

Las Claves del Agua

②

ISSN 2952-4938
MARZO 2025

LA GESTIÓN DE LA SEQUÍA



LA REUTILIZACIÓN SOSTENIBLE DEL AGUA Y LA REGULACIÓN HIDROLÓGICA DE LOS RECURSOS

Rafael Mujeriego Sahuquillo

**Catedrático de ingeniería ambiental,
Universidad Politécnica de Catalunya (UPC) y
presidente de la Asociación Española de
Reutilización Sostenible del Agua (ASERSA)**

Resumen:

El clima mediterráneo está registrando una irregularidad pluviométrica superior a la tradicional, con sequías plurianuales más intensas, y precipitaciones torrenciales de agua. La adaptación a esa mayor irregularidad pluviométrica requerirá la intensificación de las formas tradicionales de gestión, como el ahorro y uso eficiente, además de la adopción de una mayor regulación hidrológica y el desarrollo de fuentes innovadoras de agua, como el agua regenerada y el agua purificada.

Disponemos de conocimientos, medios técnicos, proyectos operativos y modelos de gestión para adaptarnos a este cambio, considerado como inevitable y urgente en ciertos lugares, a fin de alcanzar una mayor auto-suficiencia de recursos hídricos, locales, fiables y económicos.

Palabras clave: gestión integrada de recursos hídricos; gestión sostenible del agua; reutilización no potable y potable; regulación hidrológica; acuíferos y embalses en derivación.

GESTIÓN SOSTENIBLE DEL AGUA

Uno de los principales objetivos de la gestión de los recursos hídricos de un territorio es satisfacer las demandas locales de agua, utilizando los recursos hídricos disponibles. La disponibilidad de recursos hídricos naturales viene condicionada por las aportaciones naturales de lluvia y nieve, la calidad de las aguas superficiales y subterráneas existentes, y la distancia entre la ubicación de esos recursos y los usuarios a atender. El clima mediterráneo de que disfrutamos en una parte de la península ibérica se ca-

racteriza por su notable irregularidad pluviométrica, manifestada por unos periodos lluviosos en otoño y primavera, y largos periodos sin precipitaciones durante el resto del año.

Para conseguir un equilibrio adecuado entre la disponibilidad de agua y las necesidades de los usuarios, los gestores de los recursos realizan una gestión integrada de los mismos, contemplando las complejas interrelaciones entre ellos y adoptando varias estrategias operativas, denominadas convencionales o tradicionales, que pueden describirse así:

1. **Protección de las fuentes naturales de agua.** Cualquier iniciativa destinada a preservar la calidad del agua dulce continental, evitando el deterioro de su calidad, permitirá su utilización para los más diversos aprovechamientos, desde el mantenimiento de los ecosistemas acuáticos hasta el abastecimiento humano, agrícola e industrial. La creciente diversidad de contaminantes que pueden afectar a un agua junto con la dificultad técnica y los costes que comporta el retirarlos de ella hacen que la prevención de la contaminación sea una estrategia fundamental de la gestión de los recursos naturales de agua.
2. **Ahorro y uso eficiente del agua.** La supresión de los usos innecesarios del agua y la utilización del agua estrictamente necesaria para un uso determinado son estrategias básicas para atender el mayor número posible de usos, utilizando un determinado volumen de agua. El uso del agua comporta generalmente la incorporación de contaminantes y su posible conversión en vapor, que o bien conduce al deterioro de su calidad o la disminución de su disponibilidad geográfica.
3. **Regulación hidrológica.** La irregularidad de las precipitaciones, en forma de lluvia o nieve, ha llevado desde tiempos inmemoriales al almacenamiento de agua durante momentos de abundancia, para su posterior utilización en momentos de escasez. La utilización de depósitos, balsas, azudes, embalses y acuíferos permite regular los recursos hídricos e independizar el ritmo de las precipitaciones del ritmo de la disponibilidad. Esas estrategias son especialmente necesarias en un territorio accidentado como el nuestro peninsular, donde la regulación natural que ofrecen nuestros ríos es notablemente inferior a la de los ríos del continente europeo.
4. **Utilización conjunta, compartiendo recursos.** Las agrupaciones de usuarios y recursos como son los Consorcios y las Mancomunidades permiten una gestión más eficiente de los recursos, mediante la consolidación de los diferentes ritmos de uso de los usuarios. Las transferencias o trasvases entre cuencas aportan igualmente mayor fiabilidad de suministro, aunque ello requiere que la cuenca cedente disponga de la suficiente fiabilidad de suministro. Disponer de

un conducto o canal de trasvase es por sí solo una condición insuficiente para conseguir el beneficio asociado con esta estrategia de gestión. Estas cuatro estrategias tradicionales de gestión de los recursos hídricos se han venido ampliando durante las últimas décadas con la incorporación de dos estrategias designadas nuevas o innovadoras:

