Informe C

La sequía en España

Introducción 1

Radiografía de la sequía en España 2

El riesgo de sequía: un enfoque sistémico 2

El clima y el riesgo de sequía 3

Disponibilidad y presión sobre los recursos hídricos 4

Aguas superficiales: el recurso de referencia 5

Aguas subterráneas: el recurso invisible 6

Gobernanza del agua y la sequía hidrológica 6

Impactos de la sequía: un alcance multidimensional 8

Estimación de los efectos de la sequía: un asunto pendiente 8

Impactos directos, indirectos, en cascada y en bucle 9

Sectores socioeconómicos y sequía 9

Agricultura 10

Ganadería 10

Medio ambiente 10

Abastecimiento urbano 11

Energía 11

Turismo 12

Industria 12

Transporte 13

Salud 13

Adaptación y resiliencia a la sequía 13

Medidas de gestión sobre las fuentes de agua disponible 14

Garantizar el buen estado de las masas de agua: la misión europea 14

Gestión de infraestructuras hidráulicas 16

Fuentes de agua no convencionales 17

Medidas de gestión de los usos del agua y del territorio 19

Mejora en la eficiencia del uso del agua 19

Prácticas agrícolas y ganaderas para un uso sostenible del agua y el suelo 20

Gestión forestal 22

Medidas de gobernanza 22

Sistemas de monitorización de sequías, sus impactos y alerta temprana 22

Instrumentos económicos y de regulación 23

Participación ciudadana y comunicación de la sequía: la fuerza de lo colectivo 24

Actuaciones dentro de un escenario de sequía 25

Mirada al futuro 25

Ideas fuerza 26

Bibliografía I - X

Cómo citar este informe:
Oficina de Ciencia y Tecnología del Congreso de los Diputados (Oficina C). Informe C. La sequía en España. (2025) www.doi.org/10.57952/t3g8-n856

Personal experto consultado (por orden alfabético)

Berbel, Julio[1]. Catedrático en el departamento de Economía Agraria, Universidad de Córdoba.

Broekman, Annelies[1]. Investigadora en el grupo de Agua y Cambio Global, Centro de Investigación Ecológica y Aplicaciones Forestales (CREAF).

Camarero, Jesús Julio[1]. Profesor de investigación, Instituto Pirenaico de Ecología (IPE-CSIC).

Caño, Ana. Investigadora distinguida en el Centro de Investigación en Agrigenómica (CRAG).

de Bustamante Gutiérrez, Irene[1]. Profesora del departamento de Geología, Geografía y Medio Ambiente, Universidad de Alcalá. Directora del Instituto de Investigación IMDEA Agua.

De Stefano, Lucía[1]. Profesora titular en la Facultad de Ciencias Geológicas, Universidad Complutense de Madrid. Directora adjunta del Observatorio del Agua de la Fundación Botín.

Domingo-Marimon, Cristina[1]. Investigadora del grupo de Métodos en Teledetección y Sistemas de Información Geográficos (GRUMETS), Centro de Investigación Ecológica y Aplicaciones Forestales (CREAF).

Gallart Gallego, Francesc[1]. Profesor de investigación "ad honorem" en el grupo de Hidrología Superficial, Ecología y Erosión en el Instituto de Diagnóstico Ambiental y Estudios del Agua (IDAEA-CSIC).

Garrido, Alberto[1]. Catedrático de universidad, Universidad Politécnica de Madrid. Director del Observatorio del Agua de la Fundación Botín.

Hernandez-Mora, Nuria[1]. Fundación Nueva Cultura del Agua, miembro de la Junta Rectora del Patronato.

Intrigliolo Molina, Diego[1]. Director del Centro de Investigaciones sobre Desertificación (CIDE-CSIC-UV-GVA). Investigador científico en el grupo de Agua y Cultivos del CIDE-CSIC-UV-GVA.

Merete Tallaksen, Lena. Profesora titular en el departamento de Geociencias, Universidad de Oslo.

Pérez Blanco, Carlos Dionisio[1]. Investigador R4, IMDEA Agua.

Pita López, María Fernanda[1]. Profesora titular de Geografía Física de la Universidad de Sevilla. (Jubilada)

Polo Gómez, María José[1]. Catedrática de Ingeniería Hidráulica, Universidad de Córdoba.

Prat Fornells, Narcís[1]. Profesor Emérito de Ecología, Universidad de Barcelona.

Pulido Velázquez, David[1]. Profesor de investigación, departamento de Aguas y Cambio Global, Instituto Geológico y Minero de España (IGME-CSIC).

Romero Trigueros, Cristina[1]. Científica titular, departamento de Agua y Producción Vegetal, Centro de Edafología y Biología Aplicada del Segura (CEBAS-CSIC).

Sauri Pujol, David[1]. Catedrático de Geografía Humana, Facultad de Filosofía y Letras, Universidad Autónoma de Barcelona.

Toreti, Andrea[1]. Investigador principal del grupo de sequía, Centro Común de Investigación (JRC) de la Comisión Europea. Coordinador del Observatorio Europeo y Global de la Sequía del Servicio de Gestión de Emergencias Copernicus.

Vargas Molina, Jesús[1]. Profesor permanente laboral del departamento de Geografía, Universidad de Málaga. Portavoz del Observatorio Ciudadano de la Sequía.

Vicente Serrano, Sergio[1]. Profesor de investigación en el laboratorio de Climatología y Servicios Climáticos, Instituto Pirenaico de Ecología (IPE-CSIC).

EQUIPO C (por orden alfabético)

Este informe ha sido liderado por:

Maite Iriondo de Hond. Técnica de evidencia científica y tecnológica.

El equipo de trabajo está compuesto por:

Coordinación

Ana Elorza. Coordinadora de la Oficina C en la Fundación Española para la Ciencia y la Tecnología.

Pedro Peña. Letrado de las Cortes Generales. Director de Estudios, Análisis y Publicaciones.

Equipo técnico

Bárbara Cosculluela. Letrada de las Cortes Generales. Jefa del Departamento de Asuntos Europeos.

Cristina Fernández-García. Técnica de conexión con la comunidad científica y la sociedad.

Sofía Otero. Técnica de evidencia científica y tecnológica.

Jose L. Roscales. Técnico de evidencia científica y tecnológica.

Equipo en prácticas

Alejandro Albarrán. Técnico en prácticas de la Oficina C.

Rosario González-Moya. Técnica en prácticas de la Oficina C.

Valeria Martín. Técnica en prácticas de la Oficina C.

Método de elaboración

Los Informes C son documentos breves sobre los temas seleccionados por la Mesa del Congreso que contextualizan y resumen la evidencia científica disponible para el tema de análisis. Además, recogen las áreas de consenso, disenso, las incógnitas y los debates en curso. El proceso de elaboración se basa en una revisión bibliográfica detallada, complementada con entrevistas a personas expertas en la materia y revisión por su parte. La Oficina C colabora con la Dirección de Documentación, Biblioteca y Archivo del Congreso de los Diputados en este proceso.

La elaboración y contenido de los informes es responsabilidad de la Oficina C, que se encarga de su redacción y edición. La información contenida refleja el estado del conocimiento en el momento de su publicación. Aunque se procura la máxima precisión, los documentos no se actualizan de forma sistemática para incorporar cambios posteriores en la evidencia disponible o en el contexto político y social. Para la redacción del presente informe la Oficina C ha referenciado 320 documentos y consultado a un total de 22 personas expertas en la materia. Se trata de un grupo multidisciplinar en el que el 32 % pertenece a las ciencias sociales (geografía y economía), el 45 % pertenece a las ciencias de la vida (ecología, hidrología, geología, ciencias ambientales y biología) y el 23 % a ciencias físicas e ingeniería (climatología, matemáticas, ingeniería agronómica e ingeniería hidráulica). El 91 % trabaja en centros o instituciones españolas mientras que el 9 % lo hace en una institución extranjera.

[1] Especialistas que también han participado en la revisión total o parcial del informe.

CONGRESO DE LOS DIPUTADOS
FECYT INNOVACIÓN

Resumen C

El informe en 5 minutos

Relevancia

La sequía es un fenómeno natural y recurrente, que en España se combina con un clima predominantemente semiárido en varias regiones y con precipitaciones irregulares y escasas. A ello se suma la elevada presión sobre los recursos hídricos debido a las demandas actuales de agua, lo que resulta en una escasez estructural que aumenta su vulnerabilidad en episodios de sequía y compromete su disponibilidad para mantener el funcionamiento de los ecosistemas, conservar la biodiversidad y sostener las actividades socioeconómicas que sustentan el desarrollo social y el bienestar.

Históricamente, la sequía ha marcado el desarrollo socioeconómico del país, con episodios documentados desde la antigüedad que han provocado crisis agrícolas y demográficas. En la actualidad, los aprendizajes de las sequías han convertido a España en un referente internacional en la gestión de sequías, tanto a escala de parcela como de cuenca hidrográfica. No obstante, su alta vulnerabilidad la sitúa también como uno de los países europeos más afectados por este fenómeno, especialmente en el sector agrario.

La sequía: un fenómeno hidroclimático complejo

La sequía es un fenómeno complejo y multidimensional, caracterizado por un periodo prolongado de baja disponibilidad de agua respecto a las condiciones medias de una zona. Se trata de una anomalía temporal, influida principalmente por la disminución de precipitaciones. En los últimos años destaca el papel creciente del incremento de temperaturas y de la consecuente demanda evaporativa de la atmósfera en la severidad de los periodos secos. No debe confundirse con la escasez de agua, que es una situación temporal o crónica derivada de un exceso de demanda de agua con respecto a los recursos disponibles, ni con la aridez, que es una condición climática media.

La sequía afecta a todas las regiones del mundo, independientemente de que su clima sea seco o húmedo. Es difícil predecir su aparición, duración, intensidad y superficie afectada, así como cuantificar sus impactos. Existen varios tipos de sequía, interrelacionados entre sí: la sequía meteorológica (déficit de precipitaciones con respecto a la media histórica), agrícola (déficit de humedad en el suelo para los cultivos), hidrológica (reducción de agua en ríos, embalses y acuíferos), ecológica (insuficiencia de agua para la vegetación y los ecosistemas) y socioeconómica (impacto en la sociedad y la economía).

En el foco: riesgo e impactos de la sequía

Dado que no es posible intervenir sobre la sequía como fenómeno climático, las medidas de gestión se orientan a reducir el riesgo de sus impactos y a fortalecer la resiliencia de los sistemas socioecológicos. El marco del riesgo de sequía ha evolucionado desde una visión centrada únicamente en el peligro natural (duración, intensidad, frecuencia, extensión espacial) hacia un enfoque holístico que integra factores sociales, económicos, políticos, ambientales y de gobernanza. De esta manera, el riesgo de sequía se entiende como el resultado de la peligrosidad del fenómeno, el grado de exposición de los elementos afectados y la vulnerabilidad del sistema.

En España, la exposición y vulnerabilidad a la sequía son elevadas, en especial en el sector agrario. España cuenta con 12,9 millones de hectáreas de cultivos de secano, que son los primeros en sufrir los efectos de la sequía, al no tener aportaciones de agua regulada. El regadío cuenta con 3,7 millones de hectáreas y constituye el uso mayoritario del agua (que emplea el 80 % del agua extraída), seguida del abastecimiento (16 %) y los usos industriales (4 %). Factores como la estacionalidad de la demanda, el turismo y la concentración urbana agravan la presión sobre los recursos hídricos, lo que incrementa la vulnerabilidad estructural del sistema frente a episodios de sequía.

La sequía genera impactos de naturaleza sistémica, que pueden ser directos (pérdida de cosechas, reducción de caudales, degradación ambiental, problemas de abastecimiento), indirectos (efectos sobre la salud, pérdidas en industrias que dependen de usos del agua en otros sectores, como la agroalimentaria), en cascada (por la interconexión entre los sectores) y bucles de retroalimentación (por ejemplo, el aumento de temperaturas intensifica las sequías, lo que reduce la capacidad de los bosques para capturar carbono, por lo que se incrementan las emisiones de CO_2 y se refuerza el calentamiento global antropogénico). Estos impactos no se distribuyen de manera uniforme, y pueden prolongarse incluso después de que las precipitaciones se normalicen, debido a la lenta recuperación de acuíferos y los ecosistemas. Además, los períodos de sequía suelen estar asociados a diversos riesgos, entre ellos, a un aumento en el riesgo de incendios forestales.

En España la sequía afecta de manera sistémica al sector agrario (agricultura y ganadería), a los sistemas de abastecimiento, al medio ambiente, a la producción de energía hidroeléctrica, al turismo, al transporte, a la industria y a la salud humana.

La agricultura concentra el 80 % de los impactos por sequía. Los cultivos de secano son los primeros en sufrir los daños por la falta de lluvia, lo que produce una reducción en la productividad, con años de pérdidas totales de la cosecha. Sin embargo, el regadío acumula las mayores pérdidas económicas debido al alto valor añadido de sus productos. Un ejemplo de la magnitud de los impactos se recoge en la sequía de 2005 en el valle del Ebro, que provocó pérdidas directas de 405 millones de euros en producción agrícola de todo el sector (secano y regadío), a las que se sumaron más de 300 millones en pérdidas indirectas en sectores como la industria agroalimentaria y la maquinaria agrícola. Además, se estimó la pérdida de más de 11 000 empleos.

El abastecimiento de agua para uso humano es un uso protegido y prioritario por la legislación española. Aun así, pueden producirse restricciones y cortes de suministro en episodios severos a nivel regional, con impactos sociales y económicos. Los impactos en el medio ambiente son difíciles de cuantificar por una falta de contabilidad ambiental, como

CONGRESO DE LOS DIPUTADOS
FECYT INNOVACIÓN

Imagen FOTCIENCIA Sequía © filippo foglia

la degradación de los ecosistemas, pérdida de biodiversidad, reducción de caudales, etc. Las estimaciones realizadas en la sequía de 2005–2008 en la cuenca del Ebro valoran sus pérdidas en más de 13 millones de euros. La comunidad experta subraya la necesidad de profundizar en el análisis de los costes de las medidas emprendidas por las administraciones para mitigar o evitar los impactos de las sequías, así como en mejorar la cuantificación de los impactos en los diferentes sectores, ya que las estimaciones actuales tienden a ser conservadoras.

Horizonte: construir resiliencia frente a la sequía

Una gestión eficaz del riesgo de sequía exige una visión anticipatoria y colaborativa que adopte un enfoque sistémico en el que se consideren las particularidades de cada territorio y combine estrategias de resiliencia económica, ecológica y social. Para ello, es imprescindible integrar la gestión del agua con la del territorio, y evaluar tanto los usos actuales como las necesidades futuras, a través de mecanismos que fomenten la participación de todos los actores implicados.

La capacidad de resistir y recuperarse frente a la sequía no se construye solo como respuesta a una crisis, sino también mediante planificación y prevención en periodos de normalidad que permitan establecer protocolos, invertir en prácticas e infraestructuras resilientes y fomentar la cultura del ahorro. Cuando la sequía se manifiesta, se activan medidas de respuesta orientadas a evitar que la situación derive en escenarios críticos. Estas medidas están recogidas en los planes especiales de alerta y eventual sequía (PES) a nivel de cuenca hidrográfica y los planes de emergencia ante situaciones de sequía (PEM) de los sistemas de abastecimiento urbano de más de 20 000 habitantes. La implementación de los planes de gestión ha supuesto un punto de inflexión que ha aumentado la resiliencia ante las sequías, por lo que es necesario monitorizar que todos los sistemas cumplen con la obligatoriedad de su desarrollo, e incluso extender este modelo a otros espacios (sistemas que abastecen a menos de 20 000 personas, comunidades de regantes, etc.).

Para que las acciones sean realmente efectivas, es necesario que se apliquen de manera coordinada en todos los sectores afectados. Esto implica superar la fragmentación administrativa y lograr una mayor cooperación entre los distintos niveles de gobierno (estatal, autonómico y local), así como entre las diferentes políticas sectoriales. Por ejemplo, una gestión forestal adaptada al cambio climático puede contribuir a reducir tanto el riesgo de sequía como de incendios forestales. Solo así se puede garantizar la coherencia y la eficacia de las medidas adoptadas frente al riesgo de sequía.

La prioridad de la gestión de sequía debe establecerse en la protección y recuperación del buen estado de las masas de agua, tanto superficiales como subterráneas. El agua es un recurso esencial e insustituible, base de la vida, la biodiversidad y el bienestar social. Su gestión sostenible es el pilar sobre el que se apoya el desarrollo económico y la calidad de vida de la población. Un uso excesivo del agua o la aforestación pueden reducir los caudales de los ríos y afectar a su estado ecológico. En segundo lugar, y en línea con la Estrategia Europea de Resiliencia Hídrica, se destaca la aplicación de medidas que actúen sobre la demanda de agua y promuevan el ahorro. Estas incluyen la revisión de concesiones, la aplicación de instrumentos económicos y regulatorios, y la promoción de una asignación del recurso que equilibre criterios económicos, sociales y ambientales. Por último, estas medidas deben complementarse con otras orientadas a garantizar la disponibilidad del agua (fuentes de agua no convencionales, revisión y mantenimiento de las infraestructuras hidráulicas, etc.).

El sector agrario, principal usuario del agua y uno de los más afectados por la sequía, mantiene el reto de incrementar la eficiencia en el uso del agua de riego, al tiempo que se plantea también generar espacios de reflexión sobre el futuro de su modelo productivo. Es necesario abrir un debate sobre la superficie de regadío, buscar el equilibrio entre rentabilidad y resiliencia, tener en consideración la diversidad interna del sector agrario con sus diferentes vulnerabilidades y abordar los efectos indeseados que puede tener la modernización del riego si no va acompañada de una reducción real del consumo total.

Por último, avanzar en la cuantificación de los impactos de la sequía, realizar simulaciones de vulnerabilidad sectorial y evaluar de forma rigurosa las medidas aplicadas tras cada episodio son pasos imprescindibles para mejorar la toma de decisiones y construir una gestión del riesgo de sequía más informada, eficaz y sostenible.

· Aforestación: plantación de nuevos bosques en tierras dónde históricamente no los ha habido.

CONGRESO DE LOS DIPUTADOS
FECYT INNOVACIÓN

La sequía en España

Introducción

La sequía es un periodo prolongado de disponibilidad de agua inferior a las condiciones medias de una zona. Se diferencia de la escasez, que implica una situación temporal o crónica de falta de agua por un exceso en su demanda; y de la aridez, que responde a una condición climática con bajas precipitaciones y alta demanda de humedad atmosférica.

Aunque no existe un consenso científico exacto sobre su definición, la sequía se reconoce como un período prolongado de disponibilidad de agua baja, con respecto a las condiciones medias de una zona. El riesgo de sequía puede comprometer las demandas de agua para sus diferentes usos y la conservación de los ecosistemas, de manera que puede provocar un impacto negativo en diferentes sistemas socioecológicos[1–3]. Se trata de una anomalía de carácter temporal en la que actúan varios factores climáticos: fundamentalmente un descenso en las precipitaciones y, en menor medida, las altas temperaturas y el descenso de la humedad atmosférica, que afectan a la demanda de agua por parte de la atmósfera[2,4,5]. Si bien se considera parte de la variabilidad climática natural, la actividad humana puede intensificar sus efectos debido a una gestión inadecuada de los recursos hídricos y los usos del suelo[1,5]. No se debe confundir la sequía con la escasez de agua, que puede ser una situación temporal (asociada a periodos de sequía) o una situación crónica o estructural de falta de recursos hídricos debida a un exceso de demanda con relación a los recursos disponibles[2,5,6], que afecta a la disponibilidad de agua en diversos sectores, ecosistemas y a su calidad[1,2].

La sequía es un fenómeno complejo y multidimensional[1], que puede presentarse de diferentes formas (**Cuadro 1**). Es difícil predecir su aparición, duración, intensidad y superficie afectada, así como cuantificar sus impactos[2,7,8]. Puede darse en casi cualquier clima, ya sea seco o húmedo[1,5]. Tampoco debe confundirse con la aridez, que no corresponde a una anomalía temporal, sino a una condición climática media que se caracteriza por la ocurrencia de bajas precipitaciones y una elevada demanda de agua por parte de la atmósfera[5]. En zonas áridas y semi-áridas, la gestión de sequías es especialmente relevante, ya que se trata de zonas muy tensionadas en cuanto a la disponibilidad de agua[5,9].

La sequía adopta distintas formas según el ámbito afectado y origina impactos interrelacionados. La sequía meteorológica, causada por lluvias inferiores a la media, desencadena otros tipos: agrícola, ecológica, hidrológica y socioeconómica, que afecta a cultivos, ecosistemas y actividades humanas por la reducción de agua disponible.

Cuadro 1. Tipos de sequía

La sequía se manifiesta de distintas maneras, y da lugar a diferentes tipos según el ámbito afectado. Estos se encuentran interrelacionados, formando un complejo sistema de impactos[1,2]. Así, la **sequía meteorológica** se produce cuando los valores de precipitaciones se encuentran temporalmente por debajo de los valores medios de una zona[2,10,11]. Es la que da origen al resto: agrícola, ecológica, hidrológica y socioeconómica[2,6]. La **sequía agrícola** ocurre cuando el suelo no tiene suficiente humedad para el crecimiento adecuado de los cultivos y se puede ver agravada por un aumento de la demanda atmosférica[2]. Los cultivos de secano son muy vulnerables a la falta de lluvias (sequía meteorológica[6]). Sin embargo, los cultivos de regadío, así como la mayoría de los usos antrópicos del agua, están más vinculados a la **sequía hidrológica**[6], es decir, al efecto de la sequía meteorológica sobre la disponibilidad de agua superficial (ríos, embalses, etc.) y subterránea (acuíferos)[10,11]. Más allá de los usos humanos, la **sequía ecológica o medioambiental** se desencadena por la falta de agua disponible para la vegetación, lo que impacta de forma clave en los ecosistemas (por ejemplo, favorece la ocurrencia de episodios de mortalidad forestal e incendios forestales)[2,12]. Finalmente, la **sequía socioeconómica** se presenta cuando la baja disponibilidad de agua, debida a lluvias por debajo de la media, afecta a las personas y a la economía. Ello implica restricciones en el uso de agua, pérdidas en sectores como la agricultura o la industria, encarecimiento de la energía y otros efectos indirectos[1,2,13].

Además, existen términos para referirse a eventos específicos en función de su velocidad de implantación o severidad. Se trata de las **sequías repentinas**, de desarrollo rápido y con impactos muy notables en la agricultura y los ecosistemas[2,8,14,15], o de las **megasequías**, eventos que representan periodos de sequía anormalmente largos y severos, que suelen afectar a territorios muy amplios[2].

· Sistema socioecológico: Sistema que resulta de la interacción entre la sociedad humana y los ecosistemas naturales.
· Recurso hídrico: Recursos disponibles o potencialmente disponibles, en cantidad y calidad suficientes, en un lugar y en un período de tiempo dados, apropiados para satisfacer una demanda identificable.
· Escasez de agua: Situación de déficit de recursos hídricos. Puede ser coyuntural, en periodos de sequía, o estructural, debido a un desequilibrio persistente a largo plazo entre demanda y oferta del recurso.
· Aridez: Condición climática de una región caracterizada por bajas precipitaciones y una elevada demanda de humedad de la atmósfera.

CONGRESO DE LOS DIPUTADOS
FECYT INNOVACIÓN

La sequía supone una amenaza y un desafío global[1]. Impacta directamente a 55 millones de personas en promedio cada año y se sitúa como uno de los riesgos naturales más costosos y mortales a nivel mundial[1,2,16]. Las proyecciones basadas en modelos estiman que podría afectar a más de tres cuartas partes de la población mundial para el año 2050[1,16], debido a un aumento en la frecuencia, intensidad, duración y la extensión espacial de las sequías[1,2,16]. Además, es uno de los factores centrales de la crisis global del agua, un problema complejo que afecta sistémicamente al desarrollo social, económico y al acceso equitativo a este recurso vital (seguridad hídrica)[17]. El agua es esencial para la conservación de los ecosistemas, la biodiversidad y es la base de todas las actividades humanas, económicas y sociales[3,18].

España es uno de los países de la UE en los que la sequía produce mayores impactos[19]. Su clima predominantemente semiárido con precipitaciones escasas e irregulares[20], junto con una elevada presión hídrica para atender la demanda de agua de los diferentes usos antrópicos[21], hace que su tejido socioeconómico y sus ecosistemas se vean frecuentemente afectados por las sequías[19]. Por lo tanto, su anticipación y gestión eficaz son cruciales para reducir la vulnerabilidad del país frente al riesgo de sequía y mitigar los impactos negativos que producen sobre el medio natural y los diferentes sectores socioeconómicos[1].

Radiografía de la sequía en España

El riesgo de sequía: un enfoque sistémico

El riesgo de sequía es el producto de la peligrosidad en la ocurrencia del fenómeno, el grado de exposición de diferentes elementos económicos, ecológicos y sociales y la vulnerabilidad del sistema.

La comprensión de riesgo de sequía ha sufrido un cambio desde las primeras concepciones, basadas exclusivamente en la caracterización del peligro natural (que considera la duración, intensidad, frecuencia o extensión espacial de la sequía como elemento físico), hasta un enfoque holístico que integra factores sociales, económicos, políticos, ambientales, físicos y de gobernanza[8]. De este modo, se considera el riesgo de sequía como un producto de la peligrosidad en la ocurrencia del fenómeno, el grado de exposición de diferentes elementos económicos, ecológicos y sociales, y la vulnerabilidad del sistema[8] (**Cuadro 2**).

Cuadro 2. Marco teórico sobre el riesgo de sequía

La evaluación **de la peligrosidad de la sequía** analiza la probabilidad de que se produzca un evento de una determinada severidad en un lugar y marco temporal concretos. Es fundamental abordarla como un fenómeno multidimensional, en el que intervienen diferentes elementos climáticos (como la precipitación o la demanda atmosférica de agua), así como su interacción con otros extremos climáticos (como las olas de calor), que pueden amplificar sus impactos[8]. Los diferentes tipos de sequía requieren indicadores específicos para su caracterización; su combinación proporciona información sobre su severidad y frecuencia.

La **exposición** se refiere a las personas, medios de vida, especies, infraestructura y bienes situados en áreas en las que ocurre una sequía y que, por tanto, pueden verse afectados. Esto también incluye elementos indirectamente expuestos, como sistemas comerciales en regiones no afectadas por la sequía debido a la naturaleza interconectada de los efectos. La exposición es dinámica y está influenciada por factores como el crecimiento urbano, el turismo y los cambios en el uso del suelo. Las características de los elementos expuestos determinan la magnitud del potencial impacto de la sequía[8].

La **vulnerabilidad** hace referencia a la susceptibilidad de los elementos expuestos a los impactos de la sequía[22]. Está influenciada por factores físicos, socioeconómicos (las personas y sus medios de vida, capacidad de afrontamiento y adaptación), ambientales (los servicios que proporcionan los ecosistemas naturales y agrícolas) e institucionales (por ejemplo, los balances hídricos de las cuencas)[22]. Cuantificar la vulnerabilidad es un desafío, debido a su naturaleza multidimensional, interconectada y dinámica[23,24]. A menudo se emplean indicadores cuantitativos como características demográficas, PIB, infraestructura, gobernanza o degradación del suelo[25]. Además, se deben incluir los aspectos cualitativos, como las creencias, sensibilización, capital social o umbrales de riesgo aceptados[25].

