

An aerial photograph showing a wide, winding river with a light blue-green hue, meandering through a vast, flat landscape. The terrain is a mix of vibrant green and earthy brown, suggesting a wetland or marshy area. The river's path is highly irregular, with many sharp turns and loops. The overall scene is captured from a high angle, providing a clear view of the river's course and the surrounding land.

Fundación
innovación
bankinter.

FUTURE TRENDS FORUM

Agua: nuestro recurso vital en jaque

Contenido

Introducción 07

01

Contexto y retos actuales 11

1.1. Energía y agua: dos caras de la misma moneda

1.2. Uso del agua por sectores

Agricultura

Industria textil

Centros de Datos

Otros sectores industriales críticos

02

Tecnologías 44

2.1. Tecnologías avanzadas para la captura y reutilización del agua

Reutilización del agua

Desalinización

Captura del agua atmosférica

Integración de tecnologías

2.2. Optimización de la calidad del agua

Tecnologías emergentes para la reutilización del agua

Digitalización y eficiencia en la distribución del agua

Niveles de preparación para la recuperación de agua y nutrientes

Ventajas de los sistemas descentralizados de tratamiento de aguas

Casos de éxito

Optimización de la gestión del agua desde España

03 Triple sostenibilidad 64

3.1. Sostenibilidad medioambiental y resiliencia

3.2. Sostenibilidad financiera y acceso equitativo

Estrategias para asegurar el acceso equitativo al agua

Estrategias financieras y de gestión

Acciones y decisiones para un futuro sostenible

04 Gobernanza y colaboración 78

Estrategias para la colaboración

Retos y oportunidades en la Gobernanza del Agua

05 Puntos clave y acciones recomendadas 83

Prólogo

Agua = vida


La abundancia de agua en estado líquido en la superficie terrestre, frente a hipotéticos océanos de hielo, o atrapados a centenares de kilómetros en el interior de los planetas, define la singularidad de un Planeta Tierra que permitió el desarrollo de la vida y continúa manteniéndola. Dependemos del agua para vivir, pues nosotros mismos somos agua, con un 70% de agua en nuestro cuerpo, que vertimos en forma de lágrimas cuando nos emocionamos. Esta dependencia no se traduce tanto en forma del agua líquida que consumimos, sino en el agua necesaria para producir los alimentos que consumimos.

La crisis alimentaria que se está gestando en los últimos años es, en gran medida, una crisis de agua, en cantidad y en calidad. La crisis del agua se debe a la concatenación de una serie de causas que incluyen el aumento de la demanda de agua para alimentar una población humana creciente, su mal uso con pérdidas en sistemas de distribución y riego, sobreexplotación y salinización de acuíferos de muy lenta renovación, contaminación de los recursos existentes, y – de forma creciente – los eventos hidrológicos extremos del ciclo hidrológico con sequías e inundaciones amplificadas por el cambio climático.

Carlos M. Duarte

Profesor Distinguido de Ciencias Marinas en la Universidad Rey Abdullah de Ciencias y Tecnologías de Arabia Saudí.



An aerial photograph showing a river with dark, clear water winding through a stark, arid landscape. The terrain is composed of light-colored, rocky soil with sparse, dry vegetation. The river's path is irregular, reflecting the natural contours of the land. The overall scene conveys a sense of water scarcity in a dry environment.

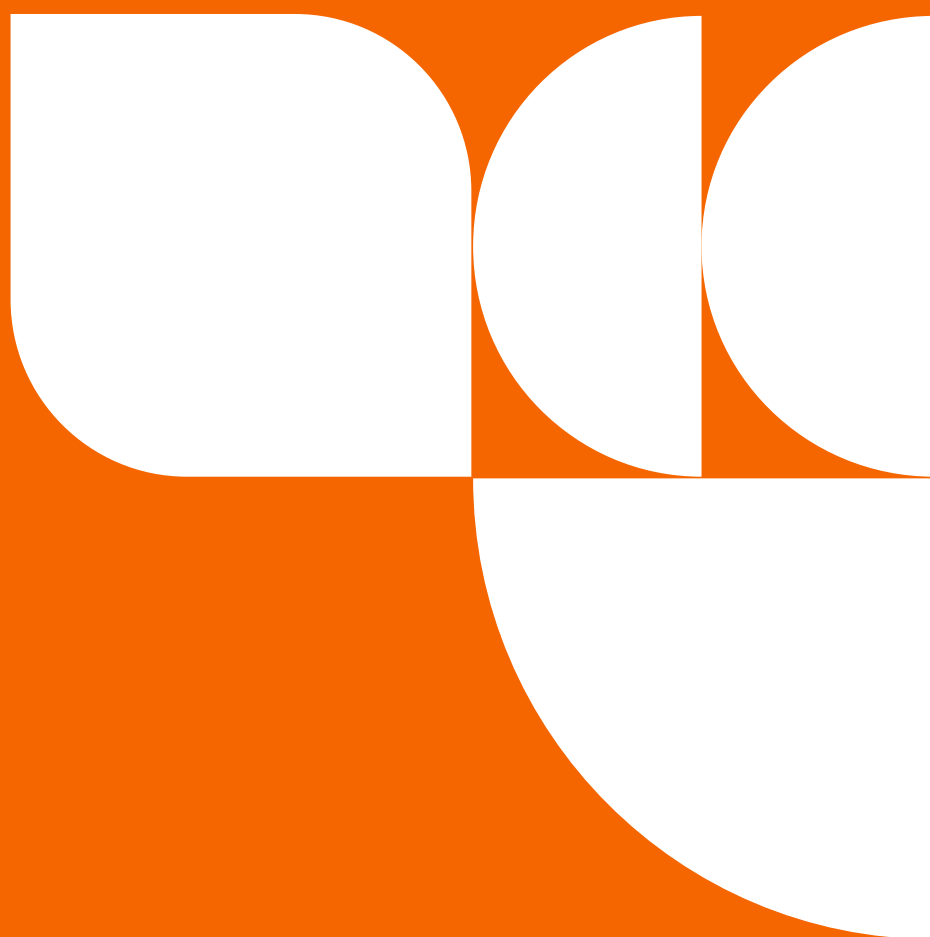
Abordar la crisis del agua requiere una aproximación sistémica, avances en ciencia y tecnología, y en la gestión y gobernanza de los recursos hídricos. El ritmo de innovación en tecnologías del agua es demasiado lento para hacer frente a los desafíos presentes, con avances incrementales desde el desarrollo de la desalación por ósmosis inversas, quizás el desarrollo más importante en el acceso a nuevos recursos hídricos de la historia reciente. Es necesario catalizar la innovación en todos los aspectos del acceso, uso y reciclado del agua. Esto requiere la colaboración público-privada para lanzar un desafío global a la comunidad de científicos y tecnólogos con metas y objetivos temporales claros.

La crisis del agua permanece, en gran medida oculta, pues no es parte de ninguna de las convenciones de Naciones Unidas (Clima, Biodiversidad y Desertificación), aunque es el foco del Objetivo de Desarrollo Sostenible 6 de la Agenda 2030. Sin embargo, el agua como recurso es parte de casi todos los objetivos, incluidos el 2, erradicar el hambre, el 3, salud y bienestar; 7 energía limpia y asequible; 11 ciudades y comunidades sostenibles; 12 sobre consumo responsable; 13 cambio climático; los objetivos 14 y 15 sobre biodiversidad en océanos y tierra; y el 16 de Paz, ya que muchos conflictos tienen por trasfondo el control de recursos hídricos.

Las cuestiones fundamentales a resolver son: disminuir la huella hídrica de los alimentos, a través de sistemas de producción eficientes, evitar la pérdida de alimentos, información a los consumidores, y la integración de los sistemas alimentarios de origen marino, con huella hídrica cercana a cero, con los terrestres. Mejoras en la infraestructuras y tecnologías para el uso y reutilización del agua e investigación fundamental sobre las propiedades únicas de la molécula de agua que, a pesar de su aparente simplicidad, sigue sorprendiendo.

Resolver estas cuestiones requiere de colaboración internacional en I+D, compromisos de acción con metas claramente delimitadas y participación e información a comunidades. En el siglo XXI seguimos persiguiendo la presencia de agua en planetas remotos, pero no prestamos suficiente atención a los problemas hídricos que aquejan al nuestro, precisamente por la abundancia de agua líquida.

Si eventualmente una inteligencia extraterrestre visitase nuestro planeta se admiraría de que el agua es un recurso limitante cuando precisamente lo que caracteriza a nuestro planeta es su abundancia. Nos empeñamos, históricamente, en utilizar el agua en aquellas áreas, los continentes, donde es escasa, y solo recientemente estamos mirando al océano como fuente segura y fiable de agua para satisfacer nuestras necesidades. Aumentar el uso del agua marina como recurso es, sin lugar a dudas, la mayor oportunidad para resolver nuestros desafíos en torno al agua.