1) la regeneración planificada del agua y 2) la desalinización de aguas marinas. Mientras que la regeneración planificada del agua en zonas alejadas de la costa no aporta recursos netos adicionales, sí permite una mejor gestión de los recursos disponibles. Por otra parte, la regeneración de agua en zonas costeras, al igual que la desalinización de aguas marinas sí que aportan recursos adicionales o nuevos en esas zonas. Mientras que el agua desalinizada está legitimada para todos sus usos, incluido el consumo humano, y el agua regenerada está legitimada generalmente para usos no potables, la reutilización del agua para uso potable solo está legitimada en unos pocos lugares del mundo. La desalinización de agua marina suele requerir entre 3,5 - 4,0 kWh/m³, tres veces más que la regeneración de agua mediante procesos avanzados de purificación, cuyo consumo energético en instalaciones a gran escala oscila en torno a 1,2 kWh/m³. El coste habitual asignado a la producción de agua desalinizada oscila en torno a 1,5 €/m³, incluyendo los costes de amortización, explotación y mantenimiento, mientras que el agua purificada alcanza 0,65 €/m³, en instalaciones de gran capacidad (OCWD, 2023).

REUTILIZACIÓN DEL AGUA

La reutilización incidental del agua es un componente intrínseco del ciclo hidrológico. El vertido de efluentes depurados a los cursos superficiales de agua y su dilución con los caudales circulantes han permitido durante décadas que las aguas residuales depuradas hayan sido reutilizadas incidentalmente en puntos aguas abajo de los cauces para aprovechamientos urbanos, agrícolas e industriales. La reutilización planificada del agua, o simplemente reutilización del agua, tiene un origen más reciente -mitad del siglo XX- y supone el aprovechamiento directo de esos efluentes, con un mayor o menor grado de depuración y regeneración, mediante su transporte hasta el punto de uso, evitando el vertido o la dilución en los cursos naturales de agua.

IRREGULARIDAD PLUVIOMÉTRICA MEDITERRÁNEA

El clima mediterráneo se caracteriza por su irregularidad pluviométrica, en contraste con otros climas del centro y norte de Europa. La alternancia estacional de periodos lluviosos en otoño y primavera, con otros secos durante el resto del año, en los que no se registra precipitación alguna, ha llevado a la adopción de sistemas de regulación hidrológica específicos en territorios mediterráneos, principalmente mediante el uso de embalses y acuíferos, como forma de disociar las sequías pluviométricas de las sequías hidrológicas. Los registros hidrológicos recientes indican que esa irregularidad pluviométrica se está acentuando en zonas españolas de clima mediterráneo, y plantean la necesidad de adaptar las estrategias hidrológicas actuales, dotándolas de mayor capacidad de regulación.

El clima mediterráneo se registra en cinco zonas geográficas del mundo. Además de la cuenca mediterránea, que le confiere su nombre, existen cuatro zonas de latitud similar a la nuestra en que se registra un clima similar al nuestro: California, en el hemisferio Norte, y las costas occidentales de África, de América del Sur y de Australia, en el hemisferio Sur. La ubicación de California, con latitudes similares a la península ibérica, permite conferirle el calificativo de nuestro “gemelo hidrológico” y ofrece un ejemplo emblemático de las posibles adaptaciones con que poder afrontar esa intensificación de la irregularidad plu-

viométrica. California tiene una latitud Norte similar a la de Burgos en España, y una latitud Sur similar a la de Marrakech, en la costa occidental de Marruecos.

La irregularidad pluviométrica de California, véase la Figura 1, ha venido consolidándose desde principios del año 2000 y muy especialmente en un territorio conocido como el Sur de California, formado por tres condados ubicados en un territorio de 50.000 km², que goza de un clima semi-árido (como Murcia o Almería), y donde viven más de 20 millones de personas, cuyos recursos hídricos han venido dependiendo de los trasvases de agua desde el Norte (Delta de los ríos Sacramento-San Joaquín, a 800 km) y el Este (río Colorado, a 400 km).