· Seguridad hídrica: Capacidad de una población para salvaguardar el acceso sostenible a cantidades adecuadas de agua, de calidad aceptable para el sostenimiento de los medios de vida, el bienestar humano y el desarrollo socioeconómico, para garantizar la protección contra la contaminación transmitida por el agua y los desastres relacionados con el agua, y para la conservación de los ecosistemas en un clima de paz y estabilidad política".

CONGRESO DE LOS DIPUTADOS
FECYT INNOVACIÓN

A pesar de los grandes avances en materia de gestión de sequías, España sigue siendo muy vulnerable, especialmente en el sector agrario, que concentra la mayor parte de los impactos y riesgos asociados a la falta de agua.

El sur del continente europeo y, en especial España, es una de las regiones más expuestas y vulnerables a la sequía en las condiciones climáticas actuales[19], así como en las proyecciones futuras asociadas al cambio climático[16,26,27]. Esto se debe a que, en un país en el que mayoritariamente las precipitaciones son escasas y muy variables en el tiempo[20], se ha generado un modelo socioeconómico que demanda recursos hídricos de forma intensiva. Según datos de la distribución de la demanda estimada para usos consuntivos durante el periodo 2022-2027, el uso mayoritario del agua en España es el agrario (agricultura y ganadería), que emplea el 80 % del agua extraída, seguida del abastecimiento (16 %) y los usos industriales (4 %)[28]. Sobre estos patrones de consumo hay que tener en cuenta factores como la estacionalidad de las demandas, que son mayores en primavera y verano, debido a las campañas de riego, a un incremento en el uso urbano y la temporada turística alta. Esto coincide con la época de menos precipitaciones, lo que ejerce una presión creciente sobre un sistema hídrico ya tensionado[29]. Este sistema vive sus situaciones más críticas durante los episodios de sequía, en los que se pueden producir problemas de abastecimiento al no poder cubrir las demandas de agua actuales. Esta situación acentúa la vulnerabilidad estructural del país frente a la sequía y subraya la necesidad de adoptar medidas que refuercen la resiliencia del sistema hídrico y reduzcan su exposición al riesgo.

El clima y el riesgo de sequía

España presenta un clima muy contrastado entre regiones y gran variabilidad en las precipitaciones. Los estudios anticipan un descenso moderado de las lluvias y un aumento generalizado de las temperaturas, con una ocurrencia de sequías más severas y frecuentes.

En la península ibérica, la variabilidad en las precipitaciones es muy elevada, con periodos secos frecuentes. Dicho comportamiento está determinado fundamentalmente por la dinámica atmosférica, con mecanismos de circulación dominantes. Así, la Oscilación del Atlántico Norte es el patrón de circulación más influyente sobre las latitudes medias y altas del hemisferio norte[30].

España presenta un clima con marcados contrastes[31]. Mientras el norte se caracteriza por un régimen húmedo (precipitaciones anuales superiores a 600 mm[32], que pueden alcanzar hasta los 2000 mm[32]), el resto del país es predominantemente seco, con precipitaciones escasas e irregulares[20,33] (con una media por debajo de los 600 mm/año y con zonas por debajo de los 300 mm/año, en el centro del valle del Ebro y en el sureste peninsular[32]).

Las precipitaciones anuales se han mantenido alrededor de los valores medios de los últimos cien años[20,34]. Sin embargo, existen grandes diferencias regionales y estacionales, donde destaca la fachada este peninsular, por ser muy sensible a eventos extremos[20,35]. En esta región, se prevé un aumento en la frecuencia y magnitud de episodios de precipitaciones torrenciales[20,36,37] (como la tragedia de la DANA en el territorio valenciano en 2024 o los sucesivos eventos torrenciales en las Islas Baleares de los años 2018, 2021, 2024 y 2025). En cuanto a la temperatura del aire, se ha observado un claro incremento en todas las estaciones, pero de forma especialmente pronunciada en verano[20], lo que aumenta la demanda de humedad por parte de la atmósfera y contribuye a la ocurrencia de sequías más severas[31]. En la misma línea, se ha observado un aumento en la frecuencia, duración e intensidad de las olas de calor[38].

En este contexto, España ha convivido con las sequías de manera recurrente (**Cuadro 3**). No obstante, las proyecciones climáticas apuntan a una disminución de las precipitaciones y un aumento de las temperaturas, lo que favorecerá una transición hacia climas más áridos[20,39] y agravará la escasez de agua en zonas ya secas[20]. En los sistemas montañosos, el descenso de las precipitaciones y el calentamiento están acelerando el deshielo, por lo que se prevé la desaparición de los glaciares de los Pirineos[40].

Por otro lado, más del 80 % de la población española reside en entornos urbanos, lo que implica una elevada exposición a fenómenos como la isla de calor[20]. Las condiciones de calor extremo registradas en la última década en las principales ciudades del país han expuesto a una gran parte de la población a riesgos de salud derivados de las altas temperaturas[20,41,42] (INFORME C)[43].

· Resiliencia ante la sequía: Capacidad para evitar o reducir los daños por sequía y para recuperarse tras el evento extremo.
· Isla de calor urbana: Fenómeno de origen térmico que se desarrolla en las áreas urbanas, causado por la diferencia de temperatura existente entre los sectores más densamente edificados de la ciudad (centro) y la de sus alrededores.

CONGRESO DE LOS DIPUTADOS FECYT INNOVACIÓN

Cuadro 3. Sequía en España: una constante histórica

La sequía es un rasgo recurrente del clima en España[44]. En el pasado, los efectos más graves se han producido en contextos de alta dependencia agrícola del agua, con consecuencias demográficas como desplazamientos, hambrunas, aumento de la mortalidad y descenso de la natalidad[2].

Los estudios históricos, sustentados en datos paleohidrológicos, arqueológicos, dendroclimáticos y fuentes documentales como las rogativas, han revelado la presencia de episodios de sequía severa en la península ibérica desde épocas muy tempranas (por ejemplo, entre los años 450 y 950 CE)[45–48]. La continuidad de estos estudios ha permitido integrar sus resultados con los obtenidos mediante registros instrumentales disponibles. Esta convergencia ha facilitado la reconstrucción de episodios de sequía a lo largo del tiempo[49]. Entre los episodios más relevantes figura el ocurrido entre 1944 y 1946, durante la dictadura franquista, con una duración de 27 meses y una extensión que abarcó casi toda la península, salvo una parte del valle del Ebro[50]. Esta sequía provocó la última hambruna generalizada en España[51,52]. Entre 1980 y 1981, se dio un cambio abrupto en los regímenes de sequía, que se caracterizó por condiciones más secas a partir de la década de los 1980[53]. Entre 1991 y 1995, una sucesión de sequías afectó de forma estructural a la agricultura, con pérdidas estimadas en 370 millones de euros[25], y al abastecimiento urbano en regiones como Madrid, Andalucía y el País Vasco[50].

En años recientes, los episodios de sequía se han intensificado, debido al incremento de la demanda de agua atmosférica. Entre 2012 y 2017, se registraron impactos relevantes, mientras la sequía de 2022-2023 afectó especialmente a Cataluña y Andalucía[54]. En septiembre de 2023, la reserva hídrica nacional se situó en el 37 %, con las cuencas del Guadalquivir y las cuencas internas de Cataluña en situación crítica[55].

De cara al futuro se augura un aumento de la severidad de las sequías debido principalmente a un incremento de las temperaturas producidas por el cambio climático[33]. Incorporar aprendizajes de episodios pasados de sequía es una herramienta que debe contribuir a diseñar políticas públicas más resilientes, garantizar una gobernanza del agua eficaz, anticiparse a impactos socioeconómicos cada vez más complejos y recuperar el verdadero valor social del agua.

La sequía es un fenómeno recurrente en España, que ha provocado graves impactos socioecológicos a lo largo de la historia y sigue afectando en la actualidad.

Disponibilidad y presión sobre los recursos hídricos

La gestión del agua requiere una visión integrada que considere el agua como un sistema único conectado por el ciclo hidrológico.

El agua es un recurso único e insustituible para la vida, el desarrollo social y el bienestar. Aunque más de la mitad del planeta está cubierta por agua, solo el 2 % es dulce, ya que la mayor parte es salada[56]. Además, la disponibilidad de agua dulce no es uniforme: depende de su distribución geográfica, la cantidad de agua almacenada en cada reserva y su calidad[57]. Con independencia de esto, para comprender la relevancia de las sequías en España es fundamental mantener una visión integrada del agua como parte de un sistema único y conectado a través del ciclo hidrológico (**Cuadro 4**).

Las aguas superficiales son el recurso hídrico más empleado, seguido del agua subterránea. Las fuentes de agua no convencionales son un recurso especialmente interesante durante los periodos de sequía.

En España, los contrastes en la geografía y clima hacen que, de forma simplificada, los recursos hídricos sean más abundantes en la zona norte frente al sur y al este de la península[60]. Estos incluyen las masas de agua superficial (ríos, lagos, embalses, etc.), subterránea (acuíferos), nieve, y fuentes no convencionales, como el agua desalinizada. La procedencia de los recursos hídricos para cubrir las diferentes demandas de agua varía entre regiones[61]. Así, las aguas superficiales suponen el tipo de recurso más utilizado a nivel nacional (alrededor del 70 % del total), seguido del agua subterránea (21 %)[61]. Los recursos no convencionales (agua desalada/desalinizada, agua regenerada, agua de lluvia, etc.) no son muy relevantes a nivel cuantitativo, pero son un recurso imprescindible para la seguridad hídrica en muchas regiones,

- Paleohidrología: Estudio de los procesos fluviales y sus implicaciones hidrológicas antes de la aparición de los registros instrumentales; Implica cuantificar aspectos como la escorrentía, los regímenes de descarga o el transporte de sedimentos.
- Dendroclimatología: Ciencia que utiliza los anillos de crecimiento de los árboles para estudiar las variaciones climáticas pasadas.
- Ciclo hidrológico: Sucesión de fases por las que pasa el agua en su movimiento de la atmósfera a la Tierra y en su retorno a la misma: evaporación desde el suelo, el mar y las aguas continentales, condensación en forma de nubes, precipitación, acumulación en el suelo o en masas de agua y reevaporación.

CONGRESO DE LOS DIPUTADOS
FECYT INNOVACIÓN

especialmente en el este y sur de España[28], y pueden resultar clave para el abastecimiento durante los episodios de sequía. En el reparto y uso de estos recursos, se tienen en cuenta no solo las necesidades de los usos antrópicos, sino también el agua necesaria, en calidad y cantidad, para asegurar el buen estado de ríos y acuíferos y de los ecosistemas asociados[58].

La sequía reduce la entrada de agua al sistema hidrológico y altera el equilibrio entre evaporación, escorrentía, recarga de acuíferos.

Cuadro 4. El ciclo del agua: flujo, conexión y equilibrio.

Las diferentes formas de agua en el paisaje, tanto superficiales como subterráneas, están conectadas por medio del ciclo hidrológico[57]: el agua se desplaza entre la atmósfera, la superficie terrestre y el subsuelo a través de flujos como la evaporación, la precipitación, la escorrentía y la infiltración[57]. Esta conexión constante implica que cualquier alteración en una parte del sistema afecta inevitablemente al resto[57]. En el caso de la sequía, la disminución de las precipitaciones reduce la cantidad de agua disponible y el aumento de las temperaturas intensifica la evaporación del agua, con lo que se reduce su disponibilidad en lagos, ríos, embalses y acuíferos[58]. Esta alteración produce una desconexión espacial y temporal entre los flujos de agua en el paisaje, lo que compromete su capacidad para mantener los servicios ecosistémicos y el abastecimiento humano[58,59]. Por tanto, aunque los recursos hídricos puedan diferenciarse en superficiales o subterráneos, forman un sistema interconectado que requiere una gestión integrada[58].

Aguas superficiales: el recurso de referencia

En España tan solo el 55 % de las masas de agua superficiales presentan un buen estado global (ecológico y químico). Las principales presiones provienen de la contaminación, la alteración hidromorfológica de los ríos y la entrada de especies invasoras.

España cuenta con más de 5400 masas de agua superficiales[32]: ríos, lagos, embalses, canales, aguas de transición (próximas a la desembocadura de ríos, con mezcla de agua dulce y salina) o aguas costeras[62]. Son el principal recurso empleado en la zona norte y centro del país[61]. Son captadas y distribuidas para sus diferentes usos[61]. En este sentido, la construcción de embalses ha permitido aumentar la capacidad de retención de agua para usos antrópicos en alrededor de un 30 % del recurso natural disponible (entendido como precipitación total promedio registrada en España), frente al 7-8 % que estaría disponible sin ella[63]. En España, hay un total de 2300 embalses con capacidad de almacenar más de 61 000 hm^3. Destaca el embalse de La Serena, en Badajoz, con 3219 hm^3 de agua, por ser el más grande en suelo nacional y el tercero más grande de Europa[63].

Según los datos de 2021, el 55 % de las masas de agua superficiales presentaban un estado global bueno[64], determinado por el peor valor entre su estado ecológico y químico: el 58 % alcanzaba un buen estado (o potencial) ecológico, mientras que el 90 % cumplía con los criterios químicos establecidos[32]. Las principales presiones sobre el estado de las aguas superficiales provienen de la contaminación difusa de origen agrícola y vertidos urbanos, causante de aportaciones de nutrientes, metales pesados, PFOS y pesticidas, entre otros[32]. La alteración de la hidromorfología fluvial es otra de las principales presiones: se estima que, en España, hay más de 170 000 barreras hidráulicas que fragmentan el hábitat de los ríos e impactan su estado[65]. En la misma línea, la presión por especies invasoras también afecta a la biodiversidad acuática de las masas de agua[32].

En relación con los ríos, muchos de sus ecosistemas se encuentran afectados por el deterioro cualitativo y cuantitativo de las aportaciones de agua que los alimentan (lluvia, afluentes, deshielo, acuíferos, etc.)[60]. Además, se ha observado que el volumen de agua que circula por los ríos cada año disminuye en la mayoría de los ríos de la España peninsular[2].

- Escorrentía: Agua de lluvia que discurre por la superficie de un terreno o a la corriente de agua que se vierte al rebasar su depósito o cauce naturales o artificiales.
- Infiltración: Flujo de agua que penetra en un medio poroso a través de la superficie del suelo.
- Servicios ecosistémicos: Servicios que presta un ecosistema y de los que depende o se beneficia el ser humano. Suelen clasificarse en las siguientes categorías: servicios de aprovisionamiento, como alimentos, agua, madera, fibra y recursos genéticos; servicios de regulación, como regulación del clima, inundaciones, enfermedades y calidad del agua; servicios culturales, como ocio y ecoturismo, y servicios de apoyo, como formación del suelo, polinización y ciclo de nutrientes.
- Estado ecológico: Hace referencia a la calidad de la estructura y el funcionamiento de los ecosistemas acuáticos asociados a las aguas superficiales.
- Estado químico: Refleja el grado de cumplimiento de las normas de calidad ambiental de las sustancias prioritarias y otros contaminantes.

CONGRESO DE LOS DIPUTADOS
FECYT INNOVACIÓN

Aguas subterráneas: el recurso invisible

Los acuíferos desempeñan un papel clave en la gestión de las sequías gracias a su mayor inercia frente a las aguas superficiales. Actualmente, el 56 % de las masas de agua subterráneas presenta un buen estado global (cuantitativo y químico). Sin embargo, enfrentan presiones significativas derivadas de la contaminación, la sobreexplotación y la dificultad para controlar las extracciones ilegales.

Las precipitaciones se infiltran en el subsuelo, ocupan los espacios entre sedimentos y rocas y se almacenan como aguas subterráneas en los acuíferos[66]. El territorio español es muy diverso geológicamente y está fragmentado, lo que hace que los acuíferos sean de tamaño medio y pequeño[67]. Según datos del 2021, hay aproximadamente 800 masas de agua subterráneas identificadas[32].

En el mundo, las aguas subterráneas constituyen la principal reserva de agua dulce líquida del planeta, muy por encima de ríos, lagos y embalses[66]. Se estima que representan el 99 % del agua dulce disponible[68]. En regiones del sur y este de la península, así como en las zonas insulares, son un recurso necesario para cubrir las diferentes demandas de agua[61]. Su uso se intensifica en periodos de sequía y escasez hídrica, cuando disminuye la disponibilidad de aguas superficiales, lo que las convierte en un recurso estratégico[61,66]. Por tanto, las aguas subterráneas son fundamentales en la gestión de las sequías por su mayor inercia frente a las aguas superficiales, es decir, por responder más lentamente a la falta de lluvias[28,69]. Ello permite mantener su disponibilidad durante más tiempo[28,69]. Sin embargo, suelen quedar relegadas, por lo que es necesario visibilizar su importancia y fomentar la conciencia sobre su papel estratégico[70].

En 2021, el 56 % de las masas de agua subterránea presentaban un buen estado global: el 75 % alcanzaba un buen estado cuantitativo y el 67 % un buen estado químico[32]. En este contexto, los nitratos, que provienen de prácticas agrarias como el abonado, riego y residuos ganaderos[32,66,67], son uno de los principales contaminantes de acuíferos en España[32]. También son problemáticos los cloruros, pesticidas, sulfatos y la salinización del agua[32,67,68]. Además, no siempre se consideran los impactos sobre ecosistemas y zonas protegidas[32], donde las aguas subterráneas tienen un papel fundamental en el mantenimiento del caudal de los ríos y en los ecosistemas acuáticos, márgenes de ribera y humedales[66].

La explotación intensiva de los recursos hídricos subterráneos es otra problemática que hace que las extracciones de agua superen a la recarga natural e inducida, debido a que, en ocasiones, los derechos de agua reconocidos superan la capacidad del sistema. Esto agota sus reservas, sobre todo durante episodios de sequía[67]. A este aspecto se añade la dificultad para controlar las extracciones ilegales, que suponen un punto de presión crítico pendiente de resolver[32,66].

Por último, de acuerdo con los escenarios de cambio climático en España, en el futuro se pueden producir reducciones significativas en los recursos disponibles de aguas subterráneas[71]. En los acuíferos de España continental, se pueden alcanzar reducciones de la recarga de hasta un 11 % en promedio para el año 2045, con algunas superiores al 20 % en más del 10 % del territorio[71].

Gobernanza del agua y la sequía hidrológica

La Directiva Marco del Agua de la UE establece que la gestión del agua debe organizarse por cuencas hidrográficas. España ha sido pionera en aplicar este enfoque y se considera un referente internacional en su implementación.

La UE no tiene una directiva específica sobre sequías hidrológicas (a diferencia del riesgo de inundaciones[72]): la gestión de este fenómeno se enmarca en la legislación general sobre aguas, bajo la Directiva Marco del Agua (DMA) adoptada en el año 2000[73]. Su objetivo principal es lograr un buen estado de todas las masas de agua, estableciendo un marco común para la protección y gestión sostenible del agua en la UE[74]. La directiva exige una gestión integrada de las cuencas hidrográficas[73] a través de la elaboración de planes de gestión, que pueden incluir, de manera voluntaria, planes específicos de gestión de sequía hidrológica[3,74,75]. La Estrategia Europea de Resiliencia del Agua de 2025 incide nuevamente en el desarrollo de planes de sequía por los Estados miembros, pero mantiene su carácter voluntario[76]. España es un referente en este campo: desde 2001 existe la obligatoriedad de elaborar planes de gestión de sequía a nivel de cuenca hidrográfica y en sistemas que abastecen a más de 20 000 habitantes.

· Cuenca hidrográfica: Superficie de terreno cuya escorrentía superficial fluye en su totalidad a través de una serie de corrientes, ríos y, eventualmente, lagos hacia el mar por una única desembocadura, estuario o delta.

CONGRESO DE LOS DIPUTADOS
FECYT INNOVACIÓN

España es pionera en el sistema de gestión de agua por cuencas hidrográficas, y en 1926 estableció el primer organismo de cuenca: la Confederación Sindical Hidrográfica del Ebro[77]. La planificación y gestión de cuencas es la base de la gestión hídrica actual, donde se aplican los principios de la DMA y la Ley de Aguas[78]. Los planes hidrológicos de cuenca (Cuadro 5) persiguen conseguir un buen estado y protección del agua, así como satisfacer las demandas de agua para los diferentes usos y armonizar el desarrollo regional y sectorial[79].

Cuadro 5. Planes hidrológicos de cuenca y sus demarcaciones hidrográficas

La DMA establece una unidad a efectos de gestión de cuencas: las demarcaciones hidrográficas[80]. El territorio español está dividido en 25[73], que incluyen a una o varias cuencas[79]. El ámbito territorial de cada plan hidrológico de cuenca coincide con el de la demarcación hidrográfica correspondiente[79].

De las 25 demarcaciones del territorio español, 11 son intercomunitarias, es decir, sus cuencas discurren por varias comunidades autónomas. Así, la elaboración de su plan hidrológico es de competencia estatal a través de los organismos de cuenca (Confederaciones Hidrográficas). Es el caso de las demarcaciones hidrográficas de Miño-Sil, Cantábrico Occidental, Duero, Tajo, Guadiana, Guadalquivir, Segura, Júcar y Ebro, además de los de Ceuta y Melilla, cuya elaboración recae en la Confederación Hidrográfica del Guadalquivir[79].

Por otro lado, hay 13 demarcaciones hidrográficas intracomunitarias que se limitan al territorio de una única comunidad autónoma. Son las demarcaciones de Cuencas Mediterráneas Andaluzas, Guadalete-Barbate, Tinto-Odiel-Piedras (las tres son competencia de la Comunidad Autónoma de Andalucía), Galicia Costa, Distrito de Cuencas Fluviales de Cataluña, islas Baleares y las demarcaciones correspondientes a cada una de las siete islas Canarias. Por último, La demarcación del Cantábrico Oriental tiene doble competencia: estatal (Confederación Hidrográfica del Cantábrico) y autonómica (País Vasco).

En el ámbito de la cooperación transfronteriza, España comparte con Portugal cuatro demarcaciones hidrográficas internacionales cuya coordinación se enmarca en el Convenio de Albufeira: Miño-Limia, Duero, Tajo y Guadiana[81,82]. Del mismo modo, España y Francia cuentan con un acuerdo administrativo (Acuerdo de Toulouse) sobre gestión del agua para mejorar la coordinación de las medidas tomadas en las cuencas hidrográficas situadas por los dos lados de la frontera[83].

España se estructura en 25 demarcaciones hidrográficas, que constituyen la unidad básica de gestión de cuencas. De ellas, 11 son intercomunitarias, 13 intracomunitarias y 1 tiene doble competencia. Además, tiene convenios de cooperación transfronteriza con Portugal y Francia.

En España los organismos de cuenca son responsables del desarrollo e implementación de los Planes Especiales de Alerta y Eventual Sequía, que establecen protocolos de actuación para optimizar la gestión del agua en periodos de sequía y escasez.

El desarrollo de Planes de emergencia ante situaciones de sequía es obligatorio para sistemas de abastecimiento urbano que atiendan a más de 20000 habitantes.

En relación con la sequía hidrológica, el Plan Hidrológico Nacional exige a los organismos de cuenca desarrollar planes especiales para su gestión (**Planes Especiales de Alerta y Eventual Sequía, PES**)[84]. La finalidad de estos planes es mejorar la gestión del agua en escenarios de sequía prolongada y escasez coyuntural. Para ello, se cuenta con sistemas que monitorizan, a través de una serie de indicadores hidrológicos, la intensidad de la sequía hidrológica en las diferentes unidades de gestión en las que se divide cada cuenca hidrográfica[85]. Dichos indicadores establecen unos umbrales, que van desde condiciones normales hasta una situación de emergencia[85]. De esta manera, los planes contemplan protocolos de actuación con medidas específicas programadas para los diferentes umbrales (por ejemplo, reducción de agua para regadío y los caudales ecológicos). Su objetivo es evitar escenarios de falta de agua graves que puedan afectar al abastecimiento urbano[86,87]. La principal debilidad de los PES es que a menudo se dan situaciones de escasez donde no se registra sequía meteorológica, lo que sugiere que, muchas veces, la escasez se debe más a una gestión deficiente que a la propia dinámica del clima[88].

Además, los sistemas de abastecimiento urbano que atienden de forma singular o mancomunada a más de 20 000 habitantes deben tener un **plan de emergencia ante situaciones de sequía (PEM)**[84]. Aunque en algunas comunidades autónomas, como Andalucía, este umbral se reduce a 10 000 habitantes, la normativa vigente no tiene en cuenta la situación de los

· Organismo de cuenca: También conocido como confederación hidrográfica, es una entidad pública autónoma encargada de la gestión integrada del agua en aquellas cuencas hidrográficas que atraviesan más de una comunidad autónoma.
· Demarcación hidrográfica: Zona marina y terrestre compuesta por una o varias cuencas hidrográficas vecinas y las aguas subterráneas y costeras asociadas, designada como principal unidad a efectos de la gestión de las cuencas hidrográficas.
· Escasez coyuntural: Está relacionada con los posibles problemas, no estructurales, de atención de las demandas de agua.

CONGRESO DE LOS DIPUTADOS
FECYT INNOVACIÓN

sistemas que abastecen a menos de 20 000 habitantes, que presentan, con frecuencia, una mayor vulnerabilidad frente a episodios de sequía[89]. Sin embargo, solo el 25 % de estos sistemas contaban con un plan de sequía en vigor en febrero de 2024[88,90].

Es relevante que los PES y los PEM estén coordinados entre sí, así como con la planificación hidrológica ordinaria[88]. Por último, los reales decretos-ley se emplean para adoptar medidas urgentes, excepcionales y temporales, con el fin de mitigar el impacto de las sequías en el sector agrario, la población y el medio ambiente[78,91,92].

En la normativa vigente, los sistemas de abastecimiento urbano que atienden de forma singular o mancomunada a menos de 20 000 habitantes no están obligados a elaborar un plan de emergencia ante el riesgo de sequía, a pesar de que estos sistemas de abastecimiento se encuentran entre los más vulnerables.

La planificación y gestión del agua en España exige una coordinación multiescalar entre administraciones estatales, autonómicas, locales y de cuenca, debido al reparto competencial y a la necesidad de integrar políticas sectoriales para afrontar eficazmente el riesgo de sequía.

En España, la planificación y gestión del agua requiere la coordinación entre distintos niveles administrativos (nacional, autonómico y local), debido al reparto competencial entre las administraciones con atribuciones directas en esta materia[25,93,94]. El Gobierno central diseña las políticas de agua y gestiona las demarcaciones hidrográficas intercomunitarias a través de los organismos de cuenca (confederaciones hidrográficas) correspondientes. Las comunidades autónomas, por su parte, disponen de legislación propia en materia de agua y se encargan de las demarcaciones hidrográficas intracomunitarias. Los organismos de cuenca, ya sean estatales o autonómicos, son responsables de la planificación hidrológica, la gestión de los recursos, la concesión de derechos de uso del agua y la protección del dominio público hidráulico[78]. Finalmente, la gestión del ciclo integral del agua urbana (que incluye la captación, la potabilización, el abastecimiento, el saneamiento y el tratamiento de aguas residuales) corresponde a los municipios[95].