Introducción

Introducción

El agua, la esencia misma de la vida, se enfrenta a una crisis sin precedentes. A medida que la población mundial crece y el cambio climático altera los patrones naturales, la escasez de agua se convierte en uno de los mayores desafíos de nuestro tiempo. Actualmente, más de 2 mil millones de personas viven

en países que experimentan altos niveles de estrés hídrico, y se proyecta que para 2050, la mitad de la población mundial vivirá en áreas con escasez de agua. Pero en medio de esta crisis, **surge una oportunidad histórica para transformar cómo gestionamos y utilizamos este recurso vital.**

Estrés hídrico por países



Fuente: [Aqueduct 4.0](#)

Este informe ofrece un **análisis sobre las últimas innovaciones tecnológicas y estrategias que están revolucionando la gestión del agua**. A través de la creación de soluciones sostenibles, podemos evitar la escasez de agua y construir un futuro más resiliente y equitativo.

La demanda creciente, la escasez y el impacto del cambio climático en los recursos hídricos presentan **retos significativos que requieren una acción urgente y coordinada**.

El agua, más allá de ser un recurso vital para la vida, está profundamente interconectada con sectores clave como la energía, la agricultura y la industria. Su disponibilidad y calidad influyen directamente en la generación de energía, la producción de alimentos y los procesos industriales, convirtiéndola en un elemento esencial para el desarrollo económico y la sostenibilidad ambiental. La gestión eficiente del agua es, por lo tanto, crucial para satisfacer las necesidades básicas humanas, y también para mantener el equilibrio y la prosperidad en múltiples áreas críticas de nuestra sociedad. En este contexto, la **interdependencia entre el agua y la energía** es crucial. Por ejemplo, se estima que en Estados Unidos aproximadamente el **13% del consumo anual de energía se destina a la gestión del agua**. Desde la energía hidroeléctrica hasta las innovaciones en reciclado del agua con energías renovables, este informe explora cómo la sinergia entre estos dos recursos puede conducir a soluciones sostenibles.

Los grandes cambios en los sistemas de agua suelen ocurrir en respuesta a las grandes crisis, y es crucial que estemos preparados con nuevas tecnologías y enfoques para cuando lleguen estos momentos críticos, que están llegando.

David Sedlak

[▶ Ver vídeo](#)

[▶ Ver perfil](#)



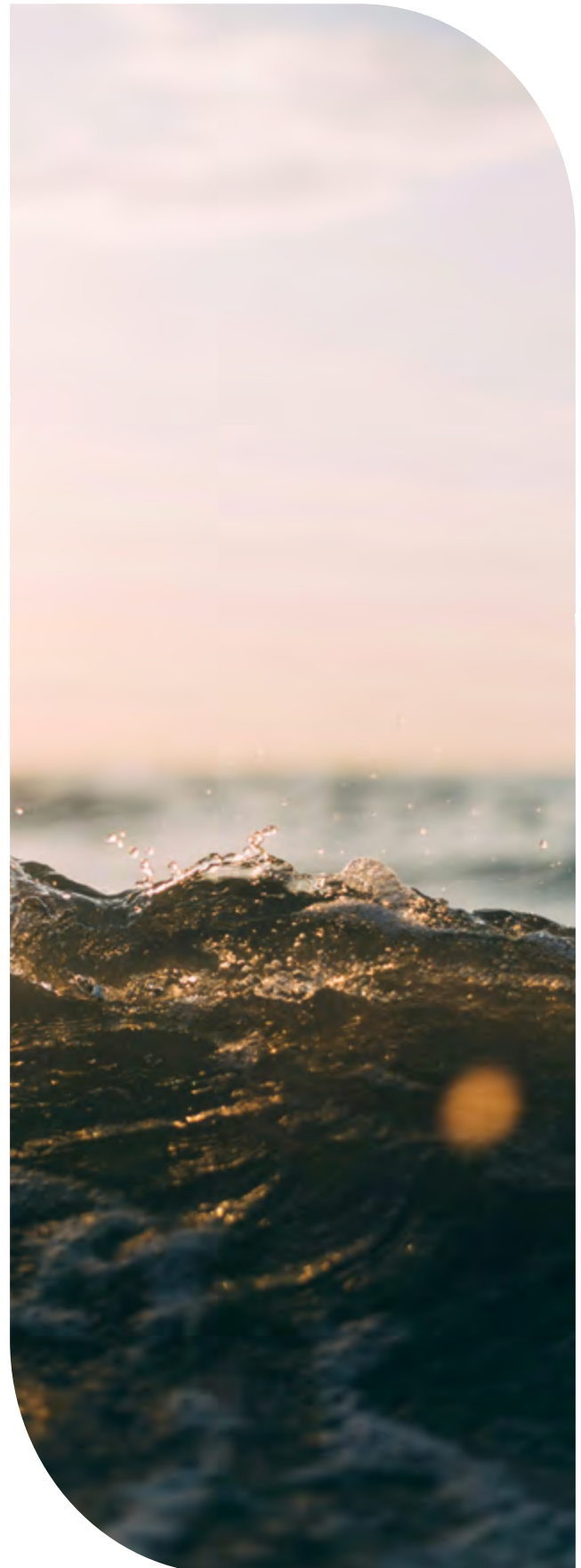
Agricultura, industria textil, centros de datos y otros sectores críticos dependen también en gran medida del agua. **La puesta en marcha de tecnologías avanzadas para la captura, reutilización y conservación del agua es esencial para asegurar su sostenibilidad.** Desde la reutilización hasta la captura de agua atmosférica, las nuevas tecnologías están cambiando el panorama de la gestión del agua, ofreciendo soluciones innovadoras para maximizar su disponibilidad y calidad.

La conservación de ecosistemas y la reducción de la contaminación son también aspectos esenciales. Este informe analiza estrategias integradas para la conservación y la optimización de la gestión del agua, con especial foco en España. Para tener un futuro sostenible es fundamental poner en marcha **estrategias para la resiliencia hídrica**, como sistemas de almacenamiento de aguas pluviales y la creación de infraestructuras verdes. Destacamos las **mejores prácticas y modelos de éxito en todo el mundo.**

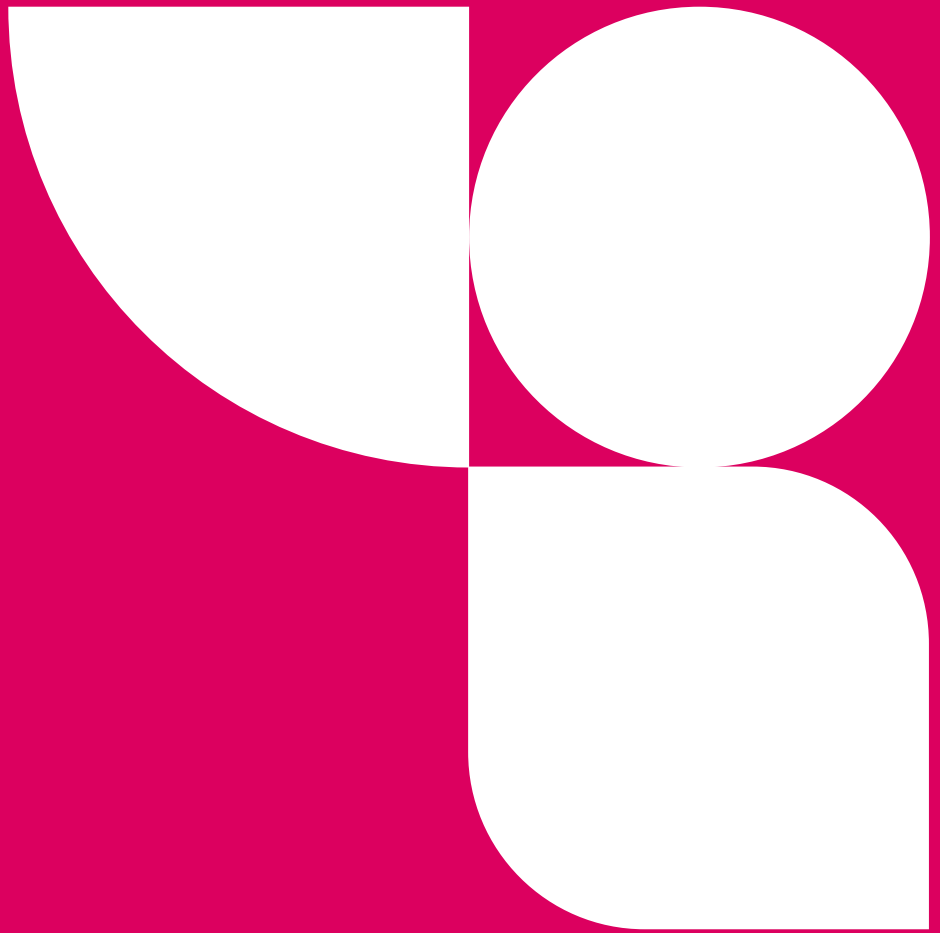
La inversión en sistemas de agua tiene beneficios económicos y sociales. Para conseguir un desarrollo inclusivo y sostenible es fundamental **abordar la financiación y asegurar el acceso equitativo al agua.**

Por último, es clave establecer **marcos de gobernanza sostenible y propuestas para la gestión integrada de los recursos hídricos.** La colaboración entre el sector público y privado es imperativa para movilizar las inversiones necesarias.