Las intensas irregularidades pluviométricas registradas desde el año 2000, véase la Figura 2, muestran unos periodos de intensa sequía, de 3 a 5 años de duración, y unos periodos húmedos de 1 a 2 años de duración, en los que se registran episodios de intensas lluvias e inundaciones. La experiencia recogida hasta el presente año 2024 pone de manifiesto que: 1) las intensas sequías han llegado a afectar a las fuentes de agua del Norte y el Este, reduciendo o anulando la fiabilidad de los trasvases construidos en el pasado, y 2) los periodos húmedos son cortos, pero pueden ocasionar importantes destrozos, debido a su intensidad tanto en forma de lluvia como de inundaciones, y también en forma de espesores de hasta 3 metros de nieve en las montañas y las viviendas.

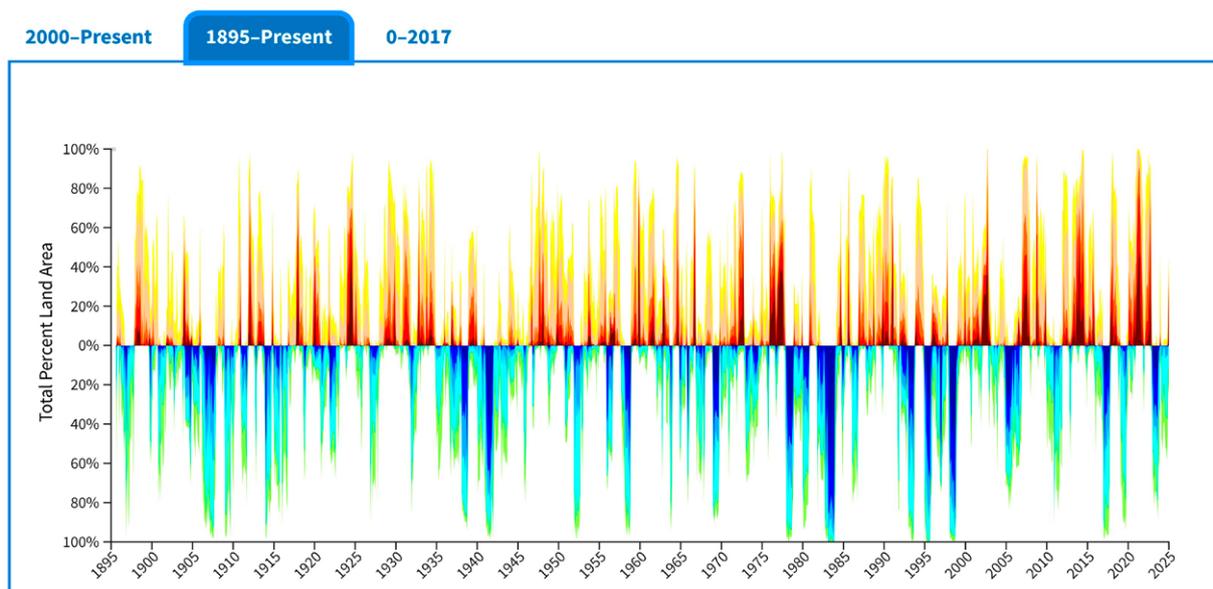


Figura 1. Porcentaje de superficie de California afectada por la sequía desde 1895. Imagen tomada del US Drought Monitor.

California está actualmente intensificando una mayor regulación de sus recursos, mediante la gestión de las aguas de inundación, tanto de lluvias directas como de aguas de deshielo de grandes espesores de nieve, utilizando para ello dos opciones: 1) la recarga planificada de aguas subterráneas, tanto en acuíferos próximos a los canales de trasvase de agua como en los campos de cultivo y las llanuras de inundación próximas a los cauces de los ríos. Un ejemplo de ello son las llanuras de inundación del río Sacramento a su paso por el sur de la ciudad de Sacramento, la capital del Estado, y 2) la construcción de nuevos embalses en derivación (fuera del cauce de los ríos) en los que almacenar agua en momentos de inundaciones, para luego trasvasarla mediante los canales disponibles hacia el Sur. Además del embalse de Diamond Valley, completado en el año 2000 cerca de la ciudad de Los Angeles y con una capacidad de 1000 hm³, California está impulsando una recarga de acuíferos en el Antelope Valley de 350 hm³, ya operativo,

y el embalse en derivación de Sites, con 1.800 hm³ de capacidad en el Valle del río Sacramento, cuya terminación está prevista en 2032.