Además, se establecen interacciones entre la administración del agua y otras administraciones (de ámbito estatal, autonómico o local) con competencias sobre políticas sectoriales que afectan o se ven afectadas por la gestión del agua[94] (la agricultura, la ordenación territorial, la protección ambiental, etc. [87]). Por todo ello, resulta imprescindible avanzar hacia una gestión integrada del agua y del territorio que persiga la coherencia en las actuaciones para responder a la complejidad del riesgo de sequía[93].

En este contexto, cabe destacar que España es un referente en la gestión de sequías y su presencia en este ámbito a nivel internacional es elevada. Forma parte de múltiples iniciativas dedicadas al avance frente al riesgo de sequía, como el Programa Integrado de Gestión de Sequía de la Organización Meteorológica Mundial[96], participa en las Convenciones de las Naciones Unidas de Lucha contra la Desertificación, y ha sido impulsora, junto con Senegal, del lanzamiento en 2022 de la Alianza Internacional de Resiliencia ante la Sequía[97].

Impactos de la sequía: un alcance multidimensional

Estimación de los efectos de la sequía: un asunto pendiente

La naturaleza sistémica de los impactos de la sequía y la escasez de registros dificultan la estimación precisa de sus costes, aunque se calcula que España lidera las pérdidas en la UE, con unos 1500 millones de euros anuales.

La sequía se conoce como una "amenaza silenciosa": sus efectos comienzan antes de que sean visibles. En muchas ocasiones, continúan después de que las precipitaciones se normalicen, debido a factores como la recarga lenta de acuíferos o el tiempo requerido para la recuperación ecológica y socioeconómica[98]. Sus impactos crecen bruscamente a medida que la sequía se prolonga y se hace más intensa: se propagan en diferentes sectores, a lo largo de amplias áreas, incluso de forma transfronteriza, y durante largos periodos[25]. Por ello, las sequías no deben evaluarse de manera aislada, sino con un enfoque de cooperación, comunicación y coordinación entre sectores, instituciones y naciones[23,25].

CONGRESO DE LOS DIPUTADOS
FECYT INNOVACIÓN

La falta de registros directos de los efectos de la sequía dificulta su cálculo y resulta en una subestimación de sus costes[2,22], sobre todo si se compara con los impactos producidos por otros riesgos naturales, como inundaciones o incendios[25]. Aun así, en los países desarrollados, se suele asociar a pérdidas económicas sustanciales. En la UE, estas cifras rondan los 9000 millones de euros anuales, con España, Italia y Francia a la cabeza de los países con mayores pérdidas (1500, 1400 y 1200 millones de euros anuales, respectivamente)[2]. Recientemente, el Banco Central Europeo ha estimado que una sequía extrema podría poner en riesgo casi el 15 % de la producción económica de la zona euro[99].

Impactos directos, indirectos, en cascada y en bucle

La sequía es un fenómeno multidimensional que genera impactos directos, indirectos y en cascada sobre múltiples sectores interrelacionados, lo que intensifica la vulnerabilidad territorial a través de bucles de retroalimentación y su interacción con otros riesgos.

La sequía es un fenómeno multidimensional que afecta de forma negativa a la cantidad y la calidad del agua[100]. Los impactos suceden de forma directa e indirecta[8,101,102] y de manera simultánea sobre múltiples sectores que, debido a su interrelación, desencadenan **efectos en cascada** (**Cuadro 6**). Pueden afectar incluso, a lugares donde no se está produciendo la sequía[1,8]. Por ejemplo, las pérdidas en las cosechas de los agricultores (efecto directo) pueden obstaculizar que estos inviertan en nueva maquinaria (efecto indirecto), lo que se traducirá en pérdidas para los distribuidores de equipos agrícolas y los productores implicados en la cadena de suministro (efecto en cascada)[8].

Asimismo, pueden generarse **bucles de retroalimentación** que incrementen la vulnerabilidad de determinadas zonas frente a la sequía[8]. Por ejemplo, la interacción de la sequía con otros riesgos naturales (como olas de calor, incendios forestales o inundaciones repentinas tras periodos secos prolongados) intensifica sus efectos y debilita la capacidad de adaptación del territorio frente a futuros eventos de sequías[8,103,104]. Un ejemplo adicional es el bucle entre la sequía y el cambio climático: el aumento de las temperaturas favorece sequías más frecuentes e intensas, lo que reduce la capacidad de los bosques para capturar carbono. Esta pérdida de funcionalidad ecosistémica, debido al decaimiento forestal y mortalidad de los árboles por sequía[2], contribuye a mayores emisiones de CO_2 y retroalimenta positivamente el calentamiento global de origen antropogénico[1].

Sectores socioeconómicos y sequía

Los sectores socioeconómicos sufren los impactos de la sequía y compiten por el uso del agua. Además, los impactos no se distribuyen de manera uniforme, lo que exige una gestión coordinada e inclusiva que atienda también la dimensión social del riesgo, especialmente la pobreza hídrica que afecta a los hogares más vulnerables.

Los sectores socioeconómicos, en su papel de usuarios del agua y territorio, no solo sufren las consecuencias de la sequía, sino que también condicionan la disponibilidad y calidad de los recursos hídricos y, con ello, la vulnerabilidad ante este riesgo. Así, la naturaleza sistémica de los impactos de la sequía, la competencia por el agua y la interdependencia entre sectores exige una acción coordinada e inclusiva en la gestión del agua y del territorio[22,105]. Por ejemplo, el nexo agua-energía-territorio/alimentación[106] ilustra la necesidad de alcanzar compromisos en el uso de recursos para garantizar la seguridad hídrica, energética y alimentaria.

Por otro lado, los impactos no se distribuyen de manera uniforme[107]. En España, existen hogares vulnerables en situación de pobreza hídrica entendida en términos de asequibilidad, compuestos fundamentalmente por mujeres, niños, personas con enfermedades o discapacidad, inmigrantes procedentes de países pobres, y otras minorías[108]. Los factores que actúan en su contra son condiciones socioeconómicas estructurales, falta de acceso a tecnologías eficientes, percepciones erróneas sobre el agua potable y políticas de gestión privatizada[108]. La magnitud y gravedad de la pobreza hídrica permanece socialmente desapercibida en sociedades modernas[108]. Por ello, el análisis de impactos en aspectos productivos debe ampliarse e integrar un análisis centrado en las personas[22].

· Impacto directo de la sequía: Aquellos efectos ambientales, sociales o económicos inmediatos de la falta de agua, como pueden ser el suministro limitado de agua potable o la pérdida de cosechas, entre otros.
· Impacto indirecto de la sequía: Consecuencias que se desencadenan a partir de los efectos iniciales, no tanto como resultado directo de un déficit hídrico. Algunos ejemplos incluyen la pérdida de servicios ecosistémicos, efectos sobre la salud, o desplazamientos y migraciones.

CONGRESO DE LOS DIPUTADOS
FECYT INNOVACIÓN

Agricultura

La agricultura, principal consumidora de agua y sector más afectado por la sequía, presenta una elevada vulnerabilidad en España. Aunque los cultivos de secano son los primeros en sufrir los impactos de la sequía, las mayores pérdidas económicas se concentran en el regadío.

En España, este sector es estratégico para la economía nacional y ocupa el cuarto lugar en la UE por el valor de su producción agraria[109]. En el ámbito global, representa el mayor consumidor de agua dulce y la mayor parte afectada, ya que concentra aproximadamente el 80 % de los impactos asociados a la sequía[110]. Su vulnerabilidad frente a la sequía es elevada, ya que el rendimiento y la calidad de los cultivos dependen directamente de las condiciones climáticas[111]. Los cultivos de secano, con 12,9 millones de hectáreas en España[112], son los primeros en sufrir sus efectos, al no tener aportaciones de agua regulada. Se estima que el rendimiento anual de trigo y cebada puede reducirse en promedio en más de un 5 % y un 10 %, respectivamente[19], pero por años individuales pueden registrarse pérdidas mucho mayores, incluso perderse cosechas completas. Este tipo de agricultura se puede asegurar. Sin embargo, las mayores pérdidas económicas se concentran en el regadío, que en España abarca 3,7 millones de hectáreas[29,112,113], por el mayor impacto que tiene la falta de agua en unas producciones de un mayor valor añadido y que no se pueden asegurar[2]. Por ejemplo, en el año 2012, los pagos por seguros agrarios en cultivos herbáceos de secano alcanzaron los 210 millones de euros. A pesar de ser una cifra elevada, las pérdidas en regadío en una sola región pueden superar varios miles de millones de euros[2].

Los impactos de la sequía sobre la agricultura son múltiples: reducción del rendimiento agrícola[2,114], pérdidas económicas relevantes[2,114], proliferación de plagas y alteraciones en los ciclos del carbono, los nutrientes y el agua, lo que conlleva una pérdida progresiva de fertilidad del suelo[115]. A estas consecuencias directas de la sequía hay que sumar otros indirectas (efecto sobre empresas agroindustriales como productores de maquinaria agrícola, industria agroalimentaria, etc.), más difíciles de cuantificar[2]. Un estudio sobre la sequía de 2005 en el valle del Ebro estimó pérdidas directas de 405 millones de euros en producción agrícola[116]. Estas se extendieron a otros sectores, generando más de 300 millones en pérdidas indirectas, especialmente en la industria agroalimentaria y la maquinaria agrícola. Además, se le atribuyó la pérdida directa o indirecta de más de 11000 empleos[116].

Ganadería

Los impactos de la sequía en la ganadería se traducen en la reducción de pastos, el encarecimiento de los piensos, la disminución de la producción y la salud animal, lo que puede obligar a reducir el número de cabezas.

La ganadería se ve afectada por la reducción de recursos agrarios, especialmente la cantidad y calidad de los pastos[2,25,117]. Esto obliga a los ganaderos a suministrar alimentación complementaria mediante piensos, lo que reduce la renta de las explotaciones. Al mismo tiempo, la falta de lluvias reduce la producción de cereales en zonas de secano, lo que disminuye la disponibilidad del pasto resultante en los rastrojos y encarece productos derivados como los piensos[118]. Así, en ocasiones, la sequía puede inducir a los ganaderos a reducir el número de cabezas de ganado[119]. Además, las altas temperaturas pueden afectar a la salud de los animales, su producción de leche y su fertilidad[120], incluso, provocar su muerte[121]. También dificulta los desplazamientos estacionales de los rebaños o transhumancia[117,122], prácticas poco extendidas en España, pero que tienen un efecto protector ante la sequía (ver *Prácticas agrícolas y ganaderas para un uso sostenible del agua y el suelo)*.

Medio ambiente

La sequía provoca múltiples impactos ambientales, como la degradación de ecosistemas, pérdida de biodiversidad y servicios ecosistémicos, y puede desencadenar procesos irreversibles de desertificación.

Los ecosistemas acuáticos y terrestres en climas mediterráneos están naturalmente adaptados a la sequía[116]. Sin embargo, la intensa presión antrópica a la que están sometidos los sistemas acuáticos (extracciones, alteraciones hidromorfológicas, vertidos), los hace más vulnerables en épocas de sequía[116].

Los impactos de la sequía sobre el medio ambiente incluyen: la reducción del caudal base de los ríos y acuíferos, la degradación de humedales y ecosistemas asociados, la disminución del crecimiento y la reproducción de especies vegetales y animales, la pérdida de biodiversidad, y

· Transhumancia: Es una modalidad de pastoreo consistente en el desplazamiento estacional y de larga distancia de ganados entre diferentes zonas geográficas o climáticas a través de unas rutas migratorias establecidas.

CONGRESO DE LOS DIPUTADOS
FECYT INNOVACIÓN

el aumento de enfermedades y mortalidad[8,123–125]. La sequía es responsable de la mitad de los daños registrados en los bosques españoles (defoliación, pérdida de biomasa, declive)[2]. Si bien estos efectos suelen ser transitorios, una sequía prolongada puede causar una degradación permanente del suelo y los ecosistemas, lo que puede conducir a procesos de desertificación difíciles de revertir[8]. También es preocupante la pérdida de servicios ecosistémicos, como la función de filtrado de agua que ejercen los humedales, la regulación del ciclo del agua, la generación de productos madereros, la composición del paisaje o la captación de CO_2 de los bosques y su potencial para mitigar el cambio climático[2,8]. Las zonas naturales secas también suponen un factor de riesgo relevante para los incendios forestales[2]. Asimismo, el mantenimiento de la biodiversidad y los ecosistemas es un factor fundamental de resiliencia ante la sequía, por lo que su conservación se vuelve esencial[126] (ver *Medidas de gestión sobre las fuentes de agua disponible* y *Gestión forestal*).

La valoración económica de los costes ambientales es compleja debido a una falta de contabilidad ambiental. En la demarcación del Ebro, la sequía de 2005 provocó una pérdida de bienestar, causada por la degradación ambiental de los ríos, valorada en más de 8 millones de euros[116]. En los ecosistemas terrestres, los principales impactos fueron indirectos, relacionados con el aumento de los incendios forestales, y derivaron de la pérdida del valor recreativo y de las funciones de protección y regulación que prestan los bosques[116]. Las pérdidas económicas directas debidas al incremento de incendios forestales atribuibles a la sequía durante el periodo 2005–2008 ascendieron a 2,4 millones de euros[116]. Por su parte, las pérdidas ambientales totales superaron los 13 millones[116].

Abastecimiento urbano

Aunque el acceso al agua potable es un derecho reconocido y un uso prioritario en España, la sequía puede provocar restricciones en el abastecimiento urbano, con impactos sociales y económicos especialmente graves en situaciones de emergencia.

El acceso universal a agua potable y saneamiento está reconocido por Naciones Unidas como un derecho humano[127,128] y constituye un uso prioritario en la legislación española[78,88]. En España, el abastecimiento de agua urbano ocupa el segundo lugar en demanda de agua, aunque muy por detrás del uso agrario[61]. Además, en los últimos años se ha reducido el uso medio de agua en los hogares[129]. En 2022, fue de 128 litros por habitante y día, aproximadamente un 4 % menos que en 2020[130], aunque existe mucha variabilidad en el uso entre regiones de España[131]. Los usos más bajos se registraron en País Vasco (85 litros por habitante y día), Aragón (110) y Cataluña (113)[130].

El suministro de agua a la población es el servicio prioritario dentro de la gestión hídrica[78,88]. A pesar de ello, en el pasado, se han producido importantes problemas de abastecimiento como consecuencia de sequías. Destaca la sequía de 1991 a 1995 en España[132], con ejemplos de restricciones como las producidas en 1993 en Sevilla[133,134] o, en su momento álgido, en 1995, cuando más de 12 millones de personas se vieron afectadas por cortes de agua[135]. Desde la implementación de los planes especiales de sequía, los problemas de abastecimiento se han reducido notablemente. Sin embargo, en algunos episodios, habitualmente a nivel regional, se pueden establecer situaciones críticas de emergencia por sequía en las que se pueden activar cortes de suministro, con sus consecuentes impactos sociales y económicos[8,136].

Energía

En España la generación de energía hidroeléctrica se ve gravemente afectada por la sequía, debido a que se reduce la disponibilidad de agua en embalses.

La energía hidroeléctrica, la tercera fuente de energía renovable en España por detrás de la eólica y solar fotovoltaica[137], puede verse afectada por la sequía: al reducirse las reservas de agua almacenada en los embalses, se limita la capacidad de las plantas hidroeléctricas de generar electricidad[138–140]. Por ejemplo, la sequía de 2005 provocó un fuerte descenso en la producción hidroeléctrica en España, que cayó hasta los 18 000 gigavatios hora anuales, la cifra más baja registrada desde 1965[2]. Estos eventos también afectan a la cantidad de agua disponible para refrigerar procesos en centrales nucleares y térmicas, lo que puede llevar a una reducción o cese de la producción energética[8].

CONGRESO DE LOS DIPUTADOS
FECYT INNOVACIÓN

Turismo

La sequía afecta al turismo en España al reducir la disponibilidad de agua para servicios y actividades recreativas, lo que puede generar restricciones y una caída en la afluencia de visitantes, especialmente en verano, cuando coinciden la temporada alta y las condiciones más secas.

Los patrones climáticos condicionan la distribución temporal y geográfica de los flujos turísticos[141]. En España, donde el turismo constituye un sector estratégico, el agua resulta esencial para el funcionamiento de hoteles y actividades recreativas como piscinas, campos de golf o parques acuáticos[142,143]. La reducción del caudal en ríos y lagos también limita el desarrollo de actividades recreativas en entornos naturales[144]. Aunque se han implementado medidas de eficiencia hídrica (por ejemplo, el caso de Benidorm[145]), el turismo ejerce presión sobre los recursos hídricos, debido al incremento estacional y localizado de la población, especialmente en verano, cuando la disponibilidad de agua es menor. A su vez, la sequía y las restricciones asociadas pueden provocar una disminución en la afluencia de visitantes, con consecuencias económicas negativas, sobre todo en primavera y verano, pues la demanda turística coincide con los periodos de menor precipitación[29]. También se ve afectada la temporada invernal, al depender ciertas actividades, como el esquí, de la acumulación de nieve[8,144].

La sequía de 2022 en varias regiones europeas ejemplifica los impactos interrelacionados y en cascada que pueden desencadenarse en distintos sectores.

Cuadro 6. La sequía de 2022 en Europa: un ejemplo de impactos en cascada

En el verano de 2022, muchas regiones de Europa experimentaron una sequía severa y prolongada, que comenzó con déficits de precipitación en invierno y se intensificó con olas de calor sucesivas[153–155]. Sus efectos se prolongaron durante 2023 y 2024[90].

La escasez hídrica tuvo un impacto negativo significativo en la agricultura española: disminuyeron tanto el rendimiento de los cultivos como la superficie cultivada[156,157]. Además, se registraron aumentos de precios junto con pérdidas económicas relevantes[156,157]. En abril de 2023, aproximadamente el 60 % de la superficie agrícola española se encontraba en condiciones de sequía[90]. Destacaron las pérdidas de producción en el sector del olivar, con una reducción del 50 % en la cosecha, lo que duplicó el precio del aceite de oliva y favoreció el uso del aceite de girasol como alternativa principal[90,157]. En el sector vitivinícola, se produjeron despidos de empleados en la región del Penedès debido a la baja producción[90].

Asimismo, el sector del transporte fluvial también se vio gravemente afectado, en particular en el corredor del Rin, clave para el transporte de mercancías en Europa[1,155,158]. Los bajos niveles de agua obligaron a limitar la carga de los buques y emplear más embarcaciones, lo que generó un aumento del tráfico y la ocupación de puertos y produjo retrasos en las entregas[159]. Al mismo tiempo, las interrupciones en el transporte fluvial generaron riesgos en cascada para el sector energético, sobre todo, en Alemania[1,160]. La creciente dependencia del carbón por la escasez de gas causada por la invasión rusa a Ucrania[161] y la dificultad para transportar por vías navegables esta materia prima, afectaron a la producción de energía[160]. Por otro lado, las elevadas temperaturas del agua limitaron su uso en la refrigeración de centrales termoeléctricas[162], lo que obligó incluso a introducir excepciones en la normativa ambiental en Francia para mantener en funcionamiento las centrales nucleares[163]. Esta situación contribuyó a un aumento drástico de los precios de la energía en toda Europa[160].

La sequía de 2022 subraya, así, la interconexión entre sectores y sistemas, y destaca la necesidad de una perspectiva sistémica para comprender y gestionar los riesgos de estos episodios y sus efectos en cascada a nivel regional y global[164,165].

Industria

La sequía puede reducir la producción de las actividades industriales.

La escasez de agua causada por las sequías afecta negativamente a la producción, las ventas y la actividad económica de diversas industrias, en particular, las grandes consumidoras de agua[8]. Por ejemplo, el polígono industrial de Tarragona y el de Campo de Gibraltar han tenido amenaza de cierre por episodios de sequías en el pasado. También se deben tener en cuenta las demandas de agua de nuevos usos industriales, como los centros de datos.

CONGRESO DE LOS DIPUTADOS
FECYT INNOVACIÓN

Transporte

España puede verse afectada por los efectos indirectos de la sequía en otras regiones donde el transporte fluvial tiene un peso significativo.

Las condiciones de bajo caudal reducen la navegabilidad de ríos, canales y otros cuerpos de agua[8]. Aunque el transporte fluvial de mercancías tiene escasa relevancia en España[146], las disrupciones que provoca en otros países pueden traducirse en aumento de precios, retrasos logísticos y rupturas en las cadenas de suministro internacionales[8].

Salud

La sequía incrementa el riesgo de daños físicos por el aumento de las temperaturas y el deterioro de la calidad del aire, y puede tener efectos negativos sobre la salud mental.

La sequía, que se manifiesta en la escasez de lluvia y el aumento de las temperaturas, aumenta el riesgo de daños físicos e, incluso, la muerte en personas mayores y otros grupos vulnerables[8]. A esto se añade que la reducción de las precipitaciones deteriora la calidad del aire en entornos urbanos, algo que se ha vinculado con casos de mortalidad por enfermedades respiratorias[147] (INFORME C)[43].

Además, las sequías pueden repercutir negativamente en la salud mental[8,148,149]. Aunque no existen estudios sobre la población española, algunos estudios realizados en Australia señalan que la persistencia de las condiciones asociadas a la sequía puede desencadenar una elevada angustia psicológica, especialmente, en comunidades agrícolas rurales, donde se compromete tanto la vida cotidiana como la viabilidad de la comunidad y sus medios de subsistencia a largo plazo[150]. En casos extremos, se ha asociado la sequía con un aumento de conductas suicidas en zonas agrícolas[151] (INFORME C)[152].

Adaptación y resiliencia a la sequía

Una gestión efectiva del riesgo de sequía requiere un enfoque sistémico, preventivo y adaptado al contexto local, que integre medidas de resiliencia económica, ecológica y social, y articule la gestión del agua, el territorio y la gobernanza en respuesta a un clima cambiante.

Una gestión efectiva del riesgo de sequía requiere una visión sistémica que aplique un conjunto de medidas de adaptación a un clima cambiante. Estas deben reforzar la resiliencia de economías, ecosistemas y la sociedad[1,58,166]. Ninguna práctica agronómica, ecológica o económica puede aplicarse universalmente o garantizar ventajas en todos los contextos. En cambio, las estrategias combinadas y adaptadas al contexto local prometen mejores resultados[1,140]. Esto supone un cambio de paradigma en la gestión del riesgo de sequía, que pasa de un enfoque reactivo a una visión preventiva: analiza las vulnerabilidades y planifica las medidas de actuación fuera de los episodios de crisis por sequía. En el aspecto económico, las estrategias de prevención que invierten en resiliencia cuestan hasta tres veces menos que las medidas de reacción y respuesta ante estos episodios[140]. A su vez, el riesgo de sequía no puede aislarse de la gestión global del agua. La sequía y escasez, a pesar de ser fenómenos diferentes (de origen natural y humano, respectivamente), son procesos interrelacionados que requieren un enfoque conjunto[98].

Medidas de adaptación y resiliencia ante la sequía

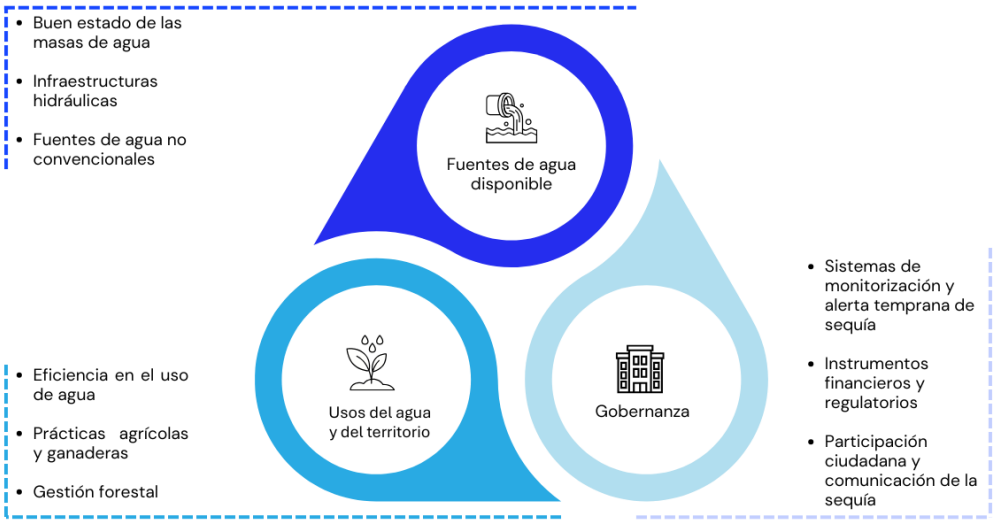

Figura 1. Visión sistémica de la gestión del riesgo de sequía. Fuente: elaboración propia.

CONGRESO DE LOS DIPUTADOS
FECYT INNOVACIÓN

Muchas de las medidas de adaptación a la sequía son asimismo estrategias de mitigación frente al cambio climático, pues persiguen la reducción de emisiones de CO_2 para frenar el calentamiento global, que intensifica los efectos de la sequía[1,58]. Según el Atlas de la Sequía de la Comisión Europea y Naciones Unidas[1], la gestión del riesgo debe atender a los siguientes ámbitos interrelacionados: el agua, el territorio y la gobernanza[136] (**Figura 1**).

Medidas de gestión sobre las fuentes de agua disponible

Garantizar el buen estado de las masas de agua: la misión europea

Un aspecto prioritario de la política de agua de la UE es reforzar la protección de las masas de agua, tanto en cantidad como en calidad[167]. Con ello, se busca reducir la vulnerabilidad del conjunto del sistema hídrico del que dependen todos los usos humanos. En la gestión del riesgo de sequía, la conservación de las masas de agua requiere un enfoque integral que reconozca la interdependencia de todos los componentes del ciclo hidrológico. Por tanto, las medidas deben contemplar conjuntamente las aguas superficiales, subterráneas y sus ecosistemas.

Gestión y conservación de las masas de agua superficiales, subterráneas y los ecosistemas asociados

La conservación y restauración de ríos, acuíferos y ecosistemas acuáticos es esencial para mantener su funcionalidad ecológica y reforzar la resiliencia frente a la sequía.

Las características físicas y químicas de las masas de agua son alteradas por numerosas actividades humanas, lo que genera un impacto sobre los ecosistemas y su biodiversidad[168]. Este aspecto se manifiesta de forma más notable durante la ocurrencia de episodios de sequía. Su restauración, gestión y conservación es esencial para garantizar una correcta funcionalidad ecológica, y con ello, la disponibilidad de los servicios ecosistémicos que proporcionan a la sociedad: el suministro de agua de calidad, el reciclaje de nutrientes, la función de retención de agua y el almacenamiento de carbono[168]. Este patrimonio natural, además de su valor intrínseco, está adquiriendo una creciente proyección económica por la demanda social de bienes y servicios relacionados con la naturaleza[60].