En conclusión, "Agua: nuestro recurso vital en jaque" identifica los desafíos críticos a los que nos enfrentamos, para luego proporcionar un **plan claro y viable** para superarlos. Con un enfoque en la innovación, la sostenibilidad y la equidad, este informe es una **llamada a la acción para todos los stakeholders comprometidos con la creación de un futuro hídrico resiliente y sostenible.**



1



Contexto y retos actuales

1

Contexto y retos actuales

Crisis global del agua: escasez y demanda creciente

Además de la distribución desigual, el uso del agua por parte de la industria, la agricultura y para el consumo doméstico está aumentando rápidamente. **David Sedlak**, Catedrático de Ingeniería Medioambiental de la Universidad de Berkeley, proyecta que para el año 2070 el mundo será muy diferente: se espera un aumento del 20% en la población mundial, alcanzando los 10 mil millones de personas. Además, los países que hoy consideramos de bajos ingresos estarán viviendo a un nivel de vida mucho más alto, con una creciente demanda de carne que requerirá un aumento del 70% en la producción de alimentos usando las mismas tierras agrícolas actuales. Este incremento en la población y en los niveles de vida intensificará aún más la demanda de agua, exacerbando la crisis existente.

La agricultura, que representa aproximadamente el 70% del uso de agua dulce a nivel mundial, depende críticamente de este recurso para la irrigación de cultivos. La eficiencia en el uso del agua en la agricultura varía significativamente entre diferentes regiones y prácticas agrícolas, lo que puede llevar a un uso insostenible en algunas áreas.

La industria también consume grandes cantidades de agua para procesos de manufactura, enfriamiento y limpieza. Industrias como la manufacturera, la minería y la producción energética son especialmente intensivas en el uso de agua. **La creciente demanda industrial, impulsada por el desarrollo económico y la expansión urbana, está ejerciendo una presión adicional sobre los limitados recursos de agua dulce.**

Finalmente, **la demanda doméstica de agua está aumentando debido al crecimiento poblacional y a la urbanización.** Las áreas urbanas, en particular, requieren grandes volúmenes de agua para abastecer a sus residentes y para servicios como el saneamiento y la limpieza. La gestión eficiente y sostenible de los recursos hídricos urbanos es crucial para garantizar un suministro continuo de agua potable y para evitar conflictos por el agua en el futuro.

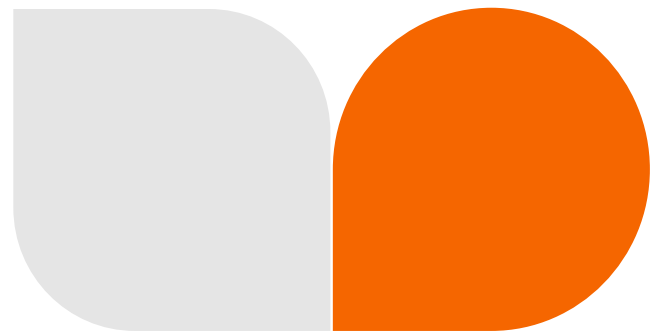


El agua, pilar fundamental de la vida, se encuentra al borde de una crisis global indiscutible. La escasez de agua se está intensificando y el cambio climático está agravando la situación. Hoy más que nunca cada gota cuenta.

Aunque el agua es abundante en la Tierra, solo una fracción muy pequeña está disponible y accesible para satisfacer las necesidades humanas. La combinación de una distribución desigual y una demanda creciente por parte de la agricultura, la industria y los hogares hace que **la gestión sostenible del agua sea uno de los mayores desafíos del siglo XXI**. Es imperativo que adoptemos estrategias innovadoras y enfoques de conservación para asegurar que este recurso vital siga estando disponible para las generaciones futuras.

Podemos abordar la problemática del agua con tres tipos distintos de planteamientos, nos dice **David Sedlak**. La primera opción es **la eficiencia en el uso del agua**. Con inversiones en tecnologías y reformas políticas que las incentiven, **deberíamos ser capaces de reducir la cantidad de agua consumida en nuestros hogares, nuestras granjas y nuestras industrias entre un 25 y un 50%**. La segunda opción consiste en **modificar el funcionamiento de nuestras infraestructuras hídricas**. Enfoques como la recarga gestionada de acuíferos, la explotación de embalses basada en previsiones meteorológicas, la restauración de humedales y la gestión activa de la vegetación que crece en las cuencas hidrográficas tienen el potencial de permitirnos captar y almacenar una fracción mucho mayor del agua que cae sobre la tierra. Por último, podemos

recorrir a **recursos hídricos no convencionales**: aguas que sin un tratamiento avanzado no serían aptas para el uso humano. La gravedad del estrés hídrico que podemos esperar en las próximas décadas significa que en España, California y muchas otras partes del mundo **tendremos que invertir en simultáneo en los tres enfoques si esperamos crear un futuro hídrico seguro para los niños de hoy**. Uno de los objetivos fundamentales de este informe es evaluar las oportunidades, limitaciones y posibles consecuencias inesperadas del tercero de estos enfoques: recurrir a la tecnología para explotar recursos hídricos no convencionales, como la reutilización del agua y la desalinización.



Ningún debate sobre el agua estaría completo sin centrarse en el agua necesaria para cultivar alimentos. Como ya se apuntaba, **más del 70% del agua que se extrae del medio ambiente se utiliza para riego de cultivos**. Asimismo, la mayor parte de la contaminación por nitrógeno que produce zonas muertas de nuestras costas y la proliferación de algas tóxicas en nuestros lagos y estuarios se debe al uso agrícola del agua. Es probable que la mejora de las prácticas agronómicas y el cambio del riego por inundación al riego por aspersion y microgoteo desempeñen un papel importante para ayudarnos a satisfacer la necesidad de cultivar más alimentos en un clima cambiante, pero también puede haber un papel importante para las fuentes de agua no convencionales en la agricultura. La reutilización del agua para la agricultura ha sido importante en Israel y algunos otros lugares, pero la necesidad global de los sistemas agrícolas y las grandes distancias entre nuestras ciudades y las granjas limitarán la importancia de este enfoque. Es probable que la desalinización del agua de mar siga siendo demasiado cara para aplicaciones que vayan más allá de unos pocos cultivos nicho cultivados a lo largo de la costa. Sin embargo, la **tecnología de desalinización**

ofrece la posibilidad de aprovechar vastos recursos de aguas subterráneas salobres siempre que se cumpla la [Ley de Wright](#) para reducir los costes energéticos y de gestión de las salmueras producidas por el proceso de desalinización, afirma dice **David Sedlak**.



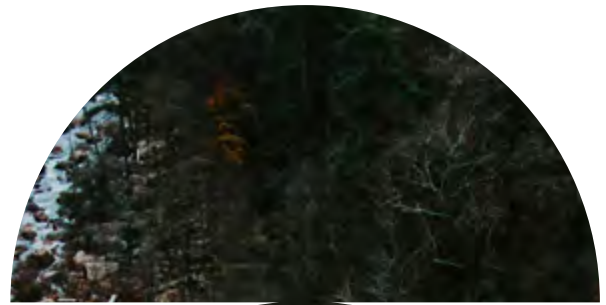
En mi opinión, una de las mayores oportunidades para que las fuentes de agua no convencionales contribuyan a la agricultura es esta idea de tomar agua subterránea salobre. El mundo tiene grandes reservas de agua subterránea salobre. Gran parte de ella está en el interior. Gran parte de ella está debajo de las granjas donde cultivamos nuestros alimentos.

