el uso de

aguas residuales o la implementación de tecnologías de desalinización sostenibles, lo que podría garantizar el suministro de agua para la producción de hidrógeno.

Por todo lo anterior, la mejora en la gestión del agua de la región será clave en el desarrollo de esta incipiente industria, que se caracteriza por unos estándares de calidad de agua empleada muy elevados y la necesidad de un suministro continuo de este recurso durante todo el proceso de producción.

Metodología

Importancia económica del agua e índice de criticidad del agua por sector

La estimación de la importancia del agua para sostener la actividad económica de Andalucía, y en particular para los diferentes sectores, se ha obtenido a partir de un índice elaborado para el caso particular de la región. Este índice se obtiene mediante la combinación de diferentes fuentes de información, las cuales permiten aproximar la incidencia que los recursos hídricos presentan sobre las diferentes actividades económicas.

Para la elaboración del índice se parte de una desagregación de 80 sectores económicos procedente de las tablas macroeconómicas input-output elaboradas por el Instituto de Estadística de Andalucía. Para estos sectores económicos se calcula el peso que tiene el uso de agua, tanto en volúmenes como en valor económico, sobre la producción final de estos. Por otro lado, se analiza individualmente para cada sector la exposición que presentan al agua para la continuación de su actividad. Para este último punto se tiene en cuenta, entre otros, la metodología elaborada por Naciones Unidas y los datos de Encore Nature.

Para alcanzar un índice de criticidad de los recursos hídricos que tenga en cuenta ambas fuentes de información, peso del agua por sector y exposición a esta, se utiliza la siguiente fórmula:

$$\text{Índice de criticidad}_i = \frac{\frac{\text{peso del uso de agua}_i + \text{peso del gasto en agua}_i}{2} + \text{exposición al agua}_i}{8}$$

Donde tanto el peso del uso de volumen de agua como el peso del gasto en agua se divide en cuatro percentiles y la exposición al agua está organizado en cuatro clasificaciones (del 1 al 4, siendo la más alta la de mayor exposición). El resultado es un valor entre 0 y 1, donde un valor mayor indica una mayor criticidad del agua para la actividad del sector i-esimo.

Impacto socioeconómico del déficit hídrico

En este estudio se han estimado los impactos socioeconómicos del déficit hídrico de Andalucía para diferentes escenarios. Estos escenarios se han obtenido analizando los datos históricos de escasez de las diferentes confederaciones hidrográficas.

Para la estimación de los impactos directos, indirectos y tractores, tanto en PIB como en empleo, se utilizan las tablas input-output de Andalucía de 2022. Esta se ha obtenido a través de la actualización de las tablas input-output de 2015 publicadas por la Junta de Andalucía, mediante la construcción primero de la tabla de contabilidad social *SAM* y posteriormente aplicando técnicas de actualización *RAS* y *Cross Entropy*.

Los modelos input-output son una técnica estandarizada y ampliamente utilizada para la realización de estudios de impacto económico. Estos están basados en el modelo de demanda de *Leontief* y el modelo de oferta de *Ghosh*, los cuales consideran que los requisitos de producción de una economía equivalen a la demanda y oferta intermedia de bienes y servicios de los sectores productivos más la demanda final. Para el modelo de *Leontief* la economía se expresa de la siguiente forma:

$$X=AX+y$$

donde X es un vector columna que representa las necesidades de producción de cada sector de la economía (un total de 80 en la Contabilidad Regional de Andalucía), y y es un vector columna que representa la demanda final de cada sector, y A es una matriz (80 filas x 80 columnas), denominada de coeficientes técnicos, que por filas indica para cada sector en concreto el porcentaje de su producción que se destina a cada uno de los restantes sectores de la economía, y por columnas indica también para cada sector el peso sobre su producción de los bienes y servicios que demanda de cada uno de los restantes sectores de la economía. La expresión anterior puede verse también de la siguiente forma:

$$\begin{bmatrix} X_1 \\ X_2 \\ X_3 \\ \dots \\ X_{80} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} & a_{13} & \dots & a_{180} \\ a_{21} & a_{22} & a_{23} & \dots & a_{280} \\ a_{31} & a_{32} & a_{33} & \dots & a_{380} \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ a_{801} & a_{802} & a_{803} & \dots & a_{8080} \end{bmatrix} \mathbf{X} + \begin{bmatrix} X_1 \\ X_2 \\ X_3 \\ \dots \\ X_{80} \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} y_1 \\ y_2 \\ y_3 \\ \dots \\ y_{80} \end{bmatrix}$$

donde, p.ej., X_1 son las necesidades de producción del sector 1, y_1 es la demanda final de este mismo sector y, $a_{11}, a_{12}, a_{13}, \dots, a_{180}$ son los porcentajes de la producción del sector 1 que se destina a, respectivamente, los sectores 1, 2, 3, ..., 80, mientras que $a_{11}, a_{21}, a_{31}, \dots, a_{801}$ son los pesos sobre la producción del sector 1 de los bienes y servicios demandados, respectivamente, de los sectores 1, 2, 3, ..., 80.