En el caso de los ríos, para mantener o alcanzar su buen estado, se requiere reforzar la gestión cuantitativa del agua y mantener unos flujos mínimos para que los ecosistemas acuáticos mantengan sus funciones (caudal ecológico)[75] y ganen en resiliencia frente a la sequía. Esto supone abordar la asignación excesiva de recursos hídricos en las cuencas y reforzar las actuaciones frente a la captación de agua ilegal; por ejemplo, con imágenes de satélite para avanzar en su detección[75]. En el caso de los acuíferos, la sobreexplotación de las aguas subterráneas es más difícil de controlar, pero es igualmente necesaria, ya que puede afectar a ríos y ecosistemas superficiales por la interconexión entre las masas de agua. Con ello se pretende prevenir casos graves de deterioro de los recursos hídricos, en especial, en los ecosistemas emblemáticos de las cuencas del Guadiana (Tablas de Daimiel y las Lagunas de Ruidera), Guadalquivir (Doñana), Segura (Mar Menor), Júcar (Albufera) y Ebro (Delta del Ebro)[87,169–172].

Otras actuaciones incluyen reconectar los ríos con sus llanuras de inundación y restaurar humedales y turberas. Las soluciones basadas en la naturaleza son medidas interesantes por

- Caudal ecológico: Caudal que contribuye a alcanzar el buen estado o buen potencial ecológico en los ríos o en las aguas de transición y mantiene, como mínimo, la vida piscícola que de manera natural habitaría o pudiera habitar en el río, así como su vegetación de ribera.
- Llanuras de inundación: Zonas relativamente planas situadas junto a ríos o arroyos que se inundan de forma natural cuando el caudal supera la capacidad del cauce. Estas áreas se forman por la acumulación de sedimentos depositados durante eventos de crecida, lo que las convierte en terrenos fértiles y dinámicos desde el punto de vista ecológico.
- Turberas: Tipo especial de humedal donde el suelo está hecho de turba, un material que se forma cuando las plantas muertas no se descomponen completamente porque el suelo está muy húmedo o frío. Este proceso puede tomar miles de años y crea un suelo esponjoso, oscuro y muy rico en carbono. Aunque solo ocupan entre el 3 y el 4 % de la superficie terrestre del planeta, las turberas almacenan una gran cantidad de carbono, por lo que son claves para frenar el cambio climático.
- Soluciones basadas en la naturaleza: Soluciones a desafíos a los que se enfrenta la sociedad que están inspiradas y respaldadas por la naturaleza. Son rentables, ayudan a aumentar la resiliencia y proporcionan a la vez beneficios ambientales, sociales y económicos.

CONGRESO DE LOS DIPUTADOS
FECYT INNOVACIÓN

su capacidad para ofrecer una mejora en la calidad del agua y disponibilidad de recursos[168,173]. En el caso de los acuíferos, el almacenamiento de agua en el subsuelo es un factor a tener en cuenta en el manejo integrado del riesgo de sequía, ya que evita la evaporación producida en las aguas superficiales expuestas a altas temperaturas y tarda mucho más en sufrir los efectos de la sequía meteorológica, en comparación con ríos y embalses. La recarga artificial de acuíferos, en sus diferentes modalidades, es otra herramienta que ha de ser valorada en la gestión de los recursos hídricos[66,174,175]. Asimismo, resulta clave la gestión colectiva: implicar a las comunidades de usuarios de aguas subterráneas y facilitarles herramientas e información sobre su uso y el impacto que genera en los ecosistemas asociados[66,176,177].

Mejora de la calidad del agua

Gestionar la relación entre sequía y calidad del agua es clave para reforzar la resiliencia, ya que la baja disponibilidad de agua agrava la concentración de contaminantes, dificulta el abastecimiento seguro y exige medidas avanzadas de tratamiento y control.

Gestionar la relación entre sequía y calidad del agua es esencial para reforzar la resiliencia frente a la sequía. La mala calidad reduce la disponibilidad de fuentes limpias, mientras que la sequía agrava el problema al concentrar la salinidad y la presencia de contaminantes en el agua dulce[140,178]. El deterioro de las masas de agua también puede crear episodios de no potabilidad del agua de grifo, como ocurrió en el periodo de 2023 y 2024 en la Comarca de Los Pedroches en Córdoba[90,179]. El embalse de Sierra Boyera se agotó tras varios años de sequía y no se pudo utilizar el de otro cercano (La Colada) para beber por exceso de material orgánico; tuvo que recurrirse a suministrar agua en camiones cisterna a la población[179,180].

El deterioro de la calidad del agua puede impedir, complicar y encarecer su uso, al requerir tratamientos avanzados, no siempre disponibles en todas las estaciones de potabilización o depuración. Además, aunque estos tratamientos pueden mitigar la pérdida de calidad, el estado inicial del agua determina en última instancia la calidad del agua del grifo[181]. Actualmente, al menos el 47 % de la población en España consume agua potable procedente de masas que no alcanzan el buen estado global exigido por la DMA, sobre todo, en municipios rurales[181].

El objetivo de la UE es alcanzar la contaminación cero del aire, el agua y el suelo para 2050[168,182]. Para lograrlo, entre otras cosas, es necesario monitorizar el estado de las masas de agua. En España, los organismos de cuenca cuentan con programas de seguimiento de calidad de las aguas, que permiten conocer su estado a través de indicadores químicos y físico-químicos y biológicos[183]. Estas evaluaciones destacan los nitratos y pesticidas, procedentes de prácticas agrarias intensivas, entre los principales contaminantes químicos[183]. Las concentraciones de nitratos son notablemente más altas en aguas subterráneas, especialmente, en zonas del litoral mediterráneo oriental (Segura, Júcar, Cuenca Fluvial de Cataluña e Islas Baleares), así como en las demarcaciones del Guadalquivir y del Guadiana[183]. Otros compuestos sobre los que es necesario actuar incluyen el amonio, cloruros y fosfatos, algas y cianobacterias, así como otros contaminantes que generan preocupación emergente, procedentes de fármacos, productos de limpieza, cosméticos, etc[183–185].

Para mejorar la calidad del agua e incentivar a una reducción en la producción de contaminantes, se opta por instrumentos como el principio de "quien contamina paga"[29]. En esta línea, la nueva Directiva de Aguas Residuales de la UE del 2024 establece que los productores de fármacos y cosméticos, que son las principales fuentes de microcontaminantes en las aguas residuales urbanas, tendrán que financiar parcialmente los costes para el tratamiento de estas aguas[186,187]. Asimismo, marca límites más estrictos para contaminantes (como fósforo y nitrógeno), y amplía el tratamiento de aguas residuales a más aglomeraciones urbanas (reduce el umbral de 2000 a 1000 habitantes)[186,187]. Esto supone un reto para España: muchas localidades deberán implementar sistemas de tratamiento avanzados (INFORME C)[188]. En algunas de ellas, las soluciones basadas en la naturaleza, como los filtros verdes, pueden ser alternativas viables gracias a su menor coste y mantenimiento[189,190].

· Recarga artificial de acuíferos: Conjunto de técnicas que permiten, mediante intervención programada e introducción directa, inducida o estimulada de agua en un acuífero, incrementar el grado de garantía y disponibilidad de los recursos hídricos, y actuar sobre su calidad.

CONGRESO DE LOS DIPUTADOS
FECYT INNOVACIÓN

Gestión de infraestructuras hidráulicas

Los nuevos proyectos de embalses y trasvases se ven comprometidos por sus fuertes implicaciones sociales y ambientales. La gestión debe centrarse en la revisión y mantenimiento de infraestructuras para garantizar su seguridad, restaurar ríos, garantizar caudales ecológicos, gestionar sedimentos y reducir pérdidas en redes de distribución.

El desarrollo de obras hidráulicas, como embalses y trasvases, requiere adoptar un enfoque sistémico que tenga en cuenta las complejas interacciones dentro del ciclo hidrológico[191,192]. De lo contrario, intervenciones pensadas para afrontar la sequía pueden, por ejemplo, aumentar involuntariamente el riesgo de inundaciones[191].

En España se construyeron durante los años 1950 y 1980 la mayor parte de los grandes embalses y presas. Su papel, entre otros, era minimizar los efectos de las sequías, ya que actúan como un seguro ante la irregularidad espacial y temporal de las lluvias propia de la península[63]. Su función de almacenamiento de agua es clave para la generación de energía hidroeléctrica y para satisfacer las demandas de agua (riego y abastecimiento urbano) de determinadas zonas[63], lo que influye sobre el potencial de desarrollo socioeconómico de la región[192]. Por otro lado, los embalses de zonas rurales pueden convertirse en un atractivo turístico que favorezca la fijación de población[193] (INFORME C)[188]. Del mismo modo, los trasvases entre cuencas aumentan la oferta de agua en las cuencas receptoras, con lo que se potencia la generación de beneficios económicos[87].

En la otra cara de la moneda, son infraestructuras que tienen fuertes implicaciones sociales y ambientales[194]: pueden generar conflictos con las cuencas cedentes, alteran el paisaje y el flujo del agua de los ríos[195], y pueden comprometer la biodiversidad y el estado de los ecosistemas fluviales[63]. Otro aspecto es que, además de requerir grandes inversiones para su construcción y tener un elevado coste de mantenimiento, las estrategias basadas en embalses y trasvases aumentan la vulnerabilidad de los sistemas productivos dependientes, ya que se consolida una demanda de agua fija y sin flexibilidad para adaptarse a las fluctuaciones propias de la península ibérica[196]. Asimismo, el aumento en la disponibilidad de agua de los embalses y trasvases produce un efecto rebote similar al ocasionado al aumentar la eficiencia en el uso de agua por la modernización de regadíos, de manera que puede conllevar un mayor consumo de esta, al incrementarse el número de ciclos de cultivo o la superficie regada[196]. La explicación es que se confunde la captación de recursos con la generación de los mismos, de manera que se interpreta que la disponibilidad del agua es superior a las demandas para los distintos usos[196].

Para minimizar dichos impacto, se propone revisar las presas y azudes obsoletos y abandonados para retirarlos en los casos que sea viable y promover así la restauración de ríos[63,196]. Otras medidas incluyen realizar sueltas de agua desde los embalses para garantizar los caudales ecológicos y realizar una gestión de los sedimentos[63]. Estos proceden de la erosión del suelo y se acumulan en los embalses, lo que produce una pérdida de su capacidad útil y efectos negativos en los tramos aguas abajo en ríos y frente costero[63], donde las poblaciones de peces dependen de los nutrientes que los sedimentos de los ríos llevan a la costa. Su gestión requiere estudiar cómo realizar operaciones periódicas de descarga de caudales desde los embalses, para devolver al río los sedimentos que le pertenecen. Asimismo, es necesario mantener en buen estado de conservación las presas y sus sistemas de desagüe para garantizar la seguridad territorial en las zonas situadas aguas abajo de las presas, sobre todo, en la gestión de inundaciones[63]. En relación con los trasvases, las voces expertas señalan que esta solución solo debería proponerse si aumenta el beneficio social conjunto de cuencas cedentes y receptoras[87].

Otro ámbito de mejora en las instalaciones hidráulicas es la gestión de las pérdidas de agua en los sistemas de distribución. Anualmente, en la UE se pierde una cantidad significativa de agua potable (24 %) en estos sistemas, debido principalmente a fugas en tuberías de redes urbanas[140,197]. Para evitarlo, es preciso invertir en el mantenimiento y renovación de redes de distribución urbanas[198]. La modernización de infraestructuras para el transporte de agua de riego también ofrece un ahorro considerable[140], así como la renovación de las instalaciones de tratamiento de aguas residuales urbanas y las redes de saneamiento[199].

Fuentes de agua no convencionales

Desalinización

España es un referente en desalinización, una tecnología estratégica en contextos de sequía para abastecer zonas costeras con agua destinada al consumo humano, riego e industria, aunque su uso presenta limitaciones económicas y ambientales.

La desalinización es una tecnología cada vez más empleada para afrontar la escasez de agua dulce, en particular, en zonas costeras y regiones áridas y semiáridas que enfrentan una situación más crítica[200,201]. También es un recurso estratégico en situaciones de sequía, ya que es una fuente de agua independiente de las precipitaciones[202]. Este proceso permite obtener agua apta para el consumo humano, el riego o el uso industrial a partir de fuentes salinas como el agua de mar o salobre[203]. En el mundo, aproximadamente el 61 % de la capacidad de desalinización se destina a agua de mar y el 30 % a agua salobre[200]. Con 765 plantas desaladoras y capacidad para producir cerca de 5 millones de m³ /día[204], España es uno de los líderes mundiales y líder europeo en capacidad de desalinización instalada, seguido de Italia, Chipre, Malta y Grecia[202,205]. Representa casi tres cuartas partes de la capacidad activa total europea. Sobre todo, en periodo de sequía, esta infraestructura resulta clave para abastecer a poblaciones costeras, como Barcelona o Alicante[205], y reforzar la disponibilidad hídrica para el sector agrícola e industrial en zonas deficitarias[206].

Sin embargo, el uso de agua desalinizada presenta limitaciones económicas, territoriales y agroambientales. Su elevado coste energético y operativo puede hacer inviable su uso en cultivos de bajo valor añadido, salvo que se subsidie parcial o totalmente[207]. Asimismo, su aplicación en zonas interiores es inviable, ya que requiere infraestructuras de transporte y bombeo adicionales que incrementa aún más su coste[207]. En el plano agroambiental, es necesario conocer y valorar los efectos que el riego con estas aguas tiene en la fisiología de los cultivos y la ecología del suelo[208]. Además, la desalinización genera salmuera, un residuo con alta concentración de sal y productos químicos que plantea riesgos para los ecosistemas marinos, si no se gestiona adecuadamente[209]. En este sentido, hay muchos estudios enfocados a la revalorización o posibles usos alternativos para este residuo[209]. También se sugiere el empleo de energía de procedencia no fósil para alimentar los procesos de desalinización y tratamiento de salmueras, con el objetivo de evitar un incremento en las emisiones de gases de efecto invernadero[202,210].

Aguas regeneradas

España es también referente en la producción de agua regenerada, destinada principalmente al riego agrícola en zonas costeras, y con experiencias emergentes en la reutilización de aguas grises en viviendas y la reutilización potable indirecta.

El agua procedente de los ríos, lagos o acuíferos se trata en los sistemas municipales de abastecimiento para potabilizarla antes de su distribución para uso doméstico[211]. Tras su uso, se convierte en **agua residual** y se conduce a una estación depuradora (EDAR), donde recibe un tratamiento convencional antes de su vertido al medio[211]. En cambio, si estas aguas reciben un tratamiento adicional al convencional para su reutilización se convierten en **aguas regeneradas**[211,212]. El nivel de tratamiento dependerá, entre otras cosas, de la procedencia de las aguas residuales (tipo y concentración de contaminantes) y del tipo de uso previsto[213], lo que implica diferentes métodos de eliminación de contaminantes y patógenos. La tecnología más avanzada incluye el uso de membranas de ultrafiltración, nanofiltración y ósmosis inversa[214,215].

España lidera la producción de agua reutilizada en Europa (en términos de volumen), y ocupa la quinta posición en el mundo en cuanto a capacidad de reutilización instalada, por detrás de países como Estados Unidos, Israel y Singapur[216]. El agua regenerada, que supone entre el 7 y 13 % del agua residual tratada, concentra su uso en la Comunidad Valenciana, Murcia,

- Agua salobre: Aguas continentales saladas. Posee una concentración de sales disueltas superior a la del agua dulce, pero inferior a la del agua de mar. Puede tener origen natural, por ejemplo, en estuarios donde se mezclan aguas dulces y marinas, o ser consecuencia de actividades humanas, como determinados proyectos de ingeniería civil (diques, canales o la inundación de marismas).
- Membranas de ultrafiltración: Tipo de filtración por membrana que se utiliza para separar polímeros y almidones, dispersiones coloidales de arcillas, partículas de látex, microorganismos y mezclas de proteínas de diferentes pesos moleculares.
- Membranas de nanofiltración: Tipo de filtración por membrana que retiene lactosa y otros componentes de gran tamaño.
- Ósmosis inversa: Tipo de filtración por membrana que concentra soluciones por eliminación de agua.

CONGRESO DE LOS DIPUTADOS
FECYT INNOVACIÓN

Andalucía, Canarias, Baleares y las ciudades grandes como Madrid y Barcelona[216]. Valencia es la comunidad que más agua reutiliza, mientras que Murcia destaca por aprovechar el mayor porcentaje de agua residual tratada (alcanza el 90 %)[216].

El agua regenerada se destina principalmente al riego agrícola (más del 60 % del total)[216]. Juntas, la Región de Murcia y la Comunidad Valenciana, generan más de la mitad del agua regenerada destinada al riego en España[216]. Entre las ventajas de su uso en agricultura destacan la estabilidad en el suministro de agua, y por su contenido en nutrientes, el potencial de reducir el uso de fertilizantes[217–219]. En este sentido, su composición debe analizarse periódicamente para evitar la lixiviación de los fertilizantes y, en consecuencia, la contaminación de las aguas subterráneas[213,220]. Cabe destacar que el agua regenerada solo es un recurso adicional en zonas costeras donde las aguas residuales se vierten al mar. En zonas de interior, la reutilización de aguas residuales implica que no se retorna el agua al medio natural y tampoco está disponible para otros usuarios aguas abajo[196]. Si este efecto no se contabiliza en la planificación, puede reducir los caudales y afectar a los ecosistemas acuáticos de ríos y humedales, como ocurrió en la cuenca del Segura en la década de 1990[196].

Otras aplicaciones incluyen usos urbanos (baldeo de calles, riego de zonas verdes, descarga de aparatos, etc.), recreativos (riego de campos de golf, piscinas, fabricación de nieve artificial para esquiar), industriales y, en menor medida, acciones de mejora ambiental (recarga de acuíferos)[216].

Su uso directo para consumo humano no está permitido en España, a diferencia de otros lugares con escasez hídrica estructural, como Namibia[221] o California[222]. Aunque la tecnología permite el consumo directo de agua regenerada, numerosos estudios señalan que la población muestra reticencias, mientras que acepta con mayor facilidad aplicaciones con bajo contacto, como el riego de jardines o el uso en lavadoras[223–226]. Sin embargo, sí hay experiencias positivas en periodos de sequía en Barcelona con la **reutilización potable indirecta** de agua, proceso mediante el cual el agua regenerada se libera al río y su mezcla se potabiliza para ser usada en las redes de abastecimiento urbanas[227].

También es posible reutilizar las aguas grises generadas en duchas, bañeras y lavabos, que se depuran en los propios edificios y se emplean para la descarga de inodoros en las viviendas del mismo inmueble[228]. Este tipo de soluciones se ha aplicado de forma local en municipios como Sant Cugat del Vallès[228]. Voces expertas sugieren incorporar en el Código Técnico de Edificación medidas de ahorro de agua y reutilización de aguas grises en nuevos edificios.

Aprovechamiento del agua de lluvia

El aprovechamiento de aguas pluviales y la integración de superficies permeables en entornos urbanos pueden reforzar la resiliencia frente a la sequía, reducir el riesgo de inundaciones y mejorar la eficiencia hídrica en ciudades.

El aprovechamiento de las aguas pluviales se ha planteado como medida para afrontar las distintas temporadas de sequía y estrés hídrico, así como el riesgo de inundaciones[229]. En este sentido, se han tomado iniciativas como la construcción de grandes depósitos y tanques de retención de flujos procedentes de precipitaciones, la creación de sistemas urbanos de drenaje sostenible, y el aprovechamiento de aguas pluviales en residencias privadas para destinarlas a otros usos[229].

El almacenamiento de agua de lluvia se realiza a través de sistemas de captación que la recogen de superficies impermeables y la conducen mediante canalizaciones a depósitos de almacenamiento[230,231]. Actualmente, se cuenta con tecnología que permite utilizarla, tras ser filtrada, para usos que no requieren la calidad del agua potable. Los usos dependen

- Lixiviación: Pérdida de nutrientes del suelo, causada por el agua de lluvia o riego excesivo que disuelve los nutrientes solubles y los arrastra hacia capas más profundas o cuerpos de agua subterránea.
- Descarga de aparatos: evacuación de aguas residuales y pluviales de los aparatos sanitarios (lavabos, inodoros, etc.) y cubiertas hacia un sistema de saneamiento.
- Sistemas Urbanos de Drenaje Sostenible (SUDS): Elementos superficiales, permeables, preferiblemente vegetados, integrantes de la estructura urbana-hidrológica-paisajística y previos al sistema de saneamiento. Están destinados a filtrar, retener, transportar, acumular, reutilizar e infiltrar al terreno el agua de lluvia, de forma que no degraden e incluso restauren la calidad del agua que gestionan.

CONGRESO DE LOS DIPUTADOS
FECYT INNOVACIÓN

de la procedencia de las aguas de lluvia, debido a la carga de compuestos contaminantes que pueden presentar[232]. Si el agua proviene de viales (calles, carreteras, autopistas, etc.), no debe aprovecharse ni en el interior de los edificios ni en el riego, ya que puede arrastrar contaminantes como metales pesados e hidrocarburos[233]. Por su parte, el agua pluvial que transcurre por cubiertas o terrazas puede ir destinada a distintos usos[233]: en el interior de los edificios (cisternas, lavado de suelos o lavadora), exterior (riego de jardines, lavado de suelos o de vehículos), o aplicaciones industriales (limpieza de superficies y vehículos industriales, depósito de agua para cubrir incendios o riego, etc.)[230].

En este contexto, el agua de lluvia en el entorno urbano ha pasado de ser considerada como un riesgo (por inundaciones) a suponer una opción valorizable[229]. Algunos estudios indican que su utilización podría llegar a disminuir hasta un 40 % el uso de agua en el hogar[230,234] y reducir la presión en la red convencional. Un ejemplo de aprovechamiento se encuentra en el municipio de Sant Cugat del Vallès, que fue uno de los municipios con mayor uso de agua por habitante en la Región Metropolitana de Barcelona, destinada al riego de jardines y llenado de piscinas. En 2002 lanzó una propuesta pionera a través de una ordenanza municipal para el ahorro del agua, que incluía, entre otras medidas, el aprovechamiento del agua de lluvia en viviendas y llegó a suponer un ahorro del 20 %[229,235].

Asimismo, para mejorar la resiliencia frente a la sequía en las ciudades, además del reaprovechamiento del agua de lluvia, la comunidad experta señala que es necesario integrar superficies permeables en la planificación urbana[236]: espacios verdes urbanos, cubiertas vegetales, pavimentos permeables, etc. En el polo opuesto, la impermeabilización del suelo altera el flujo natural del agua de lluvia: no permite que se infiltre y llegue a los acuíferos[236]. En cambio, las soluciones basadas en la naturaleza mencionadas ralentizan la escorrentía, favorecen la infiltración del agua de lluvia, mejoran la recarga subterránea, refuerzan la resiliencia frente a otros fenómenos extremos (inundaciones y olas de calor), promueven la biodiversidad y mejoran la habitabilidad urbana[237–241].

Medidas de gestión de los usos del agua y del territorio

Los distintos usos del suelo condicionan tanto la cantidad de agua empleada como su calidad tras ser utilizada, por lo que las expectativas y la gestión del recurso varían según se trate de suelos agrícolas, industriales o urbanizados[75]. Así, la DMA europea subraya la necesidad de coordinar la gestión del agua con la planificación territorial, en un marco de gestión integrada de cuencas[73,75]. En este contexto, cobra cada vez más relevancia la conservación de los suelos y ecosistemas como factor clave para retener la humedad en el paisaje, que es esencial tanto en situaciones de sequía como de inundación[140,140,242]. Algunos gobiernos ya están incorporando esta perspectiva en sus estrategias mediante prácticas como la gestión sostenible del suelo, técnicas agrícolas mejoradas y la restauración de ecosistemas[140].

Mejora en la eficiencia del uso del agua

La mejora de la eficiencia hídrica debe acompañarse de una gobernanza sólida y medidas regulatorias que eviten efectos no deseados como el aumento del consumo tras la modernización de sistemas.

La UE sigue el principio de "eficiencia hídrica primero", cuyos objetivos son garantizar la sostenibilidad a largo plazo del consumo del agua[243] y reducir su consumo por unidad de producción[243]. Además, se plantean una serie de medidas para mejorar la eficiencia y aumentar la resiliencia del sistema hídrico[243]. Estas identifican acciones en el ámbito de la planificación, modernización en sistemas de distribución de agua para evitar fugas y técnicas de optimización de agua en todos los sectores, incluidos la agricultura (ver *Prácticas agrícolas y ganaderas para un uso sostenible del agua y el suelo*), la energía, la industria, el comercio, el abastecimiento urbano y el entorno digital[243]. También advierte de la necesidad de una gobernanza transparente y equitativa, además de capacitación institucional, sensibilización ciudadana y cooperación internacional orientada a la resiliencia hídrica[243].

CONGRESO DE LOS DIPUTADOS
FECYT INNOVACIÓN

No obstante, los avances en eficiencia hídrica en los diferentes sectores no siempre se traducen en una reducción del consumo total de agua[244]. Según la paradoja de Jevons aplicada al regadío, la modernización de los sistemas de riego mejora la productividad y el uso del agua en la parcela, pero puede incrementar el consumo a escala de cuenca[244]. Ello se debe a que el ahorro inicial favorece la expansión de la superficie regada, el cambio hacia cultivos más exigentes en agua, dobles cosechas, y una disminución de los retornos al sistema hídrico, lo que reduce las funciones ecológicas de los retornos de riego y su disponibilidad para los usuarios aguas abajo[21,196,244,245]. En consecuencia, la modernización puede generar un efecto contrario al esperado y aumentar tanto el consumo de agua como el de energía[246]. Para evitar esta paradoja, la comunidad científica indica que las mejoras tecnológicas deben ir acompañadas de una reducción en las dotaciones de agua por hectárea por parte de los organismos reguladores[88,244,245]: en torno al 20 % al pasar a riego por aspersión y hasta un 35 % en el caso del riego por goteo[196]. Igualmente, es necesario reforzar la gobernanza e impedir el aumento de la superficie regada tras la modernización[247].

Para que la modernización del regadío se traduzca en un ahorro real de agua, debe ir acompañada de una revisión de las concesiones de uso de agua, que fijan la cantidad de agua que se puede usar por hectárea y año, así como de medidas de gobernanza que impidan el aumento de la superficie regada y reconozcan las funciones ecológicas de los retornos de riego.

Prácticas agrícolas y ganaderas para un uso sostenible del agua y el suelo

La resiliencia agraria frente a la sequía puede reforzarse con la selección y desarrollo de variedades resistentes. El sector está experimentando dos corrientes paralelas: una basada en la digitalización, y otra que promueve un cambio hacia modelos productivos centrados en la conservación y regeneración del medio natural.