David Sedlak

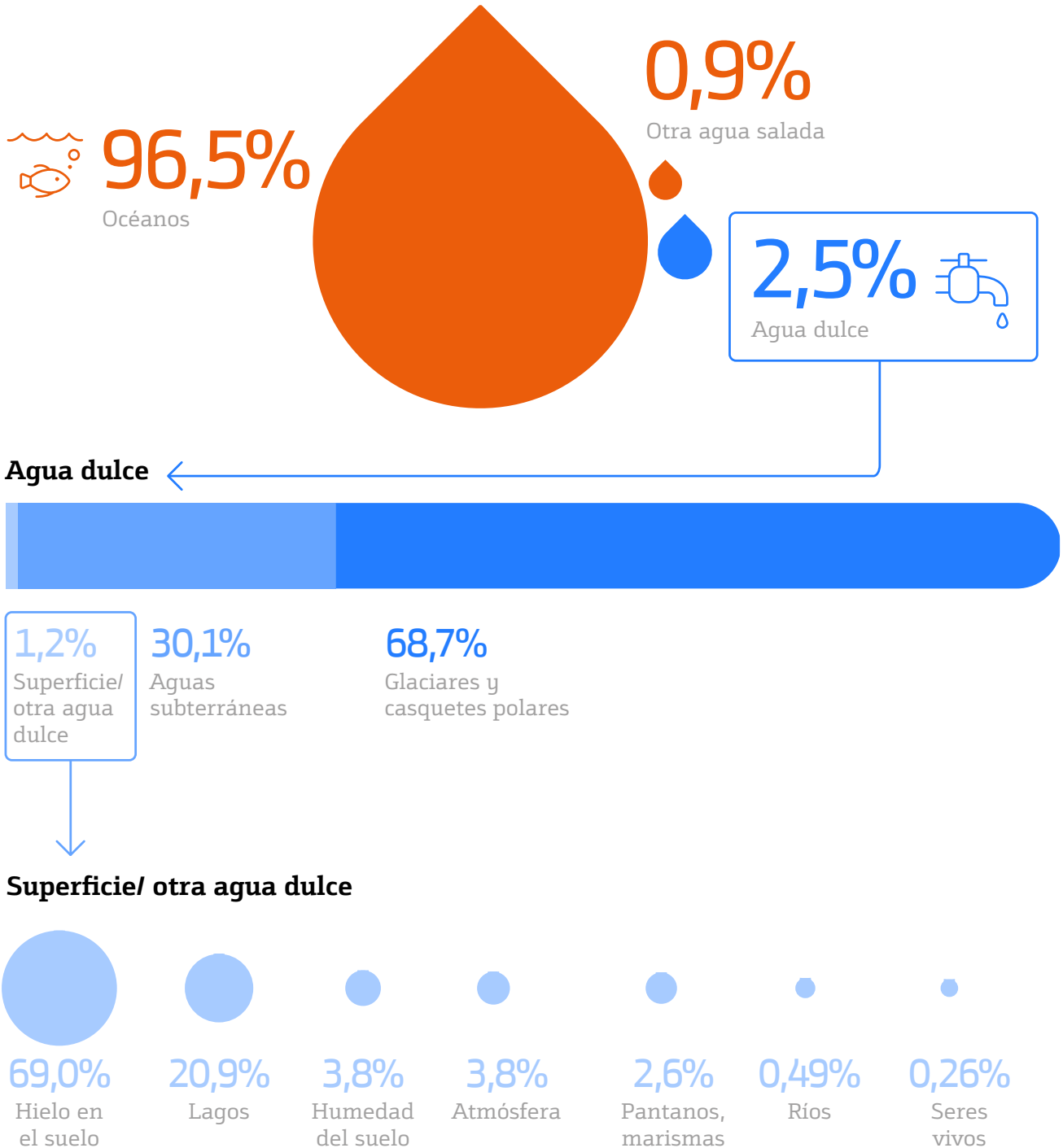
La Importancia del agua en la Tierra

El agua cubre aproximadamente el 71% de la superficie terrestre, un vasto manto azul que es visible desde el espacio y que confiere a nuestro planeta su característico apodo de "el planeta azul". Sin embargo, esta vasta extensión de agua es mayoritariamente salada y se encuentra en océanos y mares, dejando solo una fracción muy pequeña como agua dulce adecuada para el consumo humano y otros usos esenciales. De todo el volumen de agua en la Tierra, apenas el 2,5% es agua dulce. Esta ya limitada cantidad se enfrenta a desafíos adicionales debido a su distribución y forma de almacenamiento: dentro de ese 2,5% de agua dulce, alrededor del 68% está atrapada en glaciares y capas de hielo, particularmente en los polos y en las altas montañas. Esto significa que **menos del 1% del agua dulce total está disponible en formas accesibles, como ríos, lagos y acuíferos subterráneos**. Estos recursos son los que la humanidad puede utilizar directamente para beber, regar cultivos, alimentar procesos industriales y mantener ecosistemas naturales. Sin embargo, incluso esta pequeña cantidad de agua accesible **no está distribuida uniformemente a lo largo del planeta**. Mientras que algunas regiones, como las zonas tropicales y ciertas áreas montañosas, pueden tener abundancia de agua, otras regiones, especialmente en zonas áridas y semiáridas, se enfrentan a una escasez crónica. Esta desigualdad en la distribución se agrava por factores como el **cambio climático**, que está alterando los patrones de precipitación, y el **crecimiento poblacional**, que incrementa la demanda en áreas que ya están bajo estrés hídrico.

Así lo explica **Sujay Kumar**, científico físico del Centro de Vuelo Espacial Goddard de la NASA. A través de tecnologías avanzadas de teledetección, la NASA ha logrado obtener una comprensión detallada de los ciclos del agua y su distribución, así como los desafíos a los que se enfrenta el planeta debido a la variabilidad del agua y el cambio climático.



¿Cómo se distribuye el agua en nuestro planeta?



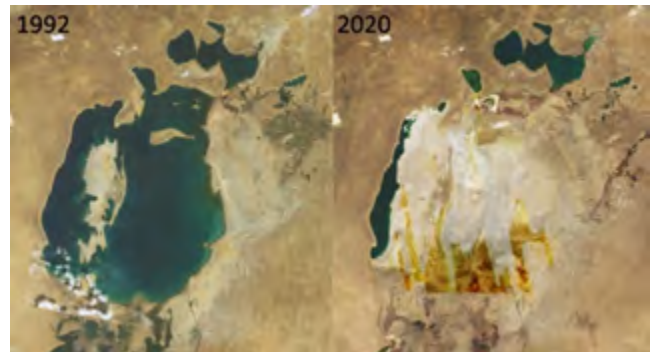
Credit: U:S Geological Survey, Water Science School. <https://www.usgs.gov/special-topic/water-science-school>
 Data source: Igor Shiklomanov's chapter "World fresh water resources" in Peter H. Gleick (editor), 1993, Water in Crisis: A Guide to the World's Fresh Water Resources. (Numbers are rounded).
 Fuente: <https://www.usgs.gov/media/images/distribution-water-and-above-earth>

La NASA ha desarrollado plataformas de teledetección para estudiar el ciclo del agua en la atmósfera, la superficie terrestre y los océanos. El programa [Landsat](#) es uno de los más antiguos, proporcionando imágenes de la superficie terrestre desde 1972. Kumar presenta ejemplos impactantes de cómo las imágenes de Landsat han documentado la disminución significativa de cuerpos de agua como el Mar de Aral, en su día el cuarto lago más grande del mundo y el Lago Mead, el mayor embalse de EE. UU. que abastece de agua a más de 40 millones de personas.

Otras misiones de interés desarrolladas por la NASA son:

1. [GPM \(Global Precipitation Measurement\)](#): mide la precipitación y las nevadas globales, proporcionando datos cada 30 minutos.
2. [SMAP \(Soil Moisture Active Passive\)](#): mide la humedad del suelo, esencial para la predicción meteorológica y la agricultura.
3. [GRACE \(Gravity Recovery and Climate Experiment\)](#): monitoriza los cambios en el almacenamiento de agua en el planeta mediante la medición de variaciones en el campo gravitacional de la Tierra.

Estos datos permiten a los científicos comprender mejor la disponibilidad y la variabilidad del agua, así como identificar tendencias y cambios a lo largo del tiempo.



Fuente: <https://www.usgs.gov/media/images/landsat-imagery-aral-sea-1992-2020>



Sujay Kumar

▶ Ver vídeo

▶ Ver perfil

No hay un planeta B. Debemos trabajar juntos para asegurar que las futuras generaciones tengan acceso a formas limpias y asequibles de agua y energía.

Impacto del cambio climático en los recursos hídricos

Esta crisis del agua es consecuencia, en gran medida, del cambio climático, que está redefiniendo el panorama de los recursos hídricos a nivel global, generando efectos profundos y de amplio alcance. Las alteraciones en los patrones de precipitación, el aumento de las temperaturas y la intensificación de eventos climáticos extremos están afectando significativamente la disponibilidad y la calidad del agua, con repercusiones que se extienden a la agricultura, la industria, los ecosistemas y las comunidades humanas.

En detalle, el cambio climático está generando **alteraciones en los patrones de precipitación** a nivel mundial, resultando en algunas regiones con lluvias más intensas y otras con sequías prolongadas, como lo indican las observaciones satelitales mencionadas por **Sujay Kumar**. Además, el **aumento de las temperaturas globales** está acelerando la evaporación, lo que reduce la disponibilidad de agua en fuentes superficiales como ríos y lagos. Según **David Sedlak**, un incremento de dos grados Celsius en la temperatura media global podría transformar climas, como el de España, haciéndolos más similares al del norte de África, lo que implicará una menor disponibilidad de agua superficial y la necesidad de adaptar las infraestructuras hídricas.

El cambio climático también está **afectando los recursos hídricos subterráneos**, con la misión GRACE revelando disminuciones significativas en el almacenamiento de agua subterránea en regiones como California, resultado tanto de las sequías como del uso intensivo de estos recursos. Los **eventos climáticos extremos**, que son cada vez más frecuentes y severos debido al cambio climático, como inundaciones y sequías, tienen un impacto directo en la disponibilidad y calidad del agua. **Carlos Duarte**, catedrático en la Universidad de Ciencia y Tecnología Rey Abdullah (KAUST), destaca que las sequías prolongadas reducen los niveles de agua en embalses y ríos, mientras que las inundaciones pueden contaminar fuentes de agua dulce con sedimentos y otros contaminantes.