REUTILIZACIÓN POTABLE DEL AGUA

Por otra parte, el proyecto de purificación de agua de Orange County (GWRS, 2008), con capacidad actual de 490.000 m³/día para recargar el acuífero del condado, de 75.000 ha de superficie, permite la reutilización potable indirecta del agua, a través de las empresas de abastecimiento de sus 19 municipios, en los que viven 3 millones de personas. Esta instalación, pionera y vanguardista en su sector es el ejemplo emblemático que están utilizando otras agencias hídricas del Sur de California para convertir fracciones crecientes de los 2.600 hm³/año de efluente depurado que se vierten al océano Pacífico, en un agua purificada con

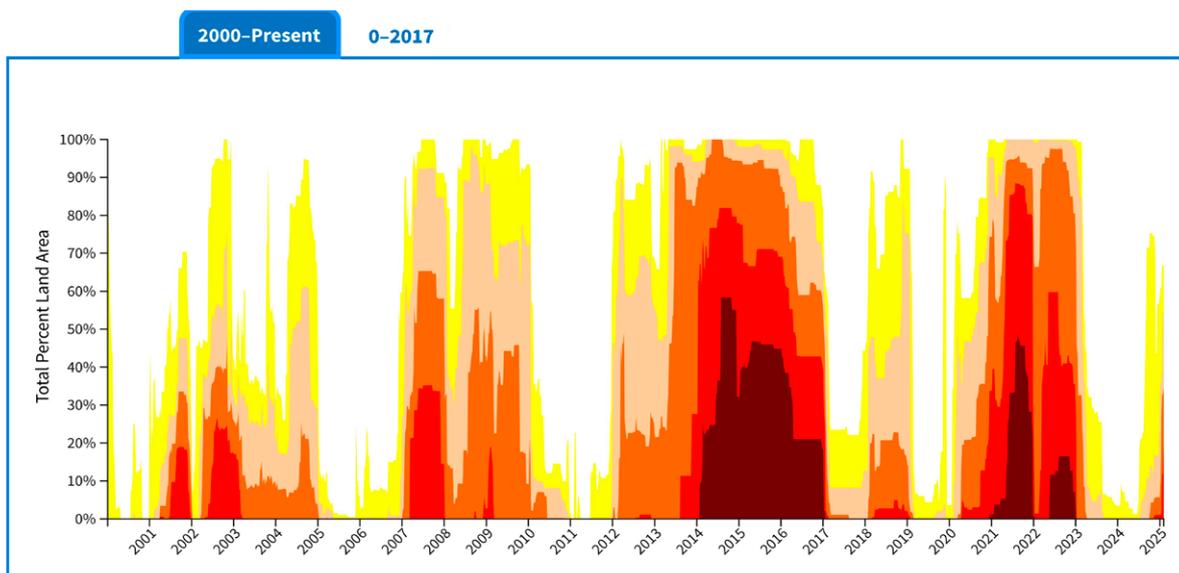


Figura 2. Porcentaje de superficie de California afectada por la sequía desde 2000. Imagen tomada del US Drought Monitor.

la que recargar acuíferos costeros, dotándose así de mayor autosuficiencia de recursos, más fiables, económicos y de gran calidad en estas zonas pobladas del sur del Estado. Los planes de Metropolitan Water District (distribuidor en alta para 20 millones de personas), el condado y la ciudad de Los Angeles, el condado de San Diego, el Orange County Water District (OCWD), que ya purifica 0,5 hm³/día, y otras agencias locales son purificar 2 hm³/día de agua en 2035, con una inversión de 16.000 millones de dólares.

California dispone de normativa aplicable a la reutilización potable indirecta del agua para la recarga de acuíferos desde 2014 (SWRCB, 2023), y la recarga de embalses desde 2018 (SWRCB, 2023), lo que está permitiendo la operatividad del proyecto GWRS (2008), así como de la recarga de embalses en curso de construcción o de recrecimiento, como se está haciendo en el condado de San Diego. La normativa aplicable a la reutilización potable directa entró en vigor en octubre de 2024 (SWRCB, 2024) y está

siendo considerada para su aplicación por las agencias del agua en cuyo territorio el transporte del agua regenerada comporta grandes inversiones en conductos, canales y bombeos. La inversión en procesos avanzados de regeneración del agua ofrece el potencial de incorporar el agua purificada directamente a los depósitos y redes de distribución de agua potable existentes, tal como se viene realizando en Windhoek, la capital de Namibia, desde 1968 (ASERSA, 2015).