La comunidad científica debate medidas estructurales para avanzar hacia la resiliencia frente a la sequía, como la reducción de la superficie de regadío y el equilibrio entre rentabilidad agraria y adopción de prácticas más resilientes a la sequía.

Las prácticas agronómicas influyen directamente en la capacidad de los cultivos para resistir la sequía y en la conservación de los recursos hídricos y el suelo[140]. Para ello, es necesario actuar tanto en relación a la planta como en relación a la parcela, y combinar innovación tecnológica con estrategias de manejo sostenible[105].

Conocer cómo responden las plantas al estrés hídrico permite seleccionar variedades más adaptadas a la sequía[248,249]. Entre sus respuestas fisiológicas destacan el cierre de estomas para reducir la transpiración, cambios en el desarrollo de las raíces y la modificación de los mecanismos de absorción de nutrientes, entre otras[249–251]. Estas características han sido estudiadas para identificar los genes relacionados con la tolerancia a la sequía y seleccionar o desarrollar variedades más resistentes[249]. La selección de cultivos ha permitido detectar variedades existentes de cereal y leguminosas con una productividad y calidad nutricional superior a las tradicionales, incluso, en condiciones de sequía[252]. Por su parte, el desarrollo de nuevas variedades se hace a través de técnicas de mejora genética de cultivos, tanto convencionales como nuevas técnicas genómicas (NTG, Cuadro 6)[253]. Las mejoras genéticas han demostrado aumentar la resiliencia en cultivos como maíz[254,255], arroz[256,257] o colza[258,259]. La conservación de recursos fitogenéticos, incluidos los parientes silvestres, es esencial como fuente de genes de resistencia a la sequía y otros riesgos[260].

A escala de parcela, existen múltiples estrategias para optimizar el uso del agua. La digitalización del sector permite aplicar una agricultura de precisión, que ajusta el riego, la fertilización o la poda a las necesidades reales del cultivo. Sensores, drones, sistemas de información geográfica, dispositivos del internet de las cosas, blockchain, e inteligencia artificial, entre otras tecnologías, han abierto un abanico de posibilidades en la captura de datos y monitorización de parámetros en las parcelas[261].

- Paradoja de Jevons: La paradoja de Jevons dice que cuando una tecnología mejora la eficiencia en el uso de un recurso, en lugar de reducir el consumo total de ese recurso, puede aumentar. Esto ocurre porque al hacerse más barato y eficiente su uso, la demanda crece.
- Estomas: Pequeñas aberturas en la epidermis de las hojas y tallos que permiten el intercambio de gases entre la planta y el ambiente.
- Recursos fitogenéticos: Conjunto de material genético de origen vegetal que posee un valor real o potencial para la alimentación y la agricultura. Incluyen variedades tradicionales y modernas de cultivos, especies silvestres relacionadas, híbridos y otros materiales que pueden usarse para mejorar cultivos actuales o futuros. Son la base genética que permite desarrollar plantas más resistentes, productivas y adaptadas a diferentes condiciones ambientales.
- Parientes silvestres: Plantas que están genéticamente relacionadas con especies cultivadas, pero que no han sido domesticadas. Se consideran la base evolutiva de los cultivos actuales y constituyen un reservorio natural de diversidad genética, lo que les permite aportar características valiosas como resistencia a plagas, tolerancia a sequía y adaptación a condiciones extremas.

CONGRESO DE LOS DIPUTADOS
FECYT INNOVACIÓN

De forma paralela, se promueven prácticas donde la innovación se centra en un cambio de modelo productivo que persigue una producción local, sostenible con el medio ambiente y en el tiempo (por ejemplo, la agroecología, agricultura regenerativa, agrosilvicultura, etc.). Estas prácticas se pueden respaldar a través de los regímenes ecológicos del primer objetivo de la Política Agrícola Común[262]. Promueven la recuperación de variedades autóctonas, el uso de cubiertas vegetales para controlar la erosión[263], la rotación y diversificación de cultivos para mantener la estructura, incrementar la cantidad de materia orgánica y fertilidad del suelo[264], y la incorporación de microorganismos promotores del crecimiento vegetal[265]. De esta manera, no solo se mejora la eficiencia hídrica, sino que también se contribuye a la mejora y conservación del suelo, la biodiversidad y la captura de carbono[262].

En este contexto, la adaptación a la sequía plantea importantes retos para el sector agrícola. Existe una tensión entre la necesidad de mantener la productividad y rentabilidad de las explotaciones y la urgencia de adoptar medidas ante el creciente riesgo de sequía[140]. La adopción de cultivos menos exigentes en agua y variedades tolerantes a la sequía, el ajuste de los calendarios de cultivo y la diversificación de fuentes de ingreso (por ejemplo, el agroturismo) pueden ayudar a reducir la vulnerabilidad de los agricultores[140]. Sin embargo, la adopción de estas prácticas también presenta una serie de obstáculos (menores ingresos, ausencia de cadenas de valor para cultivos de rotación, necesidad de invertir en maquinaria especializada, etc.), que deben ser atendidos a través de medidas proactivas de adaptación a la sequía a largo plazo[140]. Estas pueden incluir cambios en los modelos productivos, incentivos financieros, desarrollo de infraestructuras, fortalecimiento de cadenas de valor, etc[140]. Alcanzar un equilibrio entre viabilidad económica y resiliencia hídrica será clave para el futuro del sector.

Otro punto de debate en la comunidad científica es la visión sobre el futuro de la superficie de regadío en España: mientras algunos expertos consideran que las mejoras en eficiencia permiten mantener la superficie de regadío actual, otros abogan por una reducción progresiva para ajustarse a la disponibilidad de agua en el futuro.

En el ámbito ganadero, la optimización del uso del agua también tiene una doble vertiente: la modernización de instalaciones (por ejemplo, bebederos con sistemas de recirculación o la recolección de agua de lluvia) y el fomento de prácticas tradicionales, como el pastoreo, que contribuyen a la sostenibilidad ecológica y social del medio rural[266]. El pastoreo favorece la recuperación de pastos, mejora y conservación del suelo, limpieza de cubierta vegetal frente a incendios, conservación de la biodiversidad o la fijación de población en el entorno rural[267]. Asimismo, el ahorro hídrico se potencia con la siembra de especies forrajeras adaptadas a la sequía o la mejora de la eficiencia en el uso del agua para la producción de piensos[268].

Cuadro 6. Regulación de la edición genética con CRISPR en la UE

La edición genética CRISPR, reconocida con el Premio Nobel de Química en 2020, es una de las principales nuevas técnicas genómicas (NTG), que permiten modificar el genoma vegetal de forma precisa, rápida y eficiente[253]. A diferencia de la transgénesis, las NTG pueden generar variedades equivalentes a las obtenidas por mejora genética convencional o presentes en la naturaleza[253].

En 2018, el Tribunal de Justicia de la UE equiparó los organismos editados genéticamente a los transgénicos en términos de riesgo, lo que supuso su inclusión en la misma normativa y limitó su aplicación en la UE[269]. En marzo de 2025, el Consejo Europeo respaldó una propuesta legislativa para regular las NTG, con lo que se espera empezar el proceso de negociación con el Parlamento Europeo para establecer un marco normativo específico.

· Especies forrajeras: Cultivos para alimentar el ganado.

CONGRESO DE LOS DIPUTADOS
FECYT INNOVACIÓN

Gestión forestal

Integrar la gestión forestal en la gestión hídrica es esencial para conservar suelos, regular flujos de agua y reforzar la resiliencia frente a la sequía. Esto es especialmente relevante en ecosistemas mediterráneos donde una gestión adecuada puede prevenir incendios y mejorar la disponibilidad hídrica.

Integrar la gestión forestal en la gestión hídrica es fundamental por la interconexión que existe entre el ciclo del agua y los ecosistemas naturales[270]. Los bosques mantienen una buena calidad del agua y conservan los suelos al evitar la erosión[270]. También tienen una función de reducción de la temperatura, preservación de la biodiversidad y captura de CO_2 atmosférico[270]. No obstante, pueden consumir grandes cantidades de agua[271,272] y llegar a evapotranspirar hasta el 90% de las precipitaciones en ecosistemas áridos o semiáridos[273], especialmente en periodos de sequía, para cubrir sus procesos fisiológicos[125].

Así, el consumo de agua por los bosques ha conducido al diseño de medidas de entresacado o tala selectiva, que pueden ser efectivas en algunos casos para disminuir la competencia por el agua del suelo en las cabeceras de los ríos, Esto libera agua para otros usos, promueve el crecimiento de los árboles restantes en condiciones de sequía y ayuda en la prevención contra incendios[2,274–277]. Aunque existe evidencia de que los árboles favorecen la disponibilidad de agua a gran escala, como ocurre en regiones extensas como el Amazonas o África ecuatorial[278,279], en la península ibérica el exceso de forestación espontánea provocado por el abandono rural y la falta de gestión forestal conlleva la pérdida de escorrentía de los ríos y el aumento del riesgo de incendios[278,280–283]. Por ello, voces expertas destacan la necesidad de aplicar una gestión forestal en los bosques mediterráneos que promueva paisajes en mosaico y una densidad arbórea adecuada, lo que puede contribuir además a una mayor biodiversidad. Por último, se necesitan evaluaciones más exhaustivas de las respuestas de los bosques a la variabilidad climática y a la escasez de agua, para mejorar las previsiones de la dinámica posterior a la sequía[124,125].

Medidas de gobernanza

Sistemas de monitorización de sequías, sus impactos y alerta temprana

Los sistemas de monitorización y alerta temprana deben avanzar para incorporar datos de impacto, simulaciones de vulnerabilidad sectorial y evaluaciones post-sequía para mejorar la toma de decisiones y la resiliencia.

Los sistemas de monitorización de sequías permiten conocer cómo están evolucionando en tiempo real y apoyar en la gestión del riesgo con una toma de decisiones informada[2]. Existen varias herramientas de seguimiento de sequía meteorológica a escala nacional (como el monitor de sequía desarrollado por el CSIC[284]) e internacional (Observatorio de Sequía Europeo y Global[285,286], Portal de Sequía de EE. UU.[287], el Monitor Global de Sequía SPEI[288,289], etc.). No obstante, falta la puesta en marcha de un sistema multisectorial global de alerta temprana[160].

En esta línea, cada vez hay más conciencia de que, para que las advertencias de sequía sean más informativas y efectivas a la hora de impulsar acciones tempranas sobre el terreno, sus datos deben complementarse con información sobre exposición y vulnerabilidad[1,290]. Para ello, es necesario seguir avanzando en la medición de impactos y en el estudio de la relación entre los indicadores de sequía y los efectos que producen[291–293]. Europa dispone de un Portal Europeo sobre Registros de Impactos de la Sequía[294,295] y el Atlas Europeo de Riesgo de Sequía[19]. En Estados Unidos, también existe un registro de impactos[296]. Estos recursos pueden ayudar en la creación de un sistema de alerta temprana basado en impactos[1,292].

Asimismo, la gestión del riesgo de sequía puede beneficiarse de una mayor coordinación y coherencia entre los sistemas de monitorización de diferentes países[120] y de una simplificación y estandarización en los índices de sequía empleados, para facilitar la comunicación del riesgo y permitir medidas de respuesta transfronterizas[1,160,293]. Además, la comunidad científica indica que es necesario avanzar en tres ejes: (I) la comprensión de los mecanismos que originan las sequías para posibilitar su predicción[2]; (II) la simulación de diferentes niveles de riesgo, que incluya los peores escenarios posibles, para evaluar la vulnerabilidad y asegurar la preparación y resiliencia con un enfoque específico para los diferentes sectores afectados[120,160,292,297], y (III) la evaluación y revisión de los planes de gestión tras un evento de sequía, para identificar fallos en las medidas adoptadas y mejorar con una visión a largo plazo[160]. En este sentido, es importante revisar y actualizar periódicamente los planes de gestión de sequía para incorporar nuevos datos científicos y las lecciones aprendidas en episodios que hayan ocurrido desde la aprobación de los planes en vigor[298].

CONGRESO DE LOS DIPUTADOS
FECYT INNOVACIÓN

Instrumentos económicos y de regulación

Es necesario avanzar hacia un modelo de gestión de sequías que actúe sobre la demanda de agua y que equilibre su valor económico, social y ecológico. Esto se puede realizar mediante instrumentos económicos (precio, intercambio de derechos, seguros) y regulatorios como los planes de gestión de sequías y la revisión de concesiones de derechos de agua.

Históricamente, las políticas públicas han priorizado la ampliación de la oferta hídrica para sostener el crecimiento económico, incluso, en contextos de sequía[135]. No obstante, la gestión de la demanda de agua es clave para reforzar la resiliencia social ante la sequía[135] Para ello se emplean instrumentos económicos y regulatorios que orientan las decisiones individuales hacia objetivos colectivos[299].

Los instrumentos económicos pueden estar basados en el **precio**[299]: tarifas para recuperar costes sobre los servicios del agua y las infraestructuras[300]; cargos o gravámenes por conductas que provoquen la degradación del entorno hídrico; subvenciones para apoyar prácticas que mitiguen la escasez de agua, y sanciones por incumplimiento de normativas[299].

También se contemplan mecanismos de **cesión de derechos de aprovechamiento de agua**[299], introducidos en España en 1999 para flexibilizar el sistema concesional [301]. Estos pueden ser **contratos de cesión de derechos de agua** temporales, normalmente entre usuarios que tienen derechos de agua dentro de una misma cuenca hidrográfica y bajo la autorización de la Administración[302]. Por otro lado, se encuentran los **centros de intercambio de derechos de uso de agua**, en los que los organismos de cuenca compran de manera temporal o permanente derechos de agua a otros usuarios[301]. Este mecanismo no se emplea con frecuencia, pero tiene el potencial de redistribuir los derechos y aliviar la presión sobre el medio en sistemas muy tensionados o con sobreasignación de derechos. Además de estos dos mecanismos, pueden darse **acuerdos voluntarios** (sin transacción económica) o **mercados informales** (donde hay una transacción económica) a escala local entre usuarios con derechos de agua, al margen de los supuestos que contempla la ley y, en ocasiones, sin control de la Administración[302]. Un ejemplo de acuerdo voluntario satisfactorio, tutelado por la Administración, es el que se produce entre las ciudades y las comunidades de regantes en la Comarca de la Marina Baja en Alicante durante la época turística[302,303]. Se trata de una transacción no económica donde los regantes ceden sus derechos de uso de agua y reciben a cambio agua regenerada con suficiente calidad para el riego y una serie de compensaciones, de manera que los regantes pueden mantener su actividad y las ciudades pueden hacer frente a la presión del turismo[302,303].

El intercambio de derechos de agua busca asignarla a los usos con mayor rendimiento económico[304]. Sin embargo, el agua no puede regirse como un bien de mercado, ya que se trata de un recurso público, con un valor social y ecológico inestimable[304]. Por esta razón, la asignación de recursos en un contexto de sequía debe contemplar una perspectiva que englobe de manera conjunta su valor económico, social y ecológico[304]

Por último, los seguros ante el riesgo de sequía son otro instrumento económico para compensar a los sectores afectados[299]. El caso de la implementación de los seguros agrarios ha reducido de manera significativa la vulnerabilidad de la agricultura de secano[305]. Es un modelo que se promueve internacionalmente por el Banco Europeo de Inversiones[306]. Del mismo modo, el seguro de compensación por pérdida de pastos indemniza a las explotaciones ganaderas cuando existe un déficit en el crecimiento de los pastos, a causa de la sequía u otros factores climáticos, para compensar los gastos derivados de la alimentación suplementaria del ganado[307].

En el ámbito regulatorio, destacan los planes de gestión de sequías (PES y PEM), cuya implementación ha reducido la vulnerabilidad social en España tras la sequía de 1991-1995. Su cumplimiento y la evaluación de su implantación es otro punto que requiere seguimiento. Además, este tipo de planes de gestión de sequía podría trasladarse a nuevos ámbitos, como comunidades de regantes, sistemas que abastezcan a menos de 20 000 habitantes, etc. Otro mecanismo relevante es la revisión de las concesiones de agua[304,308], para reducir la sobreasignación de derechos de agua por encima de la capacidad natural del recurso hídrico y cumplir con el objetivo de reducir la demanda total de agua en España en un 15 % para 2050[308]. Esta revisión requiere un análisis socioecológico a largo plazo sobre las asignaciones hídricas, que considere las incertidumbres del cambio climático y el equilibrio entre eficiencia, justicia social y sostenibilidad ambiental[304].

CONGRESO DE LOS DIPUTADOS
FECYT INNOVACIÓN

Algunas iniciativas, como la Mesa Social del Agua en Andalucía, abogan por un reparto social del agua en situaciones de sequía que tengan en cuenta la diversidad interna del sector agrario y sus vulnerabilidades[309]. En ella se propone proteger ciertos usos del agua, por ejemplo, la agricultura familiar y profesional, que tienen un alto valor social: contribuyen al equilibrio territorial, al asentamiento de la población rural y relevo generacional, a la producción de alimentos de proximidad, a la protección de la biodiversidad, etc[309]. Por otro lado, la comunidad experta plantea sustituir el modelo actual de concesiones de "derechos de extracción de agua" por "derechos consuntivos", es decir, que considere cuanta agua se consume en el uso y cuanto retorna al medio[304,310]. A pesar de que conlleva una serie de retos para estimar el agua consumida, este sistema fomenta la eficiencia y conservación del recurso hídrico[304,310].

Participación ciudadana y comunicación de la sequía: la fuerza de lo colectivo

La participación ciudadana en la gestión del agua y del riesgo de sequía es clave para mejorar el diagnóstico, fomentar soluciones consensuadas y fortalecer la resiliencia, aunque requiere superar barreras de acceso, comprensión y representatividad mediante una comunicación clara y mecanismos inclusivos.

Los mecanismos participativos aplicados a la gestión del agua y al riesgo de sequía son herramientas que contribuyen a la mejora del diagnóstico de los problemas, fomentan soluciones consensuadas, previenen conflictos y favorecen la concienciación pública[88,311].

El artículo 14 de la DMA europea promueve la participación de todos los actores, incluida la ciudadanía, en la política del agua[73], en concreto, en la elaboración, revisión y actualización de los planes hidrológicos de cuenca[73]. En España, se han producido avances en el acceso a la información y la consulta de los planes hidrológicos y los planes especiales de sequía[88]. Las demarcaciones hidrográficas ofrecen documentación actualizada y datos accesibles, aunque su complejidad técnica limita la comprensión por parte del público general[88]. Por su parte, los planes de emergencia ante situaciones de sequía municipales presentan deficiencias en los procesos de información y consulta[88].

La comunidad experta coincide en que la participación ciudadana, en muchos casos, es más formal que efectiva. Así, todavía se requiere un mayor esfuerzo institucional para fomentar la implicación real del público en la toma de decisiones[311,312]. La participación ciudadana puede desempeñar un papel relevante en el diagnóstico de los problemas, ya que el agua representa un recurso con múltiples valores e intereses[88]. La inclusión de conocimientos expertos y no expertos permite enriquecer el análisis y alcanzar soluciones más consensuadas[88]. Sin embargo, una de las principales barreras que dificultan la participación ciudadana es la complejidad con la que se presenta la información: difícil de encontrar, excesiva, técnica, variable según la cuenca hidrográfica y, en ocasiones, desactualizada[313]. Esta situación genera una percepción de incapacidad entre la ciudadanía, que tiende a delegar la participación en personas expertas[313].

Para superar estas barreras, es necesaria una comunicación clara sobre el riesgo de sequía. Proporcionar información comprensible y accesible es esencial para legitimar las políticas públicas, preparar a la sociedad ante episodios críticos, reducir los impactos socioeconómicos, facilitar y legitimar la toma de decisiones (ya que, en su mayoría, pueden ser impopulares) y fomentar una cultura de ahorro y valorización del agua. Para ello, se pueden emplear formatos interactivos, como paneles de control o navegadores de datos. Asimismo, es posible impulsar la implicación ciudadana a través de mecanismos deliberativos y espacios de cocreación[106,314]. Las campañas de divulgación y los medios de comunicación desempeñan un papel destacado en este proceso[315]. Un caso de estudio en California en 2017, ilustra como un aumento de 100 noticias sobre sequía en un periodo de dos meses se asoció con una reducción del 11 al 18 % en el uso habitual de agua por hogar[316].

Para avanzar hacia una sociedad resiliente ante el riesgo de sequía, es necesario que la ciudadanía conozca quiénes son los principales consumidores de agua y qué medidas resultan más eficaces para su ahorro[317]. En este sentido, la encuesta del Observatorio Ciudadano de la Sequía reveló un desconocimiento generalizado: solo el 31 % de la población identificó correctamente a la agricultura como el principal usuario del agua, cuando este sector

CONGRESO DE LOS DIPUTADOS
FECYT INNOVACIÓN

representa cerca del 80 % del uso total[318]. También es necesario reforzar las propuestas con enfoque de género, ya que permiten identificar diferencias sociales y de percepción entre hombres y mujeres, e incorporar activamente a las mujeres en la gobernanza del agua y en el diseño de soluciones eficaces frente a la escasez y sequía[319,320].

El agua es un elemento transversal de la sociedad[312]. Por ello, algunas voces expertas proponen institucionalizar la colaboración entre ciencia, políticas públicas y toma de decisiones en materia del agua. Este enfoque pretende identificar interconexiones entre sectores, definir objetivos estratégicos regionales, equilibrar estructuras de poder, coordinar acuerdos colectivos para su uso sostenible y fortalecer la gobernanza multinivel[106].

Actuaciones dentro de un escenario de sequía

Las medidas de planificación y prevención son la base de la resiliencia frente a la sequía, pero es esencial contar con planes de respuesta bien definidos y comunicados, que preserven los caudales ecológicos, mejoren la transparencia en la asignación de recursos y se adapten al contexto local.

Las medidas presentadas anteriormente constituyen la base de un sistema resiliente frente a la sequía y actúan desde la planificación y la prevención. Una vez acontece un episodio de sequía, se activan medidas de respuesta que están recogidas en los PES y PEM, orientadas a monitorizar su evolución y fomentar el ahorro de agua para evitar situaciones críticas. El diseño de estos planes se adecúa al contexto de cada demarcación hidrográfica o sistema de abastecimiento de agua urbano, aunque comparten elementos comunes, como la prioridad del suministro de agua urbano.

Es esencial que estos planes estén definidos antes de que se inicie la sequía. No obstante, muchos sistemas que abastecen a más de 20 000 habitantes carecen aún de PEM[88,90]. Y no existe una planificación específica para los sistemas menores, que son los más vulnerables[89].

Por otro lado, voces expertas recomiendan mejorar la transparencia sobre la distribución del agua durante la sequía, de manera que se facilite la información sobre la asignación de recursos y los intercambios de derechos. Asimismo, es necesario reforzar la comunicación a la ciudadanía y sectores implicados sobre el riesgo de sequía y su avance durante un episodio, con el fin de aumentar la concienciación y visibilizar las medidas adoptadas.

También se señala la necesidad de perfeccionar los indicadores que evalúan los impactos sociales y económicos de la sequía. Por ejemplo, una medida frecuente en los PES es la reducción de caudales ecológicos para atender otras demandas, aunque la comunidad científica advierte que su eficacia es limitada y que agrava el deterioro ambiental. Por ello, se propone preservar estos caudales, especialmente en periodos de sequía.

Mirada al futuro

La intensificación de las sequías en España exige repensar el modelo de gestión del agua, el territorio y los sectores productivos, que avance hacia una gobernanza integrada, preventiva y participativa que reconozca el valor estratégico, ecológico y social del agua.

La intensificación de las sequías en España en un contexto de cambio climático plantea la necesidad de repensar el modelo de gestión del agua, el territorio y los sectores productivos. El conocimiento acumulado refuerza la necesidad de un cambio de paradigma que avance hacia enfoques más integrados, con medidas adaptativas capaces de anticipar impactos y reducir vulnerabilidades.

En este contexto, la gobernanza del agua adquiere un papel central. La coordinación entre escalas administrativas, la planificación, la coherencia entre políticas sectoriales y la participación efectiva de los actores implicados resultan esenciales para responder a un riesgo cada vez más complejo. La gestión del agua, entendida como un bien común, requiere mecanismos que reconozcan su valor estratégico, ecológico y social.

Asimismo, la sequía no puede abordarse como una anomalía, sino como una característica intrínseca del clima en España. Integrar esta realidad en la toma de decisiones permitirá construir un modelo de desarrollo compatible con los límites hídricos del territorio y con las necesidades de las generaciones futuras.

CONGRESO DE LOS DIPUTADOS
FECYT INNOVACIÓN

Ideas fuerza

- La sequía es un fenómeno climático natural y recurrente en España, cuya intensidad y frecuencia se espera que aumente en el futuro. Destaca el papel creciente de la demanda evaporativa de la atmósfera en la severidad de las sequías, lo que señala que el calentamiento global intensifica sus impactos.

- Constituye uno de los riesgos hidroclimáticos más complejos, por la variedad de sus tipologías y la dificultad de predecir su ocurrencia, duración, severidad, extensión espacial e impactos asociados. Su interacción con otros riesgos naturales (incendios, olas de calor, inundaciones, etc.) intensifica sus impactos y reduce la capacidad del territorio para adaptarse a futuras sequías.

- España es un referente internacional en la gestión de sequías a nivel de cuenca hidrográfica. Sin embargo, su elevada vulnerabilidad la convierte también en uno de los países europeos que más impactos acumula, especialmente en el sector agrario.

- Dado que no es posible intervenir sobre la sequía como fenómeno climático, las medidas de gestión se orientan a reducir el riesgo de sus impactos y a fortalecer la resiliencia de los sistemas socioecológicos, disminuyendo su exposición y vulnerabilidad.

- Una gestión efectiva del riesgo de sequía requiere un enfoque preventivo, participativo, sistémico y adaptado al contexto local, que integre medidas de resiliencia económica, ecológica y social, y que aborde conjuntamente los usos del agua y del territorio.

- La resiliencia ante la sequía se construye en los escenarios de normalidad, mediante planificación y medidas preventivas. Durante los episodios de sequía, se activan medidas de respuesta para evitar llegar a situaciones de gravedad.

- La rápida aplicación de medidas ante situaciones de sequía reduce sensiblemente sus impactos. Los sistemas de alerta temprana de sequías ayudan a una planificación y gestión más eficiente y sostenible durante las mismas.

- Las medidas deben aplicarse en los diferentes sectores mediante un enfoque integrador que garantice la coherencia entre actuaciones. Esto exige una mayor coordinación entre administraciones estatales, autonómicas y locales, dada la distribución competencial y la necesidad de integrar políticas sectoriales para afrontar eficazmente el riesgo de sequía.

- Proteger y alcanzar el buen estado de las masas de agua superficiales y subterráneas es una prioridad, ya que el agua es un recurso único e insustituible para la vida, la biodiversidad y los ecosistemas, sobre el que se sustenta las actividades socioeconómicas que generan desarrollo social y bienestar. Las aguas subterráneas son un recurso estratégico para la gestión de las sequías.