Reordenando la expresión anterior, se pueden calcular las necesidades de producción de una economía (X) a partir de la demanda final (y) que ésta tiene que atender de la siguiente forma:

$$X = (I - A)^{-1} y$$

Donde $(I - A)^{-1}$ es la matriz inversa de *Leontief* o matriz de multiplicadores de demanda que se utiliza para calcular los impactos indirectos.

De manera similar a la anterior se procede con el modelo de oferta de *Ghosh*, donde como resultado de este se obtiene la matriz inversa de *Ghosh* o multiplicadores de oferta que son utilizados para el cálculo de los impactos tractores.

Para el caso de este estudio, se obtienen las matrices de multiplicadores de producción a partir de los datos publicados por el Instituto de Estadística de Andalucía (tabla input-output 2015) y que se han actualizado al año 2022, como se ha indicado al inicio. Estas matrices permiten, partiendo de un impacto directo, obtener el impacto indirecto y tractor sobre la producción de los diferentes sectores de actividad.

A partir de los impactos en producción se procede a poner estos en términos de PIB y de empleo utilizando las ratios de PIB/producción y empleo/producción. Para ello, utilizando datos del Instituto de Estadística de Andalucía, se calculan, para cada sector, los coeficientes directos de PIB y empleo. Finalmente se procede a obtener el impacto total sobre estas variables multiplicando los impactos en producción por las ratios computados.

Referencias

Cardenete M. A., Beltrán L.D. y Villegas P. (2023). The drought in Andalusia: Analysis of the economic impact and evaluation of the SOS plan. https://iioa.org/conferences/29th/papers/files/4495_Fullpaper_IIOA_ThedroughtinAndalusia.pdf

Encore Nature, Exploring Natural Capital Opportunities, Risks and Exposure. Visitado en diciembre de 2023. <https://encorenature.org/en>

ESPON-TITAN (2021). Impactos territoriales de los desastres naturales, Estudio de caso: región de Andalucía. Unión Europea, Junio 2021. <https://www.espon.eu/participate/espon-your-country/spain/impactos-territoriales-de-los-desastres-naturales-regi%C3%B3n-de>

Junta de Andalucía, portal ambiental. Visitado en diciembre de 2023. <https://www.juntadeandalucia.es/medioambiente/portal/areas-tematicas/agua/recursos-hidricos>

Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico. Planes especiales de Sequía. Visitado en diciembre de 2023. <https://www.miteco.gob.es/es/agua/temas/observatorio-nacional-de-la-sequia/planificacion-gestion-sequias.html>

Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico. Planes hidrológicos de cuenca. Visitado en diciembre de 2023. <https://www.miteco.gob.es/es/agua/temas/planificacion-hidrologica/planificacion-hidrologica/planes-cuenca.html>

Ministerio para la transición ecológica y el reto demográfico. Visitado en diciembre de 2023. <https://www.miteco.gob.es/es/agua/temas.html>

PwC (2011). The true value of water, best practices for managing water risk and opportunities. <https://www.pwc.com/gx/en/sustainability/publications/assets/pwc-the-value-of-water.pdf>

United Nations environment programme (2022). Nature Risk Profile: A methodology for profiling nature related dependencies and impacts. Cambridge, United Kingdom. <https://www.unep.org/resources/publication/nature-risk-profile-methodology-profiling-nature-related-dependencies-and>

World Economic Forum (2020). Nature Risk Rising: Why the Crisis Engulfing Nature Matters for Business and the Economy. January 2020. <https://www.weforum.org/publications/nature-risk-rising-why-the-crisis-engulfing-nature-matters-for-business-and-the-economy/>

WWF (2023). High cost of cheap water, the true value of water and freshwater ecosystems to people and planet. World Wide Fund For Nature (Formerly World Wildlife Fund), Gland, Switzerland, October 2023. <https://www.worldwildlife.org/publications/high-cost-of-cheap-water-the-true-value-of-water-and-freshwater-ecosystems-to-people-and-planet>



FINANCIADO POR



COLABORAN