CALIFORNIA COMO GEMELO HIDROLÓGICO

En definitiva, California es un territorio con clima mediterráneo similar al de España, que ha venido registrando una creciente irregularidad pluviométrica durante las dos últimas décadas, y está adaptando sus estrategias de gestión hídrica, incorporando: 1) una mayor regulación hidrológica, mediante la recarga planificada de aguas subterráneas en llanuras

de inundación, campos de cultivo y acuíferos, 2) la promoción de nuevos embalses reguladores en derivación (fuera del cauce de los ríos), y 3) la implantación de proyectos a gran escala de regeneración avanzada (purificación) de efluentes secundarios; todo ello con objeto de dotarse de mayor autosuficiencia de recursos hídricos locales de gran calidad, de mucha mayor fiabilidad que los trasvasados, y con un coste razonable. La reciente aprobación de normativa aplicable a la reutilización potable directa del agua (SWRCB, 2024) culmina un proceso regulador basado en la experiencia recogida durante varias décadas en la regeneración de agua para uso potable indirecto, ofreciendo así una amplia gama de opciones de reutilización, desde la recarga de acuíferos y embalses (reutilización potable indirecta) cuando estén disponibles en las proximidades, o la incorporación directa del agua purificada en las redes de distribución existentes (reutilización potable directa) cuando los costes de construcción y operación del transporte del agua hasta esos tampones ambientales (acuíferos, embalses) sean excesivas.



Figura 3. Recursos de nieve y aguas superficiales en las montañas de Aspen, Colorado. Imagen: Rafael Mujeriego.

OPCIONES DE GESTIÓN INTEGRADA EN ESPAÑA

La reciente aprobación del nuevo Reglamento de reutilización del agua (ASERSA, 2024) ha de permitir una implantación más efectiva y rápida de las prácticas de reutilización no potable del agua, especialmente para el riego agrícola y de jardinería. La existencia de proyectos de purificación del agua para usos industriales, como el de El Camp de Tarragona, con capacidad para producir 6 hm³/año de agua de gran calidad (ASERSA, 2023), junto con el proyecto de reutilización potable indirecta de recarga del río Llobregat mediante la aportación de agua regenerada en la ERA de El Prat de Llobregat (ASERSA, 2024) y el proyecto de demostración Aiguaneix del Consorci d'Aigües Costa Brava Girona (CACBGI, 2024) ofrecen un excelente marco investigador y demostrativo para

impulsar futuros proyectos de reutilización potable del agua, indirecta y directa, así como un marco regulador adecuado, que permita la aprobación de nuevas iniciativas, sobre la base del “caso por caso” o de una norma de aplicación general.

La implantación de nuevos proyectos de regeneración y reutilización del agua, tanto para usos no potables como potables, permitirá adaptarse a las irregularidades pluviométricas que ya se están registrando en zonas de clima mediterránea como la nuestra, aumentando así la autosuficiencia de recursos y disponibilidad de recursos locales, fiables y económicos. Permitirá además desarrollar un “saber hacer” técnico y de gestión con el que ampliar la capacidad empresarial española para atender problemáticas similares en otros lugares de clima mediterráneo.

Referencias bibliográficas

Asociación Española de Reutilización Sostenible del Agua (ASERSA) (2015). *La reutilización potable del agua en Windhoek, Namibia, por Piet du Pisani*. [en línea] Disponible en: [enlace](#)

Asociación Española de Reutilización Sostenible del Agua (ASERSA) (2023). *La ERA de El Camp de Tarragona: 10º aniversario*. [en línea] Disponible en: [enlace](#)

Asociación Española de Reutilización sostenible del Agua (ASERSA) (2024). *Reutilización en la ERA de El Prat de Llobregat: prueba demostrativa y resultados*. [en línea] Disponible en: [enlace](#)

Consorci d'Aigües Costa Brava Girona (CACBGI) (2024). *Proyecto Aiguaneix de purificación de agua en la Costa Brava*. [en línea] Disponible en: [enlace](#)

Groundwater Replenishment System Project (GWRS) (2008). [en línea] Disponible en: [enlace](#)

Orange County Water District (OCWD) (2023). *Producción de agua purificada a gran escala en Orange County*, presentado por Mehel Patel. [en línea] Disponible en: [enlace](#)

State Water Resources Control Board (SWRCB) (2015) *Normativas para la reutilización potable indirecta del agua en California, para recarga de acuíferos y aportación a embalses*. [en línea] Disponible en: [enlace](#)

State Water Resources Control Board (SWRCB) (2024). *Normativa para la reutilización potable directa del agua en California*. [en línea] Disponible en: [enlace](#)

Las
Claves
del
Agua



EMASESA



**OBSERVATORIO
DEL AGUA
DE EMASESA**



www.emasesa.com