Finalmente, la calidad del agua también se ve comprometida por el cambio climático. Las temperaturas más altas fomentan la proliferación de algas y bacterias en cuerpos de agua, deteriorando su calidad y aumentando los costes de tratamiento para consumo humano. Además, las lluvias intensas pueden incrementar la escorrentía de aguas contaminadas hacia ríos, lagos y mares, agravando los problemas de contaminación hídrica.

Proyecciones futuras y estrategias de mitigación

Las [proyecciones del IPCC](#) indican que a medida que las temperaturas globales continúan aumentando, se espera una mayor reducción en la disponibilidad de agua dulce y un aumento en la intensidad de los extremos húmedos y secos.

Para mitigar estos impactos, los expertos sugieren la **adopción de políticas globales y soluciones similares a las ya implementadas para abordar el problema del agujero de la capa de ozono**, destacando la importancia de la cooperación internacional y la acción concertada.

Innovaciones y tecnologías adaptativas

Para enfrentarse a los desafíos del cambio climático, es crucial adoptar tecnologías y prácticas innovadoras, como se explica en el [capítulo 2](#) de este informe. **David Sedlak** menciona **la importancia del reciclaje de agua y la desalación**. En California, el reciclaje de aguas residuales está en expansión, proyectando que **para el año 2040, alrededor del 40% del suministro de agua en algunas áreas provendrá de agua reciclada**. Asimismo, la desalación, aunque se enfrenta a desafíos ambientales y sociales, tiene un gran potencial si se reducen los costes y se abordan las preocupaciones asociadas.

Por tanto, **el impacto del cambio climático en los recursos hídricos es un desafío multifacético que requiere una respuesta global e integrada**.

Impacto humano y conservación de ecosistemas

En el contexto de los desafíos actuales, el impacto humano en los ecosistemas marinos y costeros presenta uno de los mayores retos para la sostenibilidad ambiental. La actividad humana, particularmente a través de la contaminación y la explotación de recursos naturales, ha degradado significativamente estos ecosistemas. Este deterioro afecta la biodiversidad, y también **compromete la capacidad de los océanos para proporcionar servicios ecosistémicos esenciales, como la regulación del clima y la seguridad hídrica global.**

Uno de los principales desafíos es la **reducción de la contaminación de origen terrestre**. La mayoría de la contaminación marina proviene de actividades humanas en tierra, como la agricultura, la industria y los desechos urbanos. Otro reto crítico es la restauración de hábitats marinos y costeros. Estos esfuerzos requieren técnicas innovadoras y un enfoque coordinado que involucre a múltiples sectores y comunidades. Además, **fomentar la economía azul mediante actividades económicas sostenibles, como la acuicultura y el ecoturismo, puede generar beneficios tanto para el medio ambiente como para las comunidades locales.**

Reducción de la contaminación de origen terrestre

Carlos Duarte subraya la importancia de reducir la contaminación de origen terrestre para proteger los ecosistemas marinos. Para abordar eficazmente el problema, es esencial poner en marcha estrategias que reduzcan las cargas contaminantes antes de que lleguen al mar.



Carlos Duarte

[▶ Ver vídeo](#)

[▶ Ver perfil](#)

Las aguas que descargamos en el océano vienen cargadas con un cóctel de todo tipo de compuestos, desde cafeína hasta metales pesados y fibras sintéticas.

La **agricultura** es una de las principales fuentes de contaminación terrestre que afecta a los océanos. El **uso excesivo de fertilizantes y pesticidas** contribuye significativamente a la **eutrofización**, un proceso que provoca la proliferación de algas nocivas y la creación de zonas muertas en los cuerpos de agua costeros. Para reducir este impacto, es fundamental aplicar soluciones de **manejo integrado de plagas (MIP)** y la fertilización precisa, lo cual puede minimizar el escurrimiento y la **lixiviación de nutrientes**. Además, mantener una cubierta vegetal en los campos durante todo el año y plantar barreras vegetales a lo largo de los bordes de los campos y cursos de agua puede ayudar a reducir la erosión del suelo y el escurrimiento de sedimentos.

En las **áreas urbanas**, la escorrentía pluvial que arrastra aceites, metales pesados y otros contaminantes desde las superficies pavimentadas, así como los desechos domésticos y las aguas residuales, contribuyen significativamente a la contaminación del agua. La creación de jardines de lluvia y áreas de bioretención puede capturar y filtrar la escorrentía antes de que entre en los sistemas de alcantarillado, utilizando plantas y suelos para eliminar contaminantes. Además, la instalación de pavimentos permeables permite la infiltración del agua de lluvia en el suelo, reduciendo el volumen de escorrentía y filtrando contaminantes.

La **industria**, especialmente las químicas y mineras, son fuentes significativas de contaminación del agua debido a la descarga de desechos industriales sin tratar.

Necesitamos ser inteligentes sobre cómo usamos el agua y alejarnos de estos bloqueos mentales que tenemos, pensando en la tierra y el océano como entidades separadas.

Carlos Duarte

Para reducir la contaminación de origen terrestre, una estrategia imprescindible es desarrollar programas educativos que informen a los ciudadanos sobre el impacto de la contaminación y las formas de reducirlo, así como poner en marcha campañas de sensibilización pública sobre la importancia de mantener limpios los cuerpos de agua.

La combinación de estas estrategias puede reducir significativamente la carga de contaminantes que ingresan a los ecosistemas marinos desde fuentes terrestres, ayudando a preservar la salud de los océanos y su capacidad para proporcionar servicios vitales.

Alexandra Cousteau, Cofundadora y Presidenta de [Oceans 2050](#), y **M^a Eugenia Girón**, Vicepresidenta del Consejo de Administración de [Oceana](#), enfatizan la capacidad de los océanos para recuperarse si se ejecutan las acciones correctas. Cousteau hace un llamamiento para **utilizar tecnologías modernas y enfoques innovadores para la restauración de hábitats**, como el uso de datos de satélites para monitorizar la pesca ilegal y el empleo de tecnologías avanzadas para la restauración de arrecifes de coral. Iniciativas como la reforestación de manglares, la protección de praderas marinas y la restauración de arrecifes de coral son fundamentales.

La conservación y restauración de los ecosistemas marinos, además de proteger la biodiversidad, tienen un **impacto directo en la seguridad hídrica global**. **Los océanos desempeñan un papel crucial en el ciclo del agua, regulando el clima y proporcionando una fuente significativa de agua a través de la evaporación y las precipitaciones**. Al proteger los ecosistemas marinos, se asegura la continuidad de estos procesos esenciales.

Las soluciones vendrán, como apuntaba **David Sedlak**, enfocándonos en tres estrategias: **aumentar la eficiencia en el uso del agua, modificar nuestras infraestructuras hídricas y recurrir a recursos no convencionales**. En las tres estrategias, la combinación del agua y de la energía es fundamental para asegurar un futuro hídrico seguro, como se detalla en el siguiente capítulo.

Todo está interconectado. Cuando tocamos algo en el sistema hídrico, otra parte se ve afectada. Necesitamos un enfoque integrado para abordar estos problemas.

M^a Eugenia Girón

 [Ver perfil](#)



1.1. Energía y agua: dos caras de la misma moneda

La relación entre la energía y el agua es una de las interdependencias más críticas en nuestro mundo moderno. Esta conexión, conocida como el [nexo agua-energía](#), resalta cómo estos dos recursos esenciales están intrínsecamente vinculados y cómo **cualquier alteración en uno de ellos puede tener repercusiones significativas en el otro.**

El nexo agua-energía se refiere a la interrelación y dependencia mutua entre el agua y la energía: **utilizamos agua para producir energía y energía para gestionar el agua.** Este vínculo implica que cualquier cambio o problema en uno de estos sistemas afectará inevitablemente al otro. Según **Yael Glazer**, investigadora en el [Webber Energy Group](#) de la Universidad de Texas, **"el agua es esencial para la vida y la energía es la calidad de vida a la que nos hemos acostumbrado en el mundo desarrollado"**.

El agua se utiliza en diversas etapas de la cadena de suministro de energía, desde la extracción de recursos naturales hasta la generación de electricidad y la producción de biocombustibles. Por ejemplo, en las industrias extractivas, como la minería de carbón y uranio, y la extracción de gas natural y petróleo, se requiere una gran cantidad de agua. Además, el agua es fundamental para la producción de biocombustibles y para la generación de energía hidroeléctrica y la refrigeración de plantas termoeléctricas.

Por otro lado, la gestión del agua también requiere una gran cantidad de energía. Esto incluye el bombeo, tratamiento, enfriamiento, calentamiento y presurización del agua. En Estados Unidos, **aproximadamente el 13% del consumo anual de energía se destina a estos fines.** A medida que los estándares de tratamiento de aguas residuales se vuelven más estrictos, se necesitará aún más energía para cumplir con las normativas ambientales.

La interdependencia entre agua y energía crea restricciones significativas en ambos sistemas. Las condiciones extremas de agua, como sequías, inundaciones, olas de calor y heladas, pueden afectar gravemente la producción de energía. Por ejemplo, las olas de calor pueden elevar las temperaturas de los ríos, reduciendo la eficiencia de la refrigeración de las plantas de energía y obligando a reducir la producción. Un ejemplo notable fue la ola de calor en Europa en 2003, que obligó a Francia a reducir la producción de energía nuclear debido a la falta de agua fría suficiente para la refrigeración. Más recientemente, la tormenta invernal Uri en Texas en 2021 causó un colapso en la infraestructura energética del estado, dejando a millones de personas sin electricidad ni agua.