- La comunidad experta subraya la necesidad de aplicar estrategias orientadas a la reducción de la demanda hídrica, mediante instrumentos económicos y regulatorios que revisen las concesiones y promuevan una asignación del recurso basada en criterios económicos, sociales y ambientales. Estas medidas se deben combinar con aquellas enfocadas en mejorar la disponibilidad de agua (fuentes de agua no convencionales, revisión y mantenimiento de infraestructuras hidráulicas, etc.)

- El sector agrario, principal afectado y mayor consumidor de agua, afronta el desafío de adaptar su modelo productivo a un escenario con sequías más frecuentes y severas, con el objetivo de incrementar la eficiencia en el uso del agua. La comunidad experta señala la necesidad de debatir sobre la superficie de regadío, el equilibrio entre rentabilidad y resiliencia de las explotaciones, la consideración de la diversidad interna del sector en el reparto del agua y abordar los efectos rebote en el consumo de agua derivados de la modernización del riego.

- Avanzar en la cuantificación de los impactos de la sequía, realizar simulaciones de vulnerabilidad sectorial y evaluar *ex post* las medidas aplicadas durante episodios de sequía son clave para una toma de decisiones mejor informada.

Bibliografía

1. European Commission, J. R. C. *World Drought Atlas*.
https://data.europa.eu/doi/10.2760/8057111 (2024).
2. Vicente Serrano, S. M., Beguería Portugués, S., Hernández-Santana, V., Durán Valsero, J. J., Rosales Villegas, M. Á. & Camarero Martínez, J. J. *Sequías. Ciencia para las Políticas Públicas*. (Editorial CSIC, 2023).
3. *Comunicación de la Comisión al Parlamento Europeo y al Consejo - Afrontar el desafío de la escasez de agua y la sequía en la Unión Europea {SEC(2007) 993} {SEC(2007) 996}*. (2007).
4. Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). *Climate Change 2021 – The Physical Science Basis: Working Group I Contribution to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. (Cambridge University Press, 2023).
5. UNCCD. *The global threat of drying lands: Regional and global aridity trends and future projections*.
https://www.unccd.int/resources/reports/global-threat-drying-lands-regional-and-global-aridity-trends-and-future (2024).
6. Tipos de sequía. *Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico*
https://www.miteco.gob.es/es/agua/temas/observatorio-nacional-de-la-sequia/que-es-la-sequia/observatorio_nacional_sequia_1_1_tipos_sequia.html [14/04/2025].
7. *Drought and Water Crises: Integrating Science, Management, and Policy, Second Edition*. (CRC Press, 2017). ISBN: 978-1-315-26555-1.
8. United Nations Office for Disaster Risk Reduction. *GAR Special Report on Drought 2021*.
https://www.undrr.org/publication/gar-special-report-drought-2021 (2021).
9. Kumar, A., Kothari, M., Singh, P. K., Singh, M., Sharma, R. K. & Meena, S. S. Drought: A critical review of different perspectives under changing climate. *Science of The Total Environment* **985**, 179741 (2025)
https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2025.179741.
10. Reichhuber, A. *et al. Multiscale Approaches for the Assessment and Monitoring of Social and Ecological Resilience to Drought. A Report of the Science-Policy Interface*.
https://droughtclp.unccd.int/system/files/2024-08/UNCCD%20SPI%20Drought%20Resilience%202023.pdf (2023).
11. Wilhite, D. A. Combating drought through preparedness. *Natural Resources Forum* **26**, 275–285 (2002)
https://doi.org/10.1111/1477-8947.00030.
12. Crausbay, S. D. *et al.* Defining Ecological Drought for the Twenty-First Century. (2017)
https://doi.org/10.1175/BAMS-D-16-0292.1.
13. Mishra, A. K. & Singh, V. P. A review of drought concepts. *Journal of Hydrology* **391**, 202–216 (2010)
https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2010.07.012.
14. Noguera, I., Domínguez-Castro, F., Vicente-Serrano, S. M. & Reig, F. Near-real time flash drought monitoring system and dataset for Spain. *Data in Brief* **47**, 108908 (2023)
https://doi.org/10.1016/j.dib.2023.108908.
15. Noguera, I., Domínguez-Castro, F., Vicente-Serrano, S. M., García-Herrera, R., Garrido-Pérez, J. M., Trigo, R. M. & Sousa, P. M. Unravelling the atmospheric dynamics involved in flash drought development over Spain. *International Journal of Climatology* **44**, 4478–4494 (2024)
https://doi.org/10.1002/joc.8592.
16. Calvin, K. *et al. IPCC, 2023: Climate Change 2023: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Core Writing Team, H. Lee and J. Romero (eds.)]. IPCC, Geneva, Switzerland.*
https://www.ipcc.ch/report/ar6/syr/ (2023)
https://doi.org/10.59327/IPCC/AR6-9789291691647.
17. Naciones Unidas. *Informe Mundial de las Naciones Unidas sobre el Desarrollo de los Recursos Hídricos 2024: Agua para la prosperidad y la paz*. (2024).
18. Water and Ecosystems. *UN-Water*
https://www.unwater.org/water-facts/water-and-ecosystems [02/06/2025].
19. Rossi, L. *et al. European Drought Risk Atlas*.
https://publications.jrc.ec.europa.eu/repository/handle/JRC135215 (2023)
https://doi.org/10.2760/608737.
20. Jordà, G. *et al. Informe CLIVAR-SPAIN sobre el clima en España*. http://clivar.es/wp-content/uploads/2025/02/Libro-INFORME-CLIVAR-SPAIN-clima-en-Espana-v6.pdf (2024).
21. Client Earth. *Informe sobre los Planes hidrológicos españoles del tercer ciclo: cambio climático y aspectos clave en la aplicación de la DMA*.
https://fnca.eu/biblioteca-del-agua/directorio/file/3053-informe-sobre-los-planes-hidrologicos-espanoles-del-tercer-ciclo-cambio-climatico-y-aspectos-clave-en-la-aplicacion-de-la-dma-resumen-ejecutivo (2024).
22. United Nations Convention to Combat Desertification. *Drought Impact and Vulnerability Assessment: A Rapid Review of Practices and Policy Recommendations*.
https://www.unccd.int/resources/publications/drought-impact-and-vulnerability-assessment-rapid-review-practices-and (2019).
23. United Nations Convention to Combat Desertification. *Drought in numbers 2022. Restoration for readiness and resilience*.
https://www.unccd.int/resources/publications/drought-numbers (2022).
24. Peduzzi, P., Dao, H., Herold, C. & Mouton, F. Assessing global exposure and vulnerability towards natural hazards: the Disaster Risk Index. *Natural Hazards and Earth System Sciences* **9**, 1149–1159 (2009)
https://doi.org/10.5194/nhess-9-1149-2009.
25. UNDRR. GAR Special Report on Drought 2021.
https://www.undrr.org/publication/gar-special-report-drought-2021 [02/04/2025].
26. Liu, Y., Garcia, M., Zhang, C. & Tang, Q. Recent decrease in summer precipitation over the Iberian Peninsula closely links to reduction in local moisture recycling. *Hydrology and Earth System Sciences* **26**, 1925–1936 (2022)
https://doi.org/10.5194/hess-26-1925-2022.
27. Cammalleri, C. *et al. Global warming and drought impacts in the EU. Publications Office of the European Union*. doi:10.2760/597045 (2020).
28. Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico. *Usos del agua en España 2022/23. Dirección General del Agua*. (2025).
29. Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico (MITERD). *Estrategia internacional del agua*.
https://www.miteco.gob.es/content/dam/miteco/es/agua/temas/convenios-acuerdos-internacionales/estrategia-internacional-agua/Estrategia-de-Accion-exterior-DGA.pdf (2023).
30. Hurrell, J. W., Kushnir, Y., Ottersen, G. & Visbeck, M. An Overview of the North Atlantic Oscillation. *The North Atlantic Oscillation: Climatic Significance and Environmental Impact* 1–35 (American Geophysical Union (AGU), 2003). ISBN: 978-1-118-66903-7.
31. Paniagua, L. L., García-Martín, A., Moral, F. J. & Rebollo, F. J. Aridity in the Iberian Peninsula (1960–2017): distribution, tendencies, and changes. *Theoretical and Applied Climatology* **138**, 811–830 (2019)
https://doi.org/10.1007/s00704-019-02866-0.
32. European Commission. *COMMISSION STAFF WORKING DOCUMENT Third River Basin Management Plans Second Flood Hazard and Risk Maps and Second Flood Risk Management Plans Member State: Spain Accompanying the document REPORT FROM THE COMMISSION TO THE COUNCIL AND THE EUROPEAN PARLIAMENT on the implementation of the Water Framework Directive (2000/60/EC) and the Floods Directive (2007/60/EC) Third River Basin Management Plans Second Flood Risk Management Plans*.
https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=SWD%3A2025%3A24%3AFIN&qid=1738746144581 (2025).
33. Vicente-Serrano, S. M. *et al.* High temporal variability not trend dominates Mediterranean precipitation. *Nature* **639**, 658–666 (2025)
https://doi.org/10.1038/s41586-024-08576-6.
34. Miró, J. J., Estrela, M. J., Corell, D., Gómez, I. & Luna, M. Y. Precipitation and drought trends (1952–2021) in a key hydrological recharge area of the eastern Iberian Peninsula. *Atmospheric Research* **286**, 106695 (2023)
https://doi.org/10.1016/j.atmosres.2023.106695.

35. Granata, F., Zhu, S. & Di Nunno, F. Hydrological extremes in the Mediterranean basin: interactions, impacts, and adaptation in the face of climate change. *Regional Environmental Change* **25**, 100 (2025)
https://doi.org/10.1007/s10113-025-02432-7.
36. Meseguer-Ruiz, O., Lopez-Bustins, J. A., Arbiol-Roca, L., Martin-Vide, J., Miró, J. & Estrela, M. J. Temporal changes in extreme precipitation and exposure of tourism in Eastern and South-Eastern Spain. *Theoretical and Applied Climatology* **144**, 379–390 (2021)
https://doi.org/10.1007/s00704-021-03548-6.
37. Miró, J. J., Estrela, M. J., Caselles, V. & Gómez, I. Spatial and temporal rainfall changes in the Júcar and Segura basins (1955–2016): Fine-scale trends. *International Journal of Climatology* **38**, 4699–4722 (2018)
https://doi.org/10.1002/joc.5689.
38. Paredes-Fortuny, L. & Khodayar, S. Understanding the Magnification of Heatwaves over Spain: Relevant changes in the most extreme events. *Weather and Climate Extremes* **42**, 100631 (2023)
https://doi.org/10.1016/j.wace.2023.100631.
39. Carvalho, D., Pereira, S. C., Silva, R. & Rocha, A. Aridity and desertification in the Mediterranean under EURO-CORDEX future climate change scenarios. *Climatic Change* **174**, 28 (2022)
https://doi.org/10.1007/s10584-022-03454-4.
40. López-Moreno, J. I., Revuelto, J., Izagirre, E., Alonso-González, E., Vidaller, I. & Bonsoms, J. No hope for Pyrenean glaciers. *Annals of Glaciology* **66**, e17 (2025)
https://doi.org/10.1017/aog.2025.10015.
41. Tobías, A., Royé, D. & Iñiguez, C. Heat-attributable Mortality in the Summer of 2022 in Spain. *Epidemiology* **34**, e5 (2023)
https://doi.org/10.1097/EDE.0000000000001583.
42. Hsu, A., Sheriff, G., Chakraborty, T. & Manya, D. Disproportionate exposure to urban heat island intensity across major US cities. *Nature Communications* **12**, (2021)
https://doi.org/10.1038/s41467-021-22799-5.
43. Oficina de Ciencia y Tecnología del Congreso de los Diputados (Oficina C). *Informe C. Calidad del aire: avances y mejores prácticas: Nuevas oportunidades ante un desafío sistémico*.
https://oficinac.es/informes-c/calidad-del-aire (2023)
https://doi.org/10.57952/H3YE-1663.
44. Vicente Serrano, S. The evolution of climatic drought studies in Spain over the last few decades. *Geographicalia* 7–34 (2021)
https://doi.org/10.26754/ojs_geoph/geoph.2021734640.
45. Camuera, J. *et al.* Drought as a possible contributor to the Visigothic Kingdom crisis and Islamic expansion in the Iberian Peninsula. *Nature Communications* **14**, 5733 (2023)
https://doi.org/10.1038/s41467-023-41367-7.
46. Domínguez-Castro, F., Santisteban, J. I., Barriendos, M. & Mediavilla, R. Reconstruction of drought episodes for central Spain from rogation ceremonies recorded at the Toledo Cathedral from 1506 to 1900: A methodological approach. *Global and Planetary Change* **63**, 230–242 (2008)
https://doi.org/10.1016/j.gloplacha.2008.06.002.
47. Dominguez-Castro, F. & García-Herrera, R. Documentary sources to investigate multidecadal variability of droughts. *Cuadernos de Investigación Geográfica* **42**, 13–27 (2016)
https://doi.org/10.18172/cig.2936.
48. Martín-Vide, J. & Vallvé, M. B. The use of rogation ceremony records in climatic reconstruction: a case study from Catalonia (Spain). *Climatic Change* **30**, 201–221 (1995)
https://doi.org/10.1007/BF01091842.
49. Barriendos, J., Hernández, M., Gil-Guirado, S., Olcina Cantos, J. & Barriendos, M. Droughts of the early 19th century (1790–1830) in the northeastern Iberian Peninsula: integration of historical and instrumental data for high-resolution reconstructions of extreme events. *Climate of the Past* **20**, 2595–2616 (2024)
https://doi.org/10.5194/cp-20-2595-2024.
50. Trullenque-Blanco, V., Beguería, S., Vicente-Serrano, S. M., Peña-Angulo, D. & González-Hidalgo, C. Catalogue of drought events in peninsular Spanish along 1916–2020 period. *Scientific Data* **11**, 703 (2024)
https://doi.org/10.1038/s41597-024-03484-w.
51. Blanco, M. Á. del A. Famine in Spain During Franco's Dictatorship, 1939–52. *Journal of Contemporary History* **56**, 3–27 (2021)
https://doi.org/10.1177/0022009419876004.
52. Ruiz Pérez, J. M. La 'pertinaz sequía' en las cuencas hidrográficas del óvalo valenciano (1930-1960). *Cuadernos de Geografía* 95–116 (2012).
53. Carnicer, J. *et al.* Regime shifts of Mediterranean forest carbon uptake and reduced resilience driven by multidecadal ocean surface temperatures. *Global Change Biology* **25**, 2825–2840 (2019)
https://doi.org/10.1111/gcb.14664.
54. Subdirección General de Dominio Público Hidráulico e Infraestructuras. *Informe de actuaciones de gestion de la sequia 2022-2023*.
https://www.miteco.gob.es/content/dam/miteco/es/agua/temas/observatorio-nacional-de-la-sequia/informe-actuaciones-gestion-sequia-2022-2023/Informe_actuaciones_gestion_sequia_2022_2023.pdf .
55. Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico (MITECO). El 14,6% del territorio está en emergencia por escasez de agua y el 27,4%, en alerta.
https://www.miteco.gob.es/es/prensa/ultimas-noticias/2023/09/el-14-6--del-territorio-esta-en-emergencia-por-escasez-de-agua-y.html [19/05/2025].
56. Gleick, P. H. *Water in Crisis. A Guide to the World's Fresh Water Resources*. (Oxford University Press, 1993). ISBN: 978-0-19-507628-8.
57. El Ciclo del Agua - The Water Cycle, Spanish | U.S. Geological Survey.
https://www.usgs.gov/special-topics/water-science-school/science/el-ciclo-del-agua-water-cycle-spanish [13/07/2025].
58. Granata, F. & Di Nunno, F. Pathways for Hydrological Resilience: Strategies for Adaptation in a Changing Climate. *Earth Systems and Environment* (2025)
https://doi.org/10.1007/s41748-024-00567-x.
59. Tetzlaff, D., Laudon, H., Luo, S. & Soulsby, C. Ecohydrological resilience and the landscape water storage continuum in droughts. *Nature Water* **2**, 915–918 (2024)
https://doi.org/10.1038/s44221-024-00300-y.
60. Confederación Hidrográfica del Segura. *Evaluación Ambiental Estratégica del Plan Hidrológico Nacional. Situación de los recursos hídricos en España: efectos ambientales de los problemas de escasez.*
https://www.chsegura.es/export/sites/chs/descargas/planificacionydma/planhidrologiconacional/evaluacionambientalestrategica/docsdescarga/2.pdf .
61. Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico. *Usos del agua en España 2021/22. Dirección General del Agua.*
https://www.miteco.gob.es/content/dam/miteco/es/agua/temas/seguridad-de-presas-y-embalses/informes-usos-del-agua/usos_agua_21-22_def.pdf (2023).
62. Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico (MITECO). Categorías y tipos de masas de agua superficiales.
https://www.miteco.gob.es/es/agua/temas/estado-y-calidad-de-las-aguas/aguas-superficiales/categorias-y-tipos-de-masas-de-agua.html [20/05/2025].
63. Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico. *Líneas de Actuación para la mejora de la seguridad de las presas y embalses 2023–2033.*
https://www.miteco.gob.es/es/agua/temas/seguridad-de-presas-y-embalses/lineas-actuacion-mejora-seguridad-presasembalses-2023-2033.html (2023).
64. Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico. Planes Hidrológicos y Programa de Medidas. Clasificación del estado de las masas de agua superficial.
https://servicio.mapa.gob.es/pphh/queries/resumenSWBEstado [09/10/2025].
65. Proyecto AMBER: Adaptive Management of Barriers in European Rivers. *AEMS*
https://riosconvida.es/proyecto-amber-2/ [09/10/2025].
66. Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico. *Plan de Acción de Aguas Subterráneas 2023-2030*.
https://www.miteco.gob.es/content/dam/miteco/es/agua/temas/planificacion-hidrologica/planificacion-hidrologica/paas-plan-de-acci%C3%B3n-de-aguas-subterr%C3%A1neas/PAAS.pdf (2023).
67. Custodio, E. Consideraciones sobre el pasado, presente y futuro de las aguas subterráneas en España. *Ingeniería del agua* **26**, 1–17 (2022)
https://doi.org/10.4995/ia.2022.16245.
68. UNESCO. Informe Mundial de las Naciones Unidas sobre el Desarrollo de los Recursos Hídricos 2022: aguas subterráneas: hacer visible el recurso invisible.
https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000382894 [20/05/2025].

CONGRESO DE LOS DIPUTADOS
FECYT INNOVACIÓN

69. Diodato, N., Seim, A., Ljungqvist, F. C. & Bellocchi, G. A millennium-long perspective on recent groundwater changes in the Iberian Peninsula. *Communications Earth & Environment* **5**, 1–15 (2024)
https://doi.org/10.1038/s43247-024-01396-6.
70. Petersen-Perlman, J. D., Aguilar-Barajas, I. & Megdal, S. B. Drought and groundwater management: Interconnections, challenges, and policyresponses. *Current Opinion in Environmental Science & Health* **28**, 100364 (2022)
https://doi.org/10.1016/j.coesh.2022.100364.
71. Pulido-Velazquez, D., Collados-Lara, A.-J. & Alcalá, F. J. Assessing impacts of future potential climate change scenarios on aquifer recharge in continental Spain. *Journal of Hydrology* **567**, 803–819 (2018)
https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2017.10.077.
72. *Directiva 2007/60/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 23 de octubre de 2007, relativa a la evaluación y gestión de los riesgos de inundación (Texto pertinente a efectos del EEE). OJ L* vol. 288 (2007).
73. *Directiva 2000/60/CE del Parlamento Europeo y del Consejo de 23 de octubre de 2000 por la que se establece un marco comunitario de actuación en el ámbito de la política de aguas*. (2000).
74. Water scarcity and droughts - European Commission.
https://environment.ec.europa.eu/topics/water/water-scarcity-and-droughts_en [24/03/2025].
75. *COMUNICACIÓN DE LA COMISIÓN AL PARLAMENTO EUROPEO, AL CONSEJO, AL COMITÉ ECONÓMICO Y SOCIAL EUROPEO Y AL COMITÉ DE LAS REGIONES Plan para salvaguardar los recursos hídricos de Europa*. (2012).
76. European Commission. European Water Resilience Strategy.
https://environment.ec.europa.eu/publications/european-water-resilience-strategy_en [09/06/2025].
77. Colmenar, E. Las Confederaciones Hidrográficas cumplen 75 años. Bodas de platino. *Ambienta* (2001).
78. Ministerio de Medio Ambiente. *Real Decreto Legislativo 1/2001, de 20 de julio, por el que se aprueba el texto refundido de la Ley de Aguas*. vol. BOE-A-2001-14276 26791–26817 (2001).
79. Planificación Hidrológica en España. *Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico*
https://www.miteco.gob.es/es/agua/temas/planificacion-hidrologica/planificacion-hidrologica.html [19/04/2025].
80. *Directive 2000/60/EC of the European Parliament and of the Council of 23 October 2000 establishing a framework for Community action in the field of water policy*. (2014).
81. Convenios y acuerdos internacionales. *Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico*
https://www.miteco.gob.es/es/agua/temas/convenios-acuerdos-internacionales.html [12/06/2025].
82. Convenio de Albufeira.
https://www.cadc-albufeira.eu/es.html [12/06/2025].
83. Ministerio de Asuntos Exteriores y de Cooperación. *Acuerdo administrativo entre España y Francia sobre gestión del agua, firmado en Toulouse el 15 de febrero de 2006*. vol. BOE-A-2006-14633 30236–30237 (2006).
84. BOE-A-2001-13042 Ley 10/2001, de 5 de julio, del Plan Hidrológico Nacional.
https://www.boe.es/buscar/act.php?id=BOE-A-2001-13042 [21/04/2025].
85. Maia, R. & Vicente-Serrano, S. M. Drought Planning and Management in the Iberian Peninsula. *Drought and Water Crises* (CRC Press, 2017).
86. Confederación Hidrográfica del Duero. Plan Especial de Sequía. Demarcación Hidrográfica del Duero. Memoria 2018. (2018).
87. Albiac Murillo, J., Esteban Gracia, E. & Baccour, S. *La situación y perspectivas de los recursos hídricos en España*.
https://documentos.fedea.net/pubs/eee/2023/eee2023-29.pdf (2023).
88. Vargas Molina, J. & Salgado, P. P. Drought Policy and Governance in Spain: New Tools and Remaining Challenges. *Droughts in Chile: Impacts, Monitoring, and Adaptation (Management) Policies* (eds. Rivera, D. & Donoso, G.) 191–218 (Springer Nature Switzerland, 2025). ISBN: 978-3-031-85040-0.
89. Hernandez-Mora, N., Vargas, J. & La Calle, A. *Guía metodológica para la elaboración participada de planes de gestión de riesgo por sequía en pequeñas y medianas poblaciones*.
https://fnca.eu/biblioteca-del-agua/directorio/file/2840?search=1 (2018).
90. UNCCD. *Drought Hotspots Around the World 2023-2025. United Nations Convention to Combat Desertification*.
https://www.unccd.int/resources/publications/drought-hotspots-around-world-2023-2025 (2025).
91. BOE-A-2023-11187 Real Decreto-ley 4/2023, de 11 de mayo, por el que se adoptan medidas urgentes en materia agraria y de aguas en respuesta a la sequía y al agravamiento de las condiciones del sector primario derivado del conflicto bélico en Ucrania y de las condiciones climatológicas, así como de promoción del uso del transporte público colectivo terrestre por parte de los jóvenes y prevención de riesgos laborales en episodios de elevadas temperaturas.
https://www.boe.es/buscar/act.php?id=BOE-A-2023-11187 [21/04/2025].
92. BOE-A-2022-4136 Real Decreto-ley 4/2022, de 15 de marzo, por el que se adoptan medidas urgentes de apoyo al sector agrario por causa de la sequía.
https://www.boe.es/buscar/act.php?id=BOE-A-2022-4136 [21/04/2025].
93. Walker, D. W., Salman, M., Pek, E., Stefanski, R. & Aich, V. *Guidelines on institutional coordination for drought management*.
https://doi.org/10.4060/cd2282en (2024).
94. De Stefano, L. *Informe sobre mejora de la coordinación interadministrativa y reforma de los órganos de participación de la administración del agua*.
https://www.miteco.gob.es/content/dam/miteco/es/agua/temas/sistema-espaniol-gestion-agua/libro-verde-gobernanza/informes-tematicos/06-informe-tematico-coordinacion-interadministrativa-reforma-organos-participacion-admagua_tcm30-517272.pdf (2020).
95. BOE-A-1985-5392 Ley 7/1985, de 2 de abril, Reguladora de las Bases del Régimen Local.
https://www.boe.es/buscar/act.php?id=BOE-A-1985-5392 [16/06/2025].
96. Integrated Drought Management Programme.
https://www.droughtmanagement.info/ [07/04/2025].
97. International Drought Resilience Alliance.
https://idralliance.global/ [15/06/2025].
98. Van Loon, A. F. *et al.* Drought in the Anthropocene. *Nature Geoscience* **9**, 89–91 (2016)
https://doi.org/10.1038/ngeo2646.
99. Ceglar, A., Danieli, F., Heemskerk, I., Jwaideh, M. & Ranger, N. The European economy is not drought-proof. (2025).
100. Mosley, L. M. Drought impacts on the water quality of freshwater systems; review and integration. *Earth-Science Reviews* **140**, 203–214 (2015)
https://doi.org/10.1016/j.earscirev.2014.11.010.
101. Vogt, J. V. *et al. Drought risk assessment and management: a conceptual framework*. (Publications Office of the European Union, 2018). ISBN: 978-92-79-97469-4.
102. Rahman, G., Jung, M.-K., Kim, T.-W. & Kwon, H.-H. Drought impact, vulnerability, risk assessment, management and mitigation under climate change: A comprehensive review. *KSCE Journal of Civil Engineering* **29**, 100120 (2025)
https://doi.org/10.1016/j.kscej.2024.100120.
103. Raymond, C. *et al.* Understanding and managing connected extreme events. *Nature Climate Change* **10**, 611–621 (2020)
https://doi.org/10.1038/s41558-020-0790-4.
104. Sadegh, M. *et al.* Multihazard Scenarios for Analysis of Compound Extreme Events. *Geophysical Research Letters* **45**, 5470–5480 (2018)
https://doi.org/10.1029/2018GL077317.
105. Vadez, V. *et al.* Water use efficiency across scales: from genes to landscapes. *Journal of Experimental Botany* **74**, 4770–4788 (2023)
https://doi.org/10.1093/jxb/erad052.
106. Tudose, N. C. *et al.* Challenges and opportunities of knowledge co-creation for the water-energy-land nexus. *Climate Services* **30**, 100340 (2023)
https://doi.org/10.1016/j.cliser.2023.100340.
107. Convención de las Naciones Unidas de Lucha contra la Desertificación (CNULD). *Soluciones lideradas por mujeres para la resiliencia a la sequía: Resumen para los y las responsables de la formulación de políticas*.
https://www.unccd.int/resources/publications/women-led-solutions-drought-resilience (2024).

108. Romero-Gomez, G., Nadal, J. & Saurí, D. Experiences of water poverty in the metropolitan area of Barcelona: implications for the Global North. *Journal of Water, Sanitation and Hygiene for Development* **14**, 819–832 (2024)
https://doi.org/10.2166/washdev.2024.041.
109. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. *Informe anual de indicadores*.
https://www.mapa.gob.es/es/ministerio/servicios/analisis-y-prospectiva/resumen_cap_21_tcm30-693946.pdf (2023).
110. FAO. *The impact of disasters and crises on agriculture and food security: 2021*.
https://www.fao.org/in-action/kore/publications/publications-details/en/c/1382132/ (2021).
111. Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico. Impactos y Riesgos Derivados del Cambio Climático en España.
https://www.miteco.gob.es/content/dam/miteco/es/cambio-climatico/temas/impactos-vulnerabilidad-y-adaptacion/informeimpactosriesgosccespana_tcm30-518210.pdf [21/04/2025].
112. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. *Encuesta de Superficies y Rendimientos de Cultivos en España ESYRCE. Avance de resultados 2024*.
https://www.mapa.gob.es/es/estadistica/temas/estadisticas-agrarias/agricultura/esyrce (2025).
113. Ministerio para la Transición Ecológica. Síntesis de los planes hidrológicos españoles. Segundo ciclo de la DMA (2015-2021).
114. National Integrated Drought Information System. Drought and Agricultural Impacts. *Drought.gov*
https://www.drought.gov/sectors/agriculture [01/04/2025].
115. European Commission. Joint Research Centre (JRC). Global drought threatens food supplies and energy production - European Commission.
https://joint-research-centre.ec.europa.eu/jrc-news-and-updates/global-drought-threatens-food-supplies-and-energy-production-2024-10-02_en [01/04/2025].
116. Hernández-Mora, N., Gil, M., Garrido, A. & Rodriguez, R. (2013) La Sequia 2005-2008 en la Cuenca del Ebro: Vulnerabilidad, Impactos y Medidas de Gestión. CEIGRAM. Universidad Politécnica de Madrid. Madrid.
117. Iglesias, E., Báez, K. & Diaz-Ambrona, C. H. Assessing drought risk in Mediterranean Dehesa grazing lands. *Agricultural Systems* **149**, 65–74 (2016)
https://doi.org/10.1016/j.agsy.2016.07.017.
118. Corrales Dios, N. Efectos económicos de la sequía en España: el caso de Extremadura. *Efectos económicos de la sequía en España: el caso de Extremadura* 1–403 (Universidad de Extremadura, 2024).
119. Destocking National Drought Mitigation Center.
https://drought.unl.edu/ranchplan/DuringDrought/Destocking-FinancialConsiderations.aspx [17/07/2025].
120. FAO. *Repercusiones de los desastres en la agricultura y la seguridad alimentaria 2023*.
https://openknowledge.fao.org/handle/20.500.14283/cc7900es (2024).
121. Shekhar, S., Sinha, R. R. K., Kumar, K. & Nirala, R. Livestock Production Under Drought and Heat Stress. *Drought and Heat Stress in Agriculture: Implications, Mitigation and Policy Approaches* (eds. Dubey, R., Shubha, K., Rakshit, A., Kumar, S. & Das, A.) 93–110 (Springer Nature, 2025). ISBN: 978-981-9657-35-3.
122. Tofu, D. A., Dilbato, T., Fana, C., Dirbaba, N. B. & Tesso, G. Analysis of vulnerability, its drivers, and strategies applied towards reducing the pastoral and agro-pastoral livelihood vulnerability to climatic shocks. *Scientific Reports* **15**, 2567 (2025)
https://doi.org/10.1038/s41598-024-79165-w.
123. van den Bosch, M., Costanza, J. K., Peek, R. A., Mola, J. M. & Steel, Z. L. Climate change scenarios forecast increased drought exposure for terrestrial vertebrates in the contiguous United States. *Communications Earth & Environment* **5**, 708 (2024)
https://doi.org/10.1038/s43247-024-01880-z.
124. Camarero, J. J., Rubio-Cuadrado, Á., González de Andrés, E. & Valeriano, C. Drought limits tree growth more than greenness and reproduction: insights from five case studies in Spain. *Forest Ecosystems* **13**, (2025)
https://doi.org/10.1016/j.fecs.2025.100329.
125. Pasho, E., Camarero, J. J., de Luis, M. & Vicente-Serrano, S. M. Impacts of drought at different time scales on forest growth across a wide climatic gradient in north-eastern Spain. *Agricultural and Forest Meteorology* **151**, 1800–1811 (2011)
https://doi.org/10.1016/j.agrformet.2011.07.018.
126. Yu'an, W. Plant biodiversity and drought resilience: Insights from a resilience model study in North America. *Ecological Frontiers* **45**, 507–513 (2025)
https://doi.org/10.1016/j.ecofro.2024.12.013.
127. Naciones Unidas. *Informe de los Objetivos de Desarrollo Sostenible 2023: Edición especial. Por un plan de rescate para las personas y el planeta*.
https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/water-and-sanitation/ (2023).
128. Naciones Unidas. *64/292. El derecho humano al agua y el saneamiento. Resolución aprobada por la Asamblea General el 28 de julio de 2010*.
https://documents.un.org/doc/undoc/gen/n09/479/38/pdf/n0947938.pdf (2010).
129. Sauri, D. The decline of water consumption in Spanish cities: structural and contingent factors. *International Journal of Water Resources Development* **36**, 909–925 (2020)
https://doi.org/10.1080/07900627.2019.1634999.
130. Nota de Prensa: Estadística sobre el Suministro y Saneamiento del Agua. Año 2022. *INE*
https://ine.es/dyngs/Prensa/es/ESSA2022.htm [18/07/2025].
131. Baigorri, B., Montañés, A. & Simón-Fernández, M. B. Household Water Consumption in Spain: Disparities between Region. *Water* **14**, 1121 (2022)
https://doi.org/10.3390/w14071121.
132. Llamas, M. R. Consideraciones sobre la sequía de 1991 a 1995 en España. *Ingeniería del agua* **4**, 39–50 (1997).
133. Ituarte, L. del M. El abastecimiento de Sevilla y su zona de influencia: inercias de la política de oferta y debilidades de la gestión de la demanda. *Investigaciones Geográficas* 119–131 (1994)
https://doi.org/10.14198/INGEO1994.12.04.
134. País, E. & Molina, M. Más de un millón de habitantes de Sevilla, afectados por cortes de agua durante 12 horas. *El País* (1993).
135. Martínez Cortina, L. & Llamas Madurga, M. R. *Gestión de las sequías en España. Papel de las aguas subterráneas*.
https://aguassubterraneas.abas.org/asubterraneas/article/view/23891 (2020).
136. World Drought Atlas: the global water crisis requires urgent action - European Commission.
https://joint-research-centre.ec.europa.eu/jrc-news-and-updates/world-drought-atlas-global-water-crisis-requires-urgent-action-2024-12-02_en [07/04/2025].
137. IEA. Spain - Countries & Regions.
https://www.iea.org/countries/spain [18/07/2025].
138. van Vliet, M. T. H., Sheffield, J., Wiberg, D. & Wood, E. F. Impacts of recent drought and warm years on water resources and electricity supply worldwide. *Environmental Research Letters* **11**, 124021 (2016)
https://doi.org/10.1088/1748-9326/11/12/124021.
139. Brás, T. A., Simoes, S. G., Amorim, F. & Fortes, P. How much extreme weather events have affected European power generation in the past three decades? *Renewable and Sustainable Energy Reviews* **183**, 113494 (2023)
https://doi.org/10.1016/j.rser.2023.113494.
140. OECD. *Global Drought Outlook: Adapting to drought risk for long-term resilience*.
https://www.oecd.org/en/publications/global-drought-outlook_d492583a-en/full-report/adapting-to-drought-risk-for-long-term-resilience_55e0232a.html (2025).
141. Wilkins, E., de Urioste-Stone, S., Weiskittel, A. & Gabe, T. Effects of Weather Conditions on Tourism Spending: Implications for Future Trends under Climate Change. *Journal of Travel Research* **57**, 1042–1053 (2018)
https://doi.org/10.1177/0047287517728591.
142. Baños, C. J., Hernández, M., Rico, A. M. & Olcina, J. The Hydrosocial Cycle in Coastal Tourist Destinations in Alicante, Spain: Increasing Resilience to Drought. *Sustainability* **11**, 4494 (2019)
https://doi.org/10.3390/su11164494.
143. Gössling, S., Peeters, P., Hall, C. M., Ceron, J.-P., Dubois, G., Lehmann, L. V. & Scott, D. Tourism and water use: Supply, demand, and security. An international review. *Tourism Management* **33**, 1–15 (2012)
https://doi.org/10.1016/j.tourman.2011.03.015.

CONGRESO DE LOS DIPUTADOS
FECYT INNOVACIÓN

144. Thomas, D. S. K., Wilhelmi, O. V., Finnessey, T. N. & Deheza, V. A comprehensive framework for tourism and recreation drought vulnerability reduction. *Environmental Research Letters* **8**, 044004 (2013)
https://doi.org/10.1088/1748-9326/8/4/044004.
145. Martínez-Ibarra, E. Climate, water and tourism: causes and effects of droughts associated with urban development and tourism in Benidorm (Spain). *International Journal of Biometeorology* **59**, 487–501 (2015)
https://doi.org/10.1007/s00484-014-0851-3.
146. European Commission. *Statistical pocketbook 2024- EU Transport in figures*.
https://transport.ec.europa.eu/facts-funding/studies-data/eu-transport-figures-statistical-pocketbook/statistical-pocketbook-2024_en (2024).
147. Salvador, C., Nieto, R., Linares, C., Díaz, J. & Gimeno, L. Short-term effects of drought on daily mortality in Spain from 2000 to 2009. *Environmental Research* **183**, 109200 (2020)
https://doi.org/10.1016/j.envres.2020.109200.
148. Stanke, C., Kerac, M., Prudhomme, C., Medlock, J. & Murray, V. Health Effects of Drought: a Systematic Review of the Evidence. *PLoS Currents* **5**, ecurrents.dis.7a2cee9e980f91ad7697b570bcc4b004 (2013)
https://doi.org/10.1371/currents.dis.7a2cee9e980f91ad7697b570bcc4b004.
149. Padrón-Monedero, A., Linares, C., Díaz, J. & Noguer-Zambrano, I. Impact of drought on mental and behavioral disorders, contributions of research in a climate change context. A narrative review. *International Journal of Biometeorology* **68**, 1035–1042 (2024)
https://doi.org/10.1007/s00484-024-02657-x.
150. Carnie, T.-L., Berry, H. L., Blinkhorn, S. A. & Hart, C. R. In their own words: Young people's mental health in drought-affected rural and remote NSW. *Australian Journal of Rural Health* **19**, 244–248 (2011)
https://doi.org/10.1111/j.1440-1584.2011.01224.x.
151. Hanigan, I. C., Butler, C. D., Kokic, P. N. & Hutchinson, M. F. Suicide and drought in New South Wales, Australia, 1970–2007. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* **109**, 13950–13955 (2012)
https://doi.org/10.1073/pnas.1112965109.
152. Oficina de Ciencia y Tecnología del Congreso de los Diputados (Oficina C). *Informe C. Prevención activa del suicidio: Una mirada integral de la conducta suicida en España*.
https://oficinac.es/es/informes-c/prevencion-suicidio (2024)
https://doi.org/10.57952/SY3A-8F56.
153. European State of the Climate 2022 | Copernicus.
https://climate.copernicus.eu/esotc/2022 [19/06/2025].
154. Joint Research Centre (European Commission). *Drought in Europe: July 2022 : GDO analytical report*.
https://data.europa.eu/doi/10.2760/014884 (2022).
155. Toreti, A. *et al. Drought in Europe: April 2022 GDO analytical report*.
https://data.europa.eu/doi/10.2760/40384 (2022).
156. Joint Research Centre (European Commission). *JRC MARS Bulletin: crop monitoring in Europe. Vol. 30, no 7, July 2022*. (Oficina de Publicaciones de la Unión Europea, 2022).
157. Bardají Azcárate, I., Alcantud Izquierdo, M., Blando Gutiérrez, I., Esteve Bengoechea, P., Lassaletta Coto, L., Sanz Cobeña, A. & Soriano Martínez, B. *Indicadores de sostenibilidad en el sector agroalimentario. Informe 2024*.
https://www.ces.es/documents/10180/5246687/Inf0221.pdf/b3bff689-bd99-6324-5cb2-c2de7b19f154 (2025).
158. Notteboom, T. Inland Waterway Transport of Containerised Cargo: From Infancy to a Fully Fledged Transport Mode. *Journal of Maritime Research* **4**, 63–80 (2007).
159. Vinke, F., van Koningsveld, M., van Dorsser, C., Baart, F., van Gelder, P. & Vellinga, T. Cascading effects of sustained low water on inland shipping. *Climate Risk Management* **35**, 100400 (2022)
https://doi.org/10.1016/j.crm.2022.100400.
160. Hagenlocher, M. *et al.* Tackling Growing Drought Risks—The Need for a Systemic Perspective. *Earth's Future* **11**, e2023EF003857 (2023)
https://doi.org/10.1029/2023EF003857.
161. Dirección General de Comunicación, Comisión Europea. *Acciones REPowerEU*.
https://data.europa.eu/doi/10.2775/09107 (2022).
162. van Vliet, M. T. H., Yearsley, J. R., Ludwig, F., Vögele, S., Lettenmaier, D. P. & Kabat, P. Vulnerability of US and European electricity supply to climate change. *Nature Climate Change* **2**, 676–681 (2012)
https://doi.org/10.1038/nclimate1546.
163. Chaleur et sécheresse : une dérogation de rejets pour cinq centrales nucléaires jusqu'au 11 septembre prochain - ici. *ici, le média de la vie locale*
https://www.francebleu.fr/infos/environnement/chaleur-et-secheresse-une-derogation-de-rejets-pour-cinq-centrales-nucleaires-jusqu-au-11-septembre-1659805848 [20/06/2025].
164. Challinor, A. J., Adger, W. N., Benton, T. G., Conway, D., Joshi, M. & Frame, D. Transmission of climate risks across sectors and borders. *Philosophical Transactions of the Royal Society A: Mathematical, Physical and Engineering Sciences* **376**, 20170301 (2018)
https://doi.org/10.1098/rsta.2017.0301.
165. Chatzopoulos, T., Pérez Domínguez, I., Zampieri, M. & Toreti, A. Climate extremes and agricultural commodity markets: A global economic analysis of regionally simulated events. *Weather and Climate Extremes* **27**, 100193 (2020)
https://doi.org/10.1016/j.wace.2019.100193.
166. Rodina, L. Defining "water resilience": Debates, concepts, approaches, and gaps. *WIREs Water* **6**, e1334 (2019)
https://doi.org/10.1002/wat2.1334.
167. *Directiva 2000/60/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 23 de octubre de 2000, por la que se establece un marco comunitario de actuación en el ámbito de la política de aguas*.
https://www.boe.es/buscar/doc.php?id=DOUE-L-2000-82524 (2000).
168. *Europe's state of water 2024: the need for improved water resilience*.
https://www.eea.europa.eu/en/analysis/publications/europes-state-of-water-2024 (2024).
169. Olías, M., Basallote, M. D., Cánovas, C. R. & Pérez-Carral, C. Groundwater divide shifting due to pumping in a sector of the Doñana aquifer system (SW Spain): environmental implications. *Environmental Monitoring and Assessment* **197**, 526 (2025)
https://doi.org/10.1007/s10661-025-13965-z.
170. Pulido-Velazquez, D. *et al.* Integrating stakeholders' inputs to co-design climate resilience adaptation measures in Mediterranean areas with conflicts between wetland conservation and intensive agriculture. *Science of The Total Environment* **870**, 161905 (2023)
https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2023.161905.
171. López-Ballesteros, A., Trolle, D., Srinivasan, R. & Senent-Aparicio, J. Assessing the effectiveness of potential best management practices for science-informed decision support at the watershed scale: The case of the Mar Menor coastal lagoon, Spain. *Science of The Total Environment* **859**, 160144 (2023)
https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2022.160144.
172. Amador, P., Soria, J., Moratalla-López, J. & Rico, A. Looking beyond the surface: Understanding the role of multiple stressors on the eutrophication status of the Albufera Lake (Valencia, Spain). *Science of The Total Environment* **956**, 177247 (2024)
https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2024.177247.
173. Rees, C. B. van, Jumani, S., Abera, L., Rack, L., McKay, S. K. & Wenger, S. J. The potential for nature-based solutions to combat the freshwater biodiversity crisis. *PLOS Water* **2**, e0000126 (2023)
https://doi.org/10.1371/journal.pwat.0000126.
174. Directorate-General for Environment (European Commission). *Managed aquifer recharge (MAR): common implementation strategy for the water framework directive and the floods directive*. (Publications Office of the European Union, 2025). ISBN: 978-92-68-24101-1.
175. Ávila-Marín, J., Gil-Márquez, J. M. & Andreo, B. Evaluating the feasibility of Managed Aquifer Recharge techniques as a drought mitigation strategy for the Seville water supply system (southern Spain). *Science of The Total Environment* **983**, 179636 (2025)

https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2025.179636.
176. Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico. *Libro Verde de la Gobernanza del Agua en España*. (2020).
177. Ruiz Hernández, J. M. & López Geta, J. A. *Los planes nacionales de Investigación de Aguas Subterráneas (PIAS), de Gestión y Conservación de los Acuíferos (PGCA) y de Abastecimiento a Núcleos Urbanos (PANU)*. (Consejo Superior de Investigaciones Científicas (España), 2024). ISBN: 978-84-00-11309-4.
178. Qiu, J., Shen, Z. & Xie, H. Drought impacts on hydrology and water quality under climate change. *Science of The Total Environment* **858**, 159854 (2023)
https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2022.159854.
179. Saiz, E. La sequía condena a los 80.000 habitantes del norte de Córdoba a cuatro meses en las colas del agua. *El País*
https://elpais.com/sociedad/2023-08-22/la-sequia-condena-a-los-80000-habitantes-del-norte-de-cordoba-a-cuatro-meses-en-las-colas-del-agua.html [18/07/2025].
180. Fernández Martínez, M., Lafuente Fernández, R., Ropero Szymańska, N., Hernández-Mora, N. & De Stefano, L. El impacto de la contaminación de las fuentes de abastecimiento sobre la confianza de la población en el agua de grifo: el caso de la Comarca de los Pedroches, Córdoba. (2025).
181. Andries, D. M., Garrido, A. & De Stefano, L. Addressing drivers and data gaps in Spain's non-compliance of drinking water quality standards. *Science of The Total Environment* **963**, 178412 (2025)
https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2025.178412.
182. *COMUNICACIÓN DE LA COMISIÓN AL PARLAMENTO EUROPEO, AL CONSEJO, AL COMITÉ ECONÓMICO Y SOCIAL EUROPEO Y AL COMITÉ DE LAS REGIONES La senda hacia un planeta sano para todos Plan de Acción de la UE: «Contaminación cero para el aire, el agua y el suelo»*. (2021).
183. Crespo Iniesta, P. & González Abadías, A. I. *Informe sobre la calidad de las aguas 2010-2023*.
https://www.miteco.gob.es/content/dam/miteco/es/agua/temas/estado-y-calidad-de-las-aguas/INFORME%20CALIDAD%20DE%20LAS%20AGUAS%202682024.pdf (2024).
184. Pascual-Aguilar, J. A., Morón-López, J., De Bustamante, I. & Belda-Carrasco, R. Procedimientos para el análisis de parámetros de calidad de aguas continentales relacionados con los afloramientos de Cianobacterias. (2022).
185. Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico. Contaminantes emergentes.
https://www.miteco.gob.es/es/agua/temas/estado-y-calidad-de-las-aguas/contaminantes-emergentes.html [17/06/2025].
186. Consejo de la Unión Europea. Aguas residuales urbanas: el Consejo adopta nuevas normas para un tratamiento más eficiente.
https://www.consilium.europa.eu/es/press/press-releases/2024/11/05/urban-wastewater-council-adopts-new-rules-for-more-efficient-treatment/ [21/07/2025].
187. *Directiva (UE) 2024/3019 del Parlamento Europeo y del Consejo, de 27 de noviembre de 2024, sobre el tratamiento de las aguas residuales urbanas, (versión refundida) (Texto pertinente a efectos del EEE)*. (2024).
188. Oficina de Ciencia y Tecnología del Congreso de los Diputados. *Informe C. Desarrollo territorial: oportunidades y desarios en los ámbitos rurales*. (2025).
189. Salvi-Taga, R. G., Meffe, R., Martínez-Hernández, V., De Miguel Garcia, A. & De Bustamante, I. Amended Vegetation Filters as Nature-Based Solutions for the Treatment of Pharmaceuticals: Infiltration Experiments Coupled to Reactive Transport Modelling. *Toxics* **12**, 334 (2024)
https://doi.org/10.3390/toxics12050334.
190. Huidobro-López, B., Martínez-Hernández, V., Barbero, L., Meffe, R., Nozal, L. & de Bustamante, I. Evaluation of contaminants of emerging concern attenuation through a vegetation filter managed using different operating conditions. *Journal of Hazardous Materials* **459**, 132217 (2023)
https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2023.132217.
191. Mijic, A., Liu, L., O'Keeffe, J., Dobson, B. & Chun, K. P. A meta-model of socio-hydrological phenomena for sustainable water management. *Nature Sustainability* **7**, 7–14 (2024)
https://doi.org/10.1038/s41893-023-01240-3.
192. Eekhout, J. P. C., Boix-Fayos, C., Pérez-Cutillas, P. & de Vente, J. The impact of reservoir construction and changes in land use and climate on ecosystem services in a large Mediterranean catchment. *Journal of Hydrology* **590**, 125208 (2020)
https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2020.125208.
193. Larraz, B. & San-Martin, E. A Tale of Two Dams: The Impact of Reservoir Management on Rural Depopulation in Central Spain. *Water Resources Management* **35**, 4769–4787 (2021)
https://doi.org/10.1007/s11269-021-02938-9.
194. Faúndez, M., Alcayaga, H., Walters, J., Pizarro, A. & Soto-Alvarez, M. Sustainability of water transfer projects: A systematic review. *Science of The Total Environment* **860**, 160500 (2023)
https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2022.160500.
195. Cooper, S. D., Lake, P. S., Sabater, S., Melack, J. M. & Sabo, J. L. The effects of land use changes on streams and rivers in mediterranean climates. *Hydrobiologia* **719**, 383–425 (2013)
https://doi.org/10.1007/s10750-012-1333-4.
196. Observatorio de las Políticas del Agua. *Retos de la planificación y gestión del agua en España. Informe 2024*.
https://fnca.eu/38-observatorio-dma/observatorio-dma/1844-retos-de-la-planificacion-y-gestion-del-agua-en-espana-informe-2024 (2025).
197. Ociepa-Kubicka, A., Deska, I. & Ociepa, E. Issues in Implementation of EU Regulations in Terms of Evaluation of Water Losses: Towards Energy Efficiency Optimization in Water Supply Systems. *Energies* **17**, 633 (2024)
https://doi.org/10.3390/en17030633.
198. Karadirek, I. E. & Aydin, M. E. Water Losses Management in Urban Water Distribution Systems. *Water and Wastewater Management: Global Problems and Measures* (eds. Bahadir, M. & Haarstrick, A.) 53–65 (Springer International Publishing, 2022). ISBN: 978-3-030-95288-4.
199. Confederación Española de Organizaciones Empresariales. *Informe sobre el agua en España: situación actual, retos y oportunidades*.
https://www.ceoe.es/es/publicaciones/sostenibilidad/informe-sobre-el-agua-en-espana-situacion-actual-retos-y-oportunidades (2023).
200. Almasoudi, S. & Jamoussi, B. Desalination technologies and their environmental impacts: A review. *Sustainable Chemistry One World* **1**, 100002 (2024)
https://doi.org/10.1016/j.scowo.2024.100002.
201. Younos, T. & Lee, J. Desalination: Concept and System Components. *Corrosion and Fouling Control in Desalination Industry* (eds. Saji, V. S., Meroufel, A. A. & Sorour, A. A.) 3–27 (Springer International Publishing, 2020). ISBN: 978-3-030-34284-5.
202. Hochstrat, R., Wintgens, T., Kazner, C., Melin, T. & Gebel, J. Options for water scarcity and drought management—the role of desalination. *Desalination and Water Treatment* **18**, 96–102 (2010)
https://doi.org/10.5004/dwt.2010.1347.
203. Glossary – Integrated Drought Management Programme.
https://www.droughtmanagement.info/find/glossary/ [08/04/2025].
204. Asociación Española de Desalación y Reutilización (AEDyR). Cifras de desalación en España. *AEDyR*
https://aedyr.com/cifras-desalacion-espana/ [23/04/2025].
205. Desalination - European Commission.
https://blue-economy-observatory.ec.europa.eu/eu-blue-economy-sectors/desalination_en [27/05/2025].
206. United Nations. Desalinization. *The First Global Integrated Marine Assessment: World Ocean Assessment I* 441–450 (Cambridge University Press, 2017). ISBN: 978-1-316-51001-8.
207. Montaño Sanz, B. *Análisis Económico de la Desalinización. Tesis doctoral*.
https://www.fundacionaquae.org/sites/default/files/tesis_borja_montano_1.pdf (2011).
208. Romero-Trigueros, C., Díaz-López, M., Vivaldi, G. A., Camposeo, S., Nicolás, E. & Bastida, F. Plant and soil microbial community responses to different water management strategies in an almond crop. *Science of The Total Environment* **778**, 146148 (2021)
https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.146148.
209. Martínez, D. Z. *Problemática y soluciones para la gestión y tratamiento de salmueras procedentes de desaladoras. Tesis doctoral*.
https://dialnet.unirioja.es/servlet/tesis?codigo=136984 (2017).
210. Elsaid, K., Sayed, E. T., Abdelkareem, M. A., Baroutaji, A. & Olabi, A. G. Environmental impact of desalination processes: Mitigation and control strategies. *Science of The Total Environment* **740**, 140125 (2020)
https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.140125.
211. Asociación Española de Desalación y Reutilización. ¿Qué es la reutilización de agua? *AEDyR*
https://aedyr.com/que-es-reutilizacion-agua/ [21/07/2025].