Yael Glazer

 [Ver vídeo](#)

 [Ver perfil](#)



El nexo agua-energía también se extiende a nuevas tecnologías emergentes, como la **producción de hidrógeno verde**. La producción de hidrógeno mediante electrólisis, un proceso que divide el agua en hidrógeno y oxígeno utilizando electricidad, depende de grandes volúmenes de agua y una fuente de energía limpia para ser sostenible.

Esta interconexión subraya la necesidad de una **planificación y gestión integradas para asegurar la disponibilidad y sostenibilidad de ambos recursos esenciales**. En este contexto, es fundamental explorar y entender estas dinámicas para diseñar estrategias que optimicen el uso de recursos, minimicen el impacto ambiental y promuevan una gestión sostenible y resiliente. Los siguientes apartados abordan en detalle (i) el uso del agua para la producción de energía, (ii) el uso de la energía para la gestión del agua y (iii) los desafíos, tendencias y soluciones propuestas.



Uso del agua para la producción de energía

El agua es un componente crucial en diversas etapas de la cadena de suministro de energía. Este uso abarca desde la extracción de recursos naturales hasta la generación de electricidad, la producción de biocombustibles y la producción de hidrógeno como combustible:

INDUSTRIAS EXTRACTIVAS

En las industrias extractivas, como la minería de carbón y uranio, y la extracción de gas natural y petróleo, se requiere una gran cantidad de agua. Por ejemplo, **en Texas, donde la fracturación hidráulica es común, se utilizan entre uno y diez litros de agua por cada litro de petróleo extraído.** Este proceso demanda grandes volúmenes de agua y plantea desafíos significativos relacionados con la gestión de aguas residuales y la contaminación.

PRODUCCIÓN DE BIOCOMBUSTIBLES

El agua es fundamental para la producción de biocombustibles. En Estados Unidos, **el riego del maíz para la producción de etanol puede requerir entre 500 y 2.000 litros de agua por cada litro de etanol.** Esta alta demanda de agua para el riego agrícola se suma a la presión sobre los recursos hídricos, especialmente en regiones que ya se enfrentan a la escasez de agua. Además, la producción de biocombustibles a menudo compite con la agricultura alimentaria, lo que puede agravar la crisis del agua y la seguridad alimentaria.

GENERACIÓN DE ENERGÍA HIDROELÉCTRICA

La energía hidroeléctrica es una de las formas más antiguas de generación de electricidad que depende del agua. Las plantas hidroeléctricas utilizan la energía del agua en movimiento, como ríos o corrientes, para generar electricidad. Aunque esta fuente de energía es renovable y generalmente limpia, **su eficiencia y capacidad de producción pueden verse afectadas por cambios en los flujos de agua debido a sequías o alteraciones en los patrones de precipitación.** Además, la construcción de represas y embalses puede tener impactos ambientales significativos, pudiendo alterar los ecosistemas acuáticos, afectar la calidad del agua y modificar el flujo natural de los ríos. Sin embargo, las nuevas **centrales hidroeléctricas de bombeo reversible** permiten minimizar estos impactos y maximizar los beneficios.

REFRIGERACIÓN DE PLANTAS TERMOELÉCTRICAS

El agua es esencial para la refrigeración de plantas termoeléctricas, que incluyen plantas de energía nuclear, de carbón y de gas natural. Estas plantas utilizan grandes volúmenes de agua para enfriar el vapor que impulsa las turbinas generadoras de electricidad. Las plantas termoeléctricas pueden consumir entre 20.000 y 60.000 litros de agua por megavatio-hora de electricidad producida. Las olas de calor y la escasez de agua pueden reducir la disponibilidad de agua de refrigeración, lo que a su vez puede disminuir la eficiencia de estas plantas y forzar reducciones en la producción de energía.

PRODUCCIÓN DE ENERGÍA GEOTÉRMICA

la energía geotérmica, que aprovecha el calor del subsuelo de la Tierra para generar electricidad, también depende del agua. El vapor y el agua caliente extraídos del subsuelo se utilizan para mover turbinas y generar electricidad. Sin embargo, el proceso de extracción y reinyección de agua en sistemas geotérmicos puede afectar la disponibilidad y calidad del agua subterránea.

PRODUCCIÓN DE HIDRÓGENO COMO COMBUSTIBLE

la producción de hidrógeno, particularmente el hidrógeno verde que se produce a través de la electrólisis del agua utilizando fuentes de energía renovable, es otra área donde el agua juega un papel fundamental. El hidrógeno se considera un combustible limpio, ya que su combustión solo produce agua como subproducto. Sin embargo, la producción de hidrógeno a gran escala requiere cantidades significativas de agua. **Por cada kilogramo de hidrógeno producido mediante electrólisis, se necesitan entre 11 y 18 litros de agua.** Este proceso también requiere una cantidad sustancial de energía eléctrica, que debe provenir de fuentes renovables para que el hidrógeno sea verdaderamente sostenible. La adopción del hidrógeno como fuente de energía en sectores como el transporte y la industria pesada podría reducir las emisiones de carbono, pero también implicará una gestión cuidadosa de los recursos hídricos para evitar impactos negativos en la disponibilidad de agua.

En resumen, el uso del agua para la producción de energía es una intersección crítica que destaca la interdependencia entre estos dos recursos. La gestión sostenible del agua en los procesos energéticos es fundamental para asegurar la disponibilidad continua de ambos recursos. Como destaca Yael Glazer, la comprensión y mitigación de los desafíos relacionados con el uso del agua y la energía es esencial para la resiliencia y viabilidad a largo plazo de nuestros sistemas de energía e infraestructura hídrica.

Innovaciones en la gestión del agua para la producción de energía

La investigación y el desarrollo en tecnologías de gestión del agua para la producción de energía son fundamentales para enfrentar los desafíos ambientales y económicos asociados con el nexo agua-energía. A medida que aumenta la demanda global de energía y los

recursos hídricos se vuelven más escasos, es esencial llevar a cabo innovaciones que optimicen el uso del agua y minimicen el impacto ambiental de la producción de energía. Algunas de las innovaciones más importantes en este ámbito son:

Sistemas de reciclaje y reutilización del agua en plantas de energía

Una de las áreas más prometedoras en la gestión del agua para la producción de energía es el **uso de sistemas de reciclaje y reutilización del agua**. Estos sistemas permiten que las plantas de energía utilicen agua reciclada para procesos de enfriamiento y generación, reduciendo así la necesidad de extraer agua fresca de fuentes naturales. Esta práctica conserva los recursos hídricos a la vez que disminuye la cantidad de aguas residuales vertidas en el medio ambiente.

RECICLAJE DE AGUA EN PLANTAS TERMOELÉCTRICAS

Las plantas termoeléctricas, que incluyen instalaciones de energía nuclear, de carbón y de gas natural, utilizan grandes cantidades de agua para enfriar el vapor que impulsa las turbinas generadoras de electricidad. La creación de sistemas de reciclaje en estas plantas puede reducir significativamente el consumo de agua. Por ejemplo, las tecnologías de enfriamiento en circuito cerrado, donde el agua se recicla en lugar de ser descargada después de un solo uso, pueden disminuir el consumo de agua en un 90% en comparación con los sistemas de enfriamiento abiertos tradicionales.

TECNOLOGÍAS DE ENFRIAMIENTO AVANZADAS

Además del reciclaje de agua, se están desarrollando tecnologías de enfriamiento más eficientes para las plantas de energía. Estas incluyen el uso de sistemas de enfriamiento seco, que utilizan aire en lugar de agua para disipar el calor, y tecnologías híbridas que combinan enfriamiento seco y húmedo para optimizar la eficiencia en diferentes condiciones climáticas. Estas innovaciones son cruciales para reducir el uso de agua en regiones donde los recursos hídricos son limitados.

Uso de agua de menor calidad

En algunas regiones, el agua salina o de menor calidad puede ser utilizada en lugar de agua dulce para la producción de energía.

Otra innovación es el uso de aguas residuales tratadas en procesos industriales y de generación de energía. En lugar de utilizar agua potable, las plantas de energía pueden emplear aguas residuales tratadas para el enfriamiento y otros procesos no potables. Este enfoque, además de evitar el consumo de agua dulce, reduce la carga sobre las plantas de tratamiento de aguas residuales, promoviendo una gestión más eficiente del agua en toda la cadena de suministro.



Uso de la energía para la gestión del agua

La gestión del agua no solo depende del recurso hídrico en sí, sino también de una cantidad significativa de energía para diversos procesos. Estos incluyen el bombeo, tratamiento, enfriamiento, calentamiento y presurización del agua. La interdependencia entre energía y

agua se manifiesta claramente en las infraestructuras y tecnologías necesarias para proporcionar agua limpia y segura a las comunidades, la agricultura y la industria. Entre las actividades que requieren energía para disponer de agua, destacan:

BOMBEO DE AGUA

El bombeo de agua es una de las actividades más intensivas en energía dentro del ciclo del agua. El agua debe ser extraída de fuentes subterráneas y superficiales, y luego transportada a través de redes de distribución hasta los puntos de uso. Este proceso puede implicar el bombeo a grandes distancias y altitudes, lo que requiere una cantidad considerable de energía. En regiones donde los acuíferos están profundamente subterráneos o en áreas montañosas, el consumo de energía para el bombeo es particularmente elevado.

TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE

Las plantas de tratamiento de agua utilizan diversos procesos, como la coagulación, floculación, sedimentación, filtración y desinfección, cada uno de los cuales requiere energía. La tecnología de desalinización, que convierte el agua salina en agua potable, es especialmente intensiva en energía. Este proceso es vital en regiones con escasez de agua dulce, pero su alto consumo energético es un desafío significativo para su viabilidad.

TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES

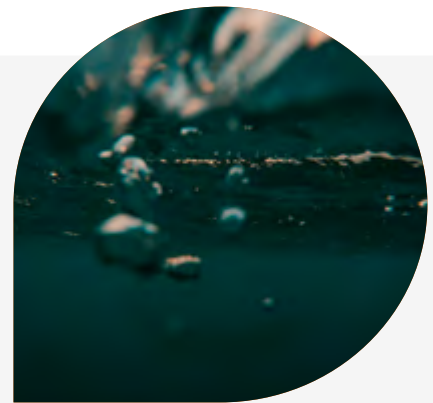
Las plantas de tratamiento de aguas residuales utilizan procesos biológicos y químicos para eliminar contaminantes del agua antes de que sea devuelta al medio ambiente o reutilizada. Estos procesos incluyen la aireación, la digestión anaeróbica y la desinfección, todos los cuales requieren energía. A medida que los estándares de tratamiento de aguas residuales se vuelven más estrictos, aumenta la necesidad de energía para cumplir con las normativas ambientales.

REFRIGERACIÓN Y CALENTAMIENTO:

El agua se utiliza en sistemas de refrigeración y calentamiento, tanto en aplicaciones industriales como domésticas. En las centrales eléctricas, el agua se utiliza para enfriar el vapor que impulsa las turbinas generadoras de electricidad. En aplicaciones domésticas, el calentamiento de agua para uso en hogares representa una porción significativa del consumo de energía residencial.

PRESURIZACIÓN DEL AGUA

La presurización es necesaria para mantener la presión adecuada en los sistemas de distribución de agua potable y de riego. Este proceso asegura que el agua pueda ser distribuida eficientemente a través de las redes de tuberías hasta los puntos de consumo, ya sean hogares, fábricas o campos agrícolas. La energía necesaria para presurizar el agua varía según la topografía y la distancia de distribución, pudiendo aumentar significativamente en áreas con terrenos difíciles o extensas redes de distribución.



Innovaciones en eficiencia energética

Para resolver los desafíos del alto consumo energético en la gestión del agua, se están desarrollando y llevando a la práctica varias innovaciones. Una de ellas es la **generación de biogás en plantas de tratamiento de aguas residuales**, donde la materia orgánica se convierte en gas metano que puede ser utilizado para generar electricidad y calor, reduciendo así los costes energéticos de estas instalaciones.

Uso de energías renovables para el tratamiento del agua

La energía solar y eólica son pilares fundamentales en la transición hacia un sistema energético más sostenible y tienen un papel crucial en la gestión del agua. Estas fuentes de energía renovable ofrecen soluciones limpias y eficientes para una variedad de aplicaciones en el ciclo del agua.

La energía solar, captada a través de paneles fotovoltaicos, puede utilizarse para alimentar sistemas de bombeo y tratamiento de agua en áreas rurales y urbanas. En regiones con abundante luz solar, los sistemas de bombeo solar pueden proporcionar una solución eficiente y económica para el suministro de agua potable y riego agrícola. Además, la energía solar térmica puede utilizarse para desinfectar agua, eliminando patógenos a través de la pasteurización solar.

La energía eólica, generada por aerogeneradores, también puede integrarse en sistemas de gestión del agua. En zonas con vientos constantes, la energía eólica puede alimentar estaciones de bombeo y tratamiento de agua, reduciendo la dependencia de combustibles fósiles y disminuyendo las emisiones de carbono. **La combinación de energía solar y eólica puede proporcionar un suministro energético continuo y fiable, aprovechando la complementariedad de ambas fuentes: cuando una no está disponible, la otra puede compensar.**

RECICLADO DE AGUA CON ENERGÍA RENOVABLE

De la misma manera, el proceso de tratamiento y reutilización de aguas residuales puede ser intensivo en energía, pero la integración de fuentes renovables puede hacer que estos sistemas sean más económicos. En las plantas de tratamiento de aguas residuales, la energía solar y eólica puede utilizarse para alimentar los equipos de tratamiento, desde la aireación hasta la filtración y desinfección.

Proyectos en ciudades como Los Ángeles y San Diego están liderando el camino en la adopción de tecnologías de reciclaje de agua alimentadas por energías renovables.

DESALINIZACIÓN CON ENERGÍA RENOVABLE

La integración de energías renovables, como la solar y la eólica, en plantas de desalinización puede reducir significativamente los costes operativos y las emisiones de gases de efecto invernadero. Las plantas de desalinización alimentadas por energía solar utilizan paneles fotovoltaicos para generar la electricidad necesaria para la ósmosis inversa, un método común de desalinización. En algunos casos, la energía solar térmica puede utilizarse para destilar agua salina, evaporándola y condensándola en agua dulce. De manera similar, la energía eólica puede suministrar electricidad a las plantas de desalinización, aprovechando las corrientes de aire para mantener un suministro constante de energía.

Un ejemplo notable es una [nueva planta de desalinización en Arabia Saudí](#), que utiliza energía renovable para minimizar el impacto ambiental del proceso de desalinización.

Estos enfoques ayudan a satisfacer la demanda de agua y, a la vez, reducen la dependencia de combustibles fósiles y las emisiones de gases de efecto invernadero.



Desafíos, tendencias y soluciones

Yael Glazer identifica varias tendencias que impactan los sistemas de energía y agua, incluyendo el crecimiento de la población, el aumento de la riqueza económica y el cambio climático. Estas tendencias aumentan la

presión sobre los recursos hídricos y energéticos, subrayando la necesidad de enfoques integrados y sostenibles. Para abordar estos desafíos, es esencial poner en marcha soluciones tanto técnicas como no técnicas:



Soluciones técnicas:

- **Mejorar los métodos de tratamiento de agua:** utilizar métodos que requieran menos energía o emplear agua de menor calidad para tareas que no necesiten agua potable. Por ejemplo, el uso de membranas de nanofiltración en lugar de la ósmosis inversa puede reducir el consumo energético en el tratamiento del agua.
- **Generar biogás en plantas de tratamiento de aguas residuales:** aprovechar la materia orgánica para generar energía y reducir los costes eléctricos de estas instalaciones.
- **Adoptar tecnologías de enfriamiento más eficientes en plantas de energía:** considerar opciones como el enfriamiento en circuito cerrado o el uso de agua de mar.
- **Innovaciones que no requieran agua en los procesos industriales:** desarrollar y adoptar tecnologías que minimicen o eliminen el uso de agua en los procesos industriales. Un ejemplo destacado, que se analiza más adelante en este informe, es la tecnología desarrollada por [Jeanologia](#) para la industria textil.



Soluciones no técnicas:

- **Políticas y regulaciones:** crear políticas que aborden la conexión entre agua y energía, incluyendo el precio real del agua para incentivar el ahorro. Esto puede incluir tarifas escalonadas para el uso del agua, promoviendo el ahorro entre los usuarios industriales y domésticos.
- **Mercados de agua y electricidad:** establecer mercados basados en la oferta y la demanda para gestionar mejor estos recursos y fomentar el uso eficiente. La creación de mercados de agua puede ayudar a asignar el recurso de manera más equitativa y eficiente, mientras que los mercados de electricidad pueden fomentar la adopción de energías renovables.

En conclusión, el nexo agua-energía destaca la importancia de una gestión integrada y sostenible de estos recursos interdependientes. **Yael Glazer** subraya la necesidad de trabajar en soluciones integradas para asegurar el acceso continuo a formas limpias y asequibles de agua y energía para las generaciones futuras.



El agua y la energía están inextricablemente vinculados y debemos trabajar para garantizar que las generaciones futuras continúen teniendo acceso a formas limpias y asequibles de estos dos recursos críticos.