CONGRESO DE LOS DIPUTADOS
FECYT INNOVACIÓN

212. BOE-A-2024-21701 Real Decreto 1085/2024, de 22 de octubre, por el que se aprueba el Reglamento de reutilización del agua y se modifican diversos reales decretos que regulan la gestión del agua.
https://www.boe.es/buscar/act.php?id=BOE-A-2024-21701 [02/10/2025].
213. UNESCO. Reutilización del agua y recuperación de recursos. *UNESCO Biblioteca Digital*
https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000247683_spa [02/06/2025].
214. Sangamnere, R., Misra, T., Bherwani, H., Kapley, A. & Kumar, R. A critical review of conventional and emerging wastewater treatment technologies. *Sustainable Water Resources Management* **9**, 58 (2023)
https://doi.org/10.1007/s40899-023-00829-y.
215. Silva, J. A. Wastewater Treatment and Reuse for Sustainable Water Resources Management: A Systematic Literature Review. *Sustainability* **15**, 10940 (2023)
https://doi.org/10.3390/su151410940.
216. Asociación Española de Desalación y Reutilización (AEDyR). Cifras de reutilización de agua en España.
https://aedyr.com/cifras-reutilizacion-agua-espana/ [23/04/2025].
217. The Food and Agriculture Organization (FAO). *Reutilización del Agua*.
https://openknowledge.fao.org/server/api/core/bitstreams/931633d0-03a7-4bc8-9310-e36cbbecb98e/content .
218. Auñón-Calles, D. *et al.* Agronomic and Metabolic Responses of Citrus clementina to Long-Term Irrigation with Saline Reclaimed Water as Abiotic Factor. *International Journal of Molecular Sciences* **26**, 3450 (2025)
https://doi.org/10.3390/ijms26073450.
219. Romero-Trigueros, C., Mirás-Avalos, J. M., Bayona, J. M., Nortes, P. A., Alarcón, J. J. & Nicolás, E. Long-term effects of combining reclaimed and freshwater on mandarin tree performance. *Agricultural Water Management* **305**, 109113 (2024)
https://doi.org/10.1016/j.agwat.2024.109113.
220. Romero Trigueros, C., Nortes Tortosa, P. A., Alarcón Cabañero, J. J. & Nicolás Nicolás, E. Determination of 15N stable isotope natural abundances for assessing the use of saline reclaimed water in grapefruit. *Environmental Engineering and Management Journal* **13**, 2525–2530 (2014).
221. Lahnsteiner, J., Honer, T., Ashipala, L., Nikodemus, K., Poussade, Y. & van Rensburg, P. Windhoek/Goreangab Direct Potable Water Reuse, Case Study Namibia. *Handbook of Water and Used Water Purification* 1–18 (Springer, Cham, 2024). ISBN: 978-3-319-66382-1.
222. California State Water Resources Control Board. Regulating Direct Potable Reuse in California.
https://www.waterboards.ca.gov/drinking_water/certlic/drinkingwater/direct_potable_reuse.html [21/07/2025].
223. Moya-Fernández, P. J., López-Ruiz, S., Guardiola, J. & González-Gómez, F. Determinants of the acceptance of domestic use of recycled water by use type. *Sustainable Production and Consumption* **27**, 575–586 (2021)
https://doi.org/10.1016/j.spc.2021.01.026.
224. Dolnicar, S., Hurlimann, A. & Grün, B. What affects public acceptance of recycled and desalinated water? *Water Research* **45**, 933–943 (2011)
https://doi.org/10.1016/j.watres.2010.09.030.
225. Moesker, K., Pesch, U. & Doorn, N. Public acceptance in direct potable water reuse: a call for incorporating responsible research and innovation. *Journal of Responsible Innovation* **11**, 2304382 (2024)
https://doi.org/10.1080/23299460.2024.2304382.
226. Fielding, K. S., Dolnicar, S. & Schultz, T. Public acceptance of recycled water. *International Journal of Water Resources Development* **35**, 551–586 (2018)
https://doi.org/10.1080/07900627.2017.1419125.
227. Munné, A. *et al.* Indirect potable water reuse to face drought events in Barcelona city. Setting a monitoring procedure to protect aquatic ecosystems and to ensure a safe drinking water supply. *Science of The Total Environment* **866**, 161339 (2023)
https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2022.161339.
228. Miguel-Ebensperger, M. & Sauri, D. Social acceptance of greywater reuse in water scarce urban areas. *Water International* **50**, 154–170 (2025)
https://doi.org/10.1080/02508060.2025.2470525.
229. Hernández Hernández, M., Saurí Pujol, D. & Moltó Mantero, E. Las aguas pluviales y de tormenta: del abandono de un recurso hídrico con finalidad agrícola a su implantación como recurso no convencional en ámbitos urbanos. *Libro Homenaje al Profesor Alfredo Morales Gil* 1099–1120 (Servicio de Publicaciones de la UA, 2016). ISBN: 978-84-16724-03-1.
230. Asociación Española de Empresas de Tratamiento y Control de Aguas. Guía Técnica de aprovechamiento de aguas pluviales en edificios.
https://aquaespana.org/sites/default/files/documents/files/2016.Guia_.tecnica.pluviales.pdf [02/06/2025].
231. Villar-Navascués, R., Pérez-Morales, A. & Gil-Guirado, S. Assessment of Rainwater Harvesting Potential from Roof Catchments through Clustering Analysis. *Water* **12**, 2623 (2020)
https://doi.org/10.3390/w12092623.
232. Morote Seguido, A. F. & Hernández Hernández, M. El uso de aguas pluviales en la ciudad de Alicante. De viejas ideas a nuevos enfoques. *Número monográfico del XV Coloquio Ibérico de Geografía* 7–25 (2017)
https://revistas.um.es/geografia/article/download/279451/210491/994081.
233. Asociación Española de Empresas del Sector del Agua. *Usos y Beneficios de las Aguas Pluviales*.
https://aquaespana.org/sites/default/files/documents/files/Pildora_07-usos_beneficios_pluviales.pdf (2018).
234. Morote, A. F., Hernández, M. & Eslamian, S. Rainwater harvesting in urban areas of developed countries. The state of the art (1980-2017). *International Journal of Hydrology Science and Technology* **10**, 448 (2020)
https://doi.org/10.1504/IJHST.2020.109952.
235. Domènech, L., Saurí, D. & Catalán, B. El Potencial de Aprovechamiento de Aguas Pluviales en Medios Urbanos: el Caso de Sant Cugat del Vallès (Barcelona). (2006).
236. Adobati, F. & Garda, E. Soil releasing as key to rethink water spaces in urban planning. *City, Territory and Architecture* **7**, 9 (2020)
https://doi.org/10.1186/s40410-020-00117-8.
237. Li, M., Remme, R. P., van Bodegom, P. M. & van Oudenhoven, A. P. E. How do nature-based solutions contribute to biodiversity in cities? *Ecological Indicators* **175**, 113523 (2025)
https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2025.113523.
238. Barker, A., Garcia-Blanco, G., Garcia, I. & Aguirre-Such, A. The role of strategic planning in Nature- based Solutions (NBS) transformation: An evaluation of the Green Cities Framework in mainstreaming NBS in 6 European countries. *Nature-Based Solutions* **6**, 100157 (2024)
https://doi.org/10.1016/j.nbsj.2024.100157.
239. Mansoldo, M. D. C., de Luca, C. & Balzan, M. V. Exploring the potential for nature-based solutions to cool the streetscapes of a densely urbanised Mediterranean city. *Nature-Based Solutions* **6**, 100177 (2024)
https://doi.org/10.1016/j.nbsj.2024.100177.
240. Vasconcelos, L., Langemeyer, J., Cole, H. V. S. & Baró, F. Nature-based climate shelters? Exploring urban green spaces as cooling solutions for older adults in a warming city. *Urban Forestry & Urban Greening* **98**, 128408 (2024)
https://doi.org/10.1016/j.ufug.2024.128408.
241. Toledo, I., Pagán, J. I., López, I., Aragonés, L. & Olcina, J. Nature-based solutions on the coast in face of climate change: The case of Benidorm (Spain). *Urban Climate* **53**, 101816 (2024)
https://doi.org/10.1016/j.uclim.2024.101816.
242. Cornelis, W., Waweru, G. & Araya, T. Building Resilience Against Drought and Floods: The Soil-Water Management Perspective. *Sustainable Agriculture Reviews 29: Sustainable Soil Management: Preventive and Ameliorative Strategies* (eds. Lal, R. & Francaviglia, R.) 125–142 (Springer International Publishing, 2019). ISBN: 978-3-030-26265-5.
243. European Commission. *Commission recommendation of 4.6.2025 on guiding principles of water efficiency first.*
https://circabc.europa.eu/ui/group/1c566741-ee2f-41e7-a915-7bd88bae7c03/library/60a0b072-6192-4fb1-ac27-c2387117b7ed/details (2025).
244. Grafton, R. Q. *et al.* The paradox of irrigation efficiency. *Science* **361**, 748–750 (2018)
https://doi.org/10.1126/science.aat9314.
245. FAO. *Does improved irrigation technology save water?*
https://openknowledge.fao.org/items/b4445410-aca5-491c-8247-10ab4281fa91 (2017).

246. Rodríguez-Díaz, J. A., Pérez-Urrestarazu, L., Camacho-Poyato, E. & Montesinos, P. The paradox of irrigation scheme modernization: more efficient water use linked to higher energy demand. *Spanish Journal of Agricultural Research* **9**, 1000–1008 (2011)
https://doi.org/10.5424/sjar/20110904-492-10.
247. Berbel, J. & Gutiérrez-Martín, C. *Efectos de la modernización de regadíos en España.*
https://publicacionescajamar.es/series-tematicas/economia/efectos-de-la-modernizacion-de-regadios-en-espana/ (2017).
248. Hu, H. & Xiong, L. Genetic Engineering and Breeding of Drought-Resistant Crops. *Annual Review of Plant Biology* **65**, 715–741 (2014)
https://doi.org/10.1146/annurev-arplant-050213-040000.
249. Martignago, D., Rico-Medina, A., Blasco-Escámez, D., Fontanet-Manzaneque, J. B. & Caño-Delgado, A. I. Drought Resistance by Engineering Plant Tissue-Specific Responses. *Frontiers in Plant Science* **10**, (2020)
https://doi.org/10.3389/fpls.2019.01676.
250. Vaidya, A. S. *et al.* Dynamic control of plant water use using designed ABA receptor agonists. *Science* **366**, eaaw8848 (2019)
https://doi.org/10.1126/science.aaw8848.
251. Fàbregas, N. *et al.* Overexpression of the vascular brassinosteroid receptor BRL3 confers drought resistance without penalizing plant growth. *Nature Communications* **9**, 4680 (2018)
https://doi.org/10.1038/s41467-018-06861-3.
252. Celegand. *Celegand*
https://celegand.grupooperativo.es/ [10/10/2025].
253. Consejo Europeo & Consejo de la Unión Europea. Nuevas técnicas genómicas para la mejora vegetal.
https://www.consilium.europa.eu/es/policies/new-genomic-techniques-for-plant-breeding/ [19/06/2025].
254. Shi, J. *et al.* ARGOS8 variants generated by CRISPR-Cas9 improve maize grain yield under field drought stress conditions. *Plant Biotechnology Journal* **15**, 207–216 (2017)
https://doi.org/10.1111/pbi.12603.
255. Shi, J. *et al.* Overexpression of ARGOS Genes Modifies Plant Sensitivity to Ethylene, Leading to Improved Drought Tolerance in Both Arabidopsis and Maize. *Plant Physiology* **169**, 266–282 (2015)
https://doi.org/10.1104/pp.15.00780.
256. Zhang, Y. *et al. OsABA8ox2*, an ABA catabolic gene, suppresses root elongation of rice seedlings and contributes to drought response. *The Crop Journal* **8**, 480–491 (2020)
https://doi.org/10.1016/j.cj.2019.08.006.
257. Liao, S. *et al.* CRISPR/Cas9-Induced Mutagenesis of Semi-Rolled Leaf1,2 Confers Curled Leaf Phenotype and Drought Tolerance by Influencing Protein Expression Patterns and ROS Scavenging in Rice (Oryza sativa L.). *Agronomy* **9**, 728 (2019)
https://doi.org/10.3390/agronomy9110728.
258. Wu, J. *et al.* Roles of the Brassica napus DELLA Protein BnaA6.RGA, in Modulating Drought Tolerance by Interacting With the ABA Signaling Component BnaA10.ABF2. *Frontiers in Plant Science* **11**, (2020)
https://doi.org/10.3389/fpls.2020.00577.
259. Yang, Y. *et al.* Precise editing of CLAVATA genes in Brassica napus L. regulates multilocular silique development. *Plant Biotechnology Journal* **16**, 1322–1335 (2018)
https://doi.org/10.1111/pbi.12872.
260. Estrategia nacional de conservación y utilización de parientes silvestres de los cultivos y plantas silvestres de uso alimentario.
https://www.mapa.gob.es/es/agricultura/temas/medios-de-produccion/semillas-y-plantas-de-vivero/fitogeneticos_agricultura_alimentacion/estrategia_psc_psua [23/06/2025].
261. Fairbairn, M. *et al.* Digital agriculture will perpetuate injustice unless led from the grassroots. *Nature Food* **6**, 312–315 (2025)
https://doi.org/10.1038/s43016-025-01137-8.
262. Comisión Europea. Agroecología: una transición hacia sistemas alimentarios y de producción agropecuaria sostenibles y respetuosos con el medio ambiente y el clima. *CORDIS | European Commission*
https://cordis.europa.eu/article/id/430692-agroecology-transitioning-toward-sustainable-climate-and-ecosystem-friendly-farming-and-food/es [11/10/2025].
263. Colombi, G., Martani, E. & Fornara, D. Regenerative organic agriculture and soil ecosystem service delivery: A literature review. *Ecosystem Services* **73**, 101721 (2025)
https://doi.org/10.1016/j.ecoser.2025.101721.
264. Heitman, J. L., Kool, D. & Carvalho, H. D. R. Soil management considerations for water resiliency in a changing climate. *Agronomy Journal* **115**, 2127–2139 (2023)
https://doi.org/10.1002/agj2.21425.
265. Kost, E. *et al.* Soil microbial resistance and resilience to drought under organic and conventional farming. *European Journal of Soil Biology* **123**, 103690 (2024)
https://doi.org/10.1016/j.ejsobi.2024.103690.
266. Dean, G., Rivera-Ferre, M. G., Rosas-Casals, M. & Lopez-i-Gelats, F. Nature's contribution to people as a framework for examining socioecological systems: The case of pastoral systems. *Ecosystem Services* **49**, 101265 (2021)
https://doi.org/10.1016/j.ecoser.2021.101265.
267. Muñoz-Ulecia, E., Martín-Collado, D., Bernués, A., Peral, A. T., Casasús, I. & Villalba, D. Can traditional management practices help mountain livestock farms in the Spanish Pyrenees cope with climate change? *Regional Environmental Change* **24**, 15 (2024)
https://doi.org/10.1007/s10113-023-02170-8.
268. Malik, H. T. *et al.* Advancing sustainable water use across the agricultural life cycle in the USA. *Nature Water* **3**, 655–667 (2025)
https://doi.org/10.1038/s44221-025-00450-7.
269. GMO legislation - European Commission.
https://food.ec.europa.eu/plants/genetically-modified-organisms/gmo-legislation_en [19/06/2025].
270. Ellison, D. *et al.* Trees, forests and water: Cool insights for a hot world. *Global Environmental Change* **43**, 51–61 (2017)
https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2017.01.002.
271. Bosch, J. M. & Hewlett, J. D. A review of catchment experiments to determine the effect of vegetation changes on water yield and evapotranspiration. *Journal of Hydrology* **55**, 3–23 (1982)
https://doi.org/10.1016/0022-1694(82)90117-2.
272. Kim, J. H. & Jackson, R. B. A Global Analysis of Groundwater Recharge for Vegetation, Climate, and Soils. *Vadose Zone Journal* **11**, (2012)
https://doi.org/10.2136/vzj2011.0021RA.
273. Ceci, P. *Forests and water: international momentum and action*. (FAO, 2013). ISBN: 978-92-5-107418-3.
274. del Campo, A. D., Otsuki, K., Serengil, Y., Blanco, J. A., Yousefpour, R. & Wei, X. A global synthesis on the effects of thinning on hydrological processes: Implications for forest management. *Forest Ecology and Management* **519**, 120324 (2022)
https://doi.org/10.1016/j.foreco.2022.120324.
275. Sohn, J. A., Saha, S. & Bauhus, J. Potential of forest thinning to mitigate drought stress: A meta-analysis. *Forest Ecology and Management* **380**, 261–273 (2016)
https://doi.org/10.1016/j.foreco.2016.07.046.
276. Robles, M. D., Marshall, R. M., O'Donnell, F., Smith, E. B., Haney, J. A. & Gori, D. F. Effects of Climate Variability and Accelerated Forest Thinning on Watershed-Scale Runoff in Southwestern USA Ponderosa Pine Forests. *PLOS ONE* **9**, e111092 (2014)
https://doi.org/10.1371/journal.pone.0111092.
277. Zhang, Z. *et al.* Forest water-use efficiency: Effects of climate change and management on the coupling of carbon and water processes. *Forest Ecology and Management* **534**, 120853 (2023)
https://doi.org/10.1016/j.foreco.2023.120853.
278. Hoek van Dijke, A. J. *et al.* Shifts in regional water availability due to global tree restoration. *Nature Geoscience* **15**, 363–368 (2022)
https://doi.org/10.1038/s41561-022-00935-0.
279. Ellison, D., N. Futter, M. & Bishop, K. On the forest cover–water yield debate: from demand- to supply-side thinking. *Global Change Biology* **18**, 806–820 (2012)
https://doi.org/10.1111/j.1365-2486.2011.02589.x.

CONGRESO DE LOS DIPUTADOS
FECYT INNOVACIÓN

280. Lana-Renault, N., Morán-Tejeda, E., Moreno de las Heras, M., Lorenzo-Lacruz, J. & López-Moreno, N. Chapter 10 - Land-use change and impacts. *Water Resources in the Mediterranean Region* (eds. Zribi, M., Brocca, L., Tramblay, Y. & Molle, F.) 257–296 (Elsevier, 2020). ISBN: 978-0-12-818086-0.
281. Gallart, F. & Llorens, P. Catchment Management under Environmental Change: Impact of Land Cover Change on Water Resources. *Water International* **28**, 334–340 (2003) https://doi.org/10.1080/02508060308691707.
282. Gallart, F., Delgado, J., Beatson, S. J. V., Posner, H., Llorens, P. & Marcé, R. Analysing the effect of global change on the historical trends of water resources in the headwaters of the Llobregat and Ter river basins (Catalonia, Spain). *Physics and Chemistry of the Earth, Parts A/B/C* **36**, 655–661 (2011) https://doi.org/10.1016/j.pce.2011.04.009.
283. Beguería, S., López-Moreno, J. I., Lorente, A., Seeger, M. & García-Ruiz, J. M. Assessing the Effect of Climate Oscillations and Land-use Changes on Streamflow in the Central Spanish Pyrenees. *AMBIO: A Journal of the Human Environment* **32**, 283–286 (2003) https://doi.org/10.1579/0044-7447-32.4.283.
284. Monitor de sequía meteorológica. https://monitordesequia.csic.es/months=1#week=1#month=4#year=1990 [14/05/2025].
285. EDO map. https://drought.emergency.copernicus.eu/tumbo/edo/map/ [13/06/2025].
286. European and Global Drought Observatories - European Commission. https://joint-research-centre.ec.europa.eu/european-and-global-drought-observatories_en [23/07/2025].
287. The U.S. Drought Portal | Drought.gov. https://www.drought.gov/ [13/06/2025].
288. CSIC. SPEI Global Drought Monitor. https://spei.csic.es/map/maps.html#months=1#month=8#year=2025 [24/10/2025].
289. Vicente-Serrano, S. M. *et al.* A global drought monitoring system and dataset based on ERA5 reanalysis: A focus on crop-growing regions. *Geoscience Data Journal* **10**, 505–518 (2023) https://doi.org/10.1002/gdj3.178.
290. Sutanto, S., van der Weert, M., Wanders, N., Blauhut, V. & Van Lanen, H. A. J. Moving from drought hazard to impact forecasts | Nature Communications. *Nature Communications* **10**, 4945 (2019) https://doi.org/10.1038/s41467-019-12840-z.
291. Torelló-Sentelles, H. & Franzke, C. L. E. Drought impact links to meteorological drought indicators and predictability in Spain. *Hydrology and Earth System Sciences* **26**, 1821–1844 (2022) https://doi.org/10.5194/hess-26-1821-2022.
292. AghaKouchak, A. *et al.* Toward impact-based monitoring of drought and its cascading hazards. *Nature Reviews Earth & Environment* **4**, 582–595 (2023) https://doi.org/10.1038/s43017-023-00457-2.
293. Bachmair, S. *et al.* Drought indicators revisited: the need for a wider consideration of environment and society. *WIREs Water* **3**, 516–536 (2016) https://doi.org/10.1002/wat2.1154.
294. Drought Observatories. https://drought.emergency.copernicus.eu/tumbo/edid [13/06/2025].
295. EDCadmin. European Drought Impact Report Inventory (EDII) and European Drought Reference (EDR) database. *European Drought Centre* https://europeandroughtcentre.com/news/european-drought-impact-report-inventory-edii-and-european-drought-reference-edr-database/ [23/07/2025].
296. Drought Impact Reporter (DIR) | Drought.gov. https://www.drought.gov/data-maps-tools/drought-impact-reporter-dir [23/07/2025].
297. Bachmair, S., Kohn, I. & Stahl, K. Exploring the link between drought indicators and impacts. *Natural Hazards and Earth System Sciences* **15**, 1381–1397 (2015) https://doi.org/10.5194/nhess-15-1381-2015.
298. BOE-A-2023-26159 Resolución de 14 de diciembre de 2023, de la Dirección General de Calidad y Evaluación Ambiental, por la que se formula informe ambiental estratégico conjunto de la revisión de los Planes Especiales de Sequía de las Demarcaciones Hidrográficas Intercomunitarias, Ceuta y Melilla. https://www.boe.es/diario_boe/txt.php?id=BOE-A-2023-26159 [23/07/2025].
299. Lago, M., Mysiak, J., Gómez, C. M., Delacámara, G. & Maziotis, A. Defining and Assessing Economic Policy Instruments for Sustainable Water Management. *Use of Economic Instruments in Water Policy: Insights from International Experience* (eds. Lago, M., Mysiak, J., Gómez, C. M., Delacámara, G. & Maziotis, A.) 1–13 (Springer International Publishing, 2015). ISBN: 978-3-319-18287-2.
300. Water management in Europe: price and non-price approaches to water conservation. https://www.eea.europa.eu/en/analysis/publications/water-management-in-europe-price [29/07/2025].
301. Jefatura del Estado. *Ley 46/1999, de 13 de diciembre, de modificación de la Ley 29/1985, de 2 de agosto, de Aguas*. vol. BOE-A-1999-23751 43100–43113 (1999).
302. Hernández Mora, N. & De Stefano, L. Los mercados informales de aguas en España: una primera aproximación. 375–406 (Thomson Reuters Aranzadi, 2013).
303. Rico-Amoros, A. M., Sauri, D., Olcina-Cantos, J. & Vera-Rebollo, J. F. Beyond Megaprojects?. Water Alternatives for Mass Tourism in Coastal Mediterranean Spain. *Water Resources Management* **27**, 553–565 (2013) https://doi.org/10.1007/s11269-012-0201-3.
304. Pérez-Blanco, C. D. Economics and water allocation reform. *Water Resources Allocation and Agriculture: Transitioning from Open to Regulated Access* (eds. Rouillard, J., Babbitt, C., Challies, E. & Rinaudo, J. D.) (2022).
305. Pérez-Blanco, C. D., Delacámara, G., Gómez, C. M. & Eslamian, S. Crop Insurance in Drought Conditions. *Handbook of Drought and Water Scarcity* (CRC Press, 2016). ISBN: 978-1-315-22678-1.
306. Comisión Europea. Comunicado de prensa conjunto entre la Comisión Europea y el Grupo BEI sobre 3 000 millones de euros de financiación del Grupo BEI para los agricultores y la bioeconomía. *European Commission - European Commission* https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/es/ip_24_6322 [10/10/2025].
307. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. *Asegura tu futuro: asegura la pérdida de pastos.* https://www.mapa.gob.es/dam/mapa/contenido/enesa/090_publicaciones/guias-del-seguro-agrario/documentos/notapastos-mapa2020_je.pdf .
308. Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico (MITERD). *Orientaciones Estratégicas sobre Agua y Cambio Climático*. https://www.miteco.gob.es/content/dam/miteco/es/agua/temas/sistema-espaniol-gestion-agua/estrategia/eate_tcm30-5430501.pdf (2022).
309. La Mesa Social del Agua de Andalucía. *Fundación Nueva Cultura del Agua - FNCA* https://fnca.eu/82-ultimas-noticias/1765-la-mesa-social-del-agua-de-andalucia [10/10/2025].
310. Young, M. D. Designing water abstraction regimes for an ever-changing and ever-varying future. *Agricultural Water Management* **145**, 32–38 (2014) https://doi.org/10.1016/j.agwat.2013.12.002.
311. Paneque, P., Lafuente, R. & Vargas, J. Public Attitudes toward Water Management Measures and Droughts: A Study in Southern Spain. *Water* **10**, 369 (2018) https://doi.org/10.3390/w10040369.
312. García-López, M. Europeización y gobernanza hídrica y medioambiental: ajustes progresivos y elementos a debate en el caso de España. *Gestión y Análisis de Políticas Públicas* 42–55 (2024) https://doi.org/10.24965/gapp.11272.
313. Ruiz-Villaverde, A. & García-Rubio, M. A. Public Participation in European Water Management: from Theory to Practice. *Water Resources Management* **31**, 2479–2495 (2017) https://doi.org/10.1007/s11269-016-1355-1.
314. Grainger, S., Murphy, C. & Vicente-Serrano, S. M. Barriers and Opportunities for Actionable Knowledge Production in Drought Risk Management: Embracing the Frontiers of Co-production. *Frontiers in Environmental Science* **9**, (2021) https://doi.org/10.3389/fenvs.2021.602128.

315. World meteorological Organization & Global Water Partnership. *How to communicate drought. A guide by the Integrated Drought Management Programme in Central and Eastern Europe 2019*.
https://www.gwp.org/globalassets/global/gwp-cee_files/idmp-cee/how-to-communicate-drought-guide.pdf (2019).
316. Quesnel, K. J. & Ajami, N. K. Changes in water consumption linked to heavy news media coverage of extreme climatic events. *Science Advances* **3**, e1700784 (2017)
https://doi.org/10.1126/sciadv.1700784.
317. Moral Ituarte, L. del. Retos a la planificación y gestión del agua en España ante situaciones de crisis hídrica. *Temas para el debate* 29–31 (2023).
318. Paneque, P., Lafuente, R., Vargas, J. & Pérez, R. *Sequía, agua y cambio climático. Percepción social, opinión pública y valoración de medidas de gestión*. http://hdl.handle.net/10433/11700 (2021).
319. Lafuente, R., Paneque ,Pilar & and Cañadas, J. L. The Gender Gap in Water Management Preferences: Analyzing the Influence of Environmental Concern and Political Knowledge. *Society & Natural Resources* **34**, 1472–1491 (2021)
https://doi.org/10.1080/08941920.2021.1971808.
320. Fauconnier, I., Jenniskens, A., Perry, P., Fanaian, S., Sen, S., Sinha, V. & Witmer, L. *Women as change-makers in the governance of shared waters*.
https://portals.iucn.org/library/sites/library/files/documents/2018-036-En.pdf (2018).