Yael Glazer

1.2. Uso del agua por sectores

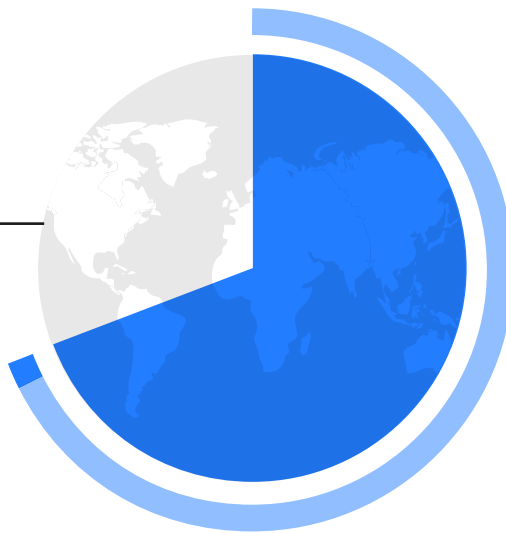
El uso del agua se distribuye principalmente en tres sectores: agricultura, industria y uso doméstico. Según la FAO, a nivel global, el 69% del agua dulce se destina a la agricultura, el 19% a la industria y el 12% al uso doméstico.

70%

de la Tierra está cubierta de agua

2,5%

es agua dulce



97,5%

es agua salada

Del total de **agua dulce** en el mundo



70%

son glaciares, nieve o hielo



casi el

30%

son aguas subterráneas de difícil acceso



menos del

1%

es agua disponible para consumo humano y los ecosistemas

Su extracción por sector de **uso** es



69%
agropecuario



19%
industrial



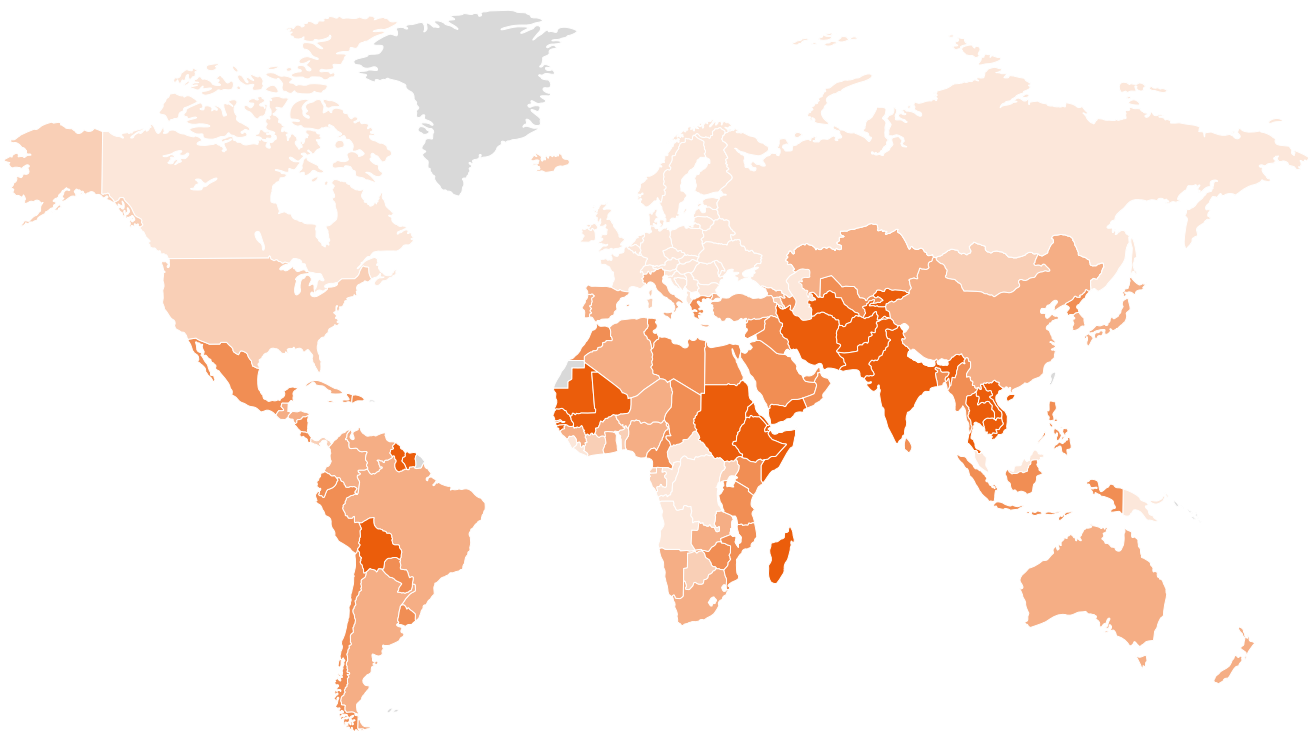
12%
municipal

Esta distribución varía significativamente entre regiones; en África y Asia, la agricultura puede representar más del 80% del uso del agua, mientras que en Europa (exceptuando España) y América del Norte,

este porcentaje es considerablemente menor. Esta variabilidad subraya la importancia de **adaptar las estrategias de gestión del agua a las necesidades y condiciones específicas de cada región.**

Proporción de la extracción total de agua destinada a la agricultura

■ SIN DATOS ■ <25 ■ 25-50 ■ 50-75 ■ 75-90 ■ >90%



Fuente: AQUASTAT, 2015



A continuación, se detallan las oportunidades y enfoques en tres sectores clave (agricultura, industria textil y centros de datos):

Agricultura

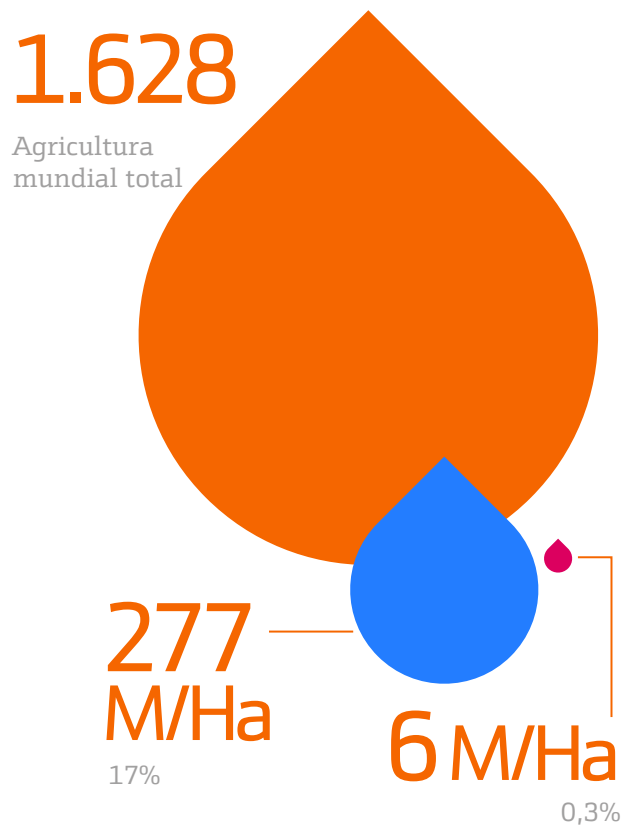
Como se apuntaba antes y recalca **Santiago Singla**, Director de Desarrollo de Negocio en **Regaber** e **Hidroglobal**, el 69% del agua dulce disponible a nivel mundial se dedica a la agricultura, por lo que **optimizar el riego es crucial para la sostenibilidad hídrica**.

Singla señala que a menudo el sector agrícola es visto como un "desperdiciador" del agua. Sin embargo, explica que **el uso intensivo del agua en la agricultura es necesario para alimentar a la población mundial**. En países con abundancia de lluvias, como el Reino Unido, la agricultura utiliza solo el 5% del agua disponible, en contraste con países más áridos donde este porcentaje es significativamente mayor. Esta disparidad subraya la necesidad de **adaptar las soluciones a las condiciones locales específicas**.

La superficie agrícola mundial total es de aproximadamente 1.600 millones de hectáreas (M/Ha), de las cuales alrededor de 280 millones de hectáreas están actualmente bajo sistemas de regadío. Dentro de esta área irrigada, solo 6 millones de hectáreas utilizan el riego por goteo, una tecnología conocida por su alta eficiencia en el uso del agua.

El hecho de que solo el **17% de la superficie agrícola total suministre cerca del 40% de los alimentos del mundo resalta la importancia crucial del regadío en la producción de alimentos**. Los cultivos irrigados tienden a ser significativamente más productivos que los de secano. Los valores de productividad de los cultivos en tierras de secano oscilan entre 1 y 2 toneladas por hectárea. En contraste, los cultivos en tierras de regadío tienen una productividad mucho mayor, variando entre 3 y 5 toneladas por hectárea.

Estos datos subrayan la necesidad de optimizar y expandir las técnicas de riego eficientes, como el riego por goteo, para aumentar la productividad agrícola y garantizar la seguridad alimentaria mundial.



Fuente: Ponencia de Santiago Singla en el FTF

Ineficiencias

Santiago Singla identifica varias áreas donde se pueden mejorar las eficiencias en la irrigación:

- **Transporte de agua:** las pérdidas de agua durante el transporte desde las presas o ríos hasta los campos pueden alcanzar el 50%.
- **Distribución:** las pérdidas en la distribución de agua a los campos pueden ser del 20% al 30%.
- **Campo:** la eficiencia en el campo varía según la tecnología de irrigación utilizada.

En promedio, solo un tercio del agua que sale de una presa o un río llega a las plantas. Mejorar estos sistemas puede tener un impacto significativo en la eficiencia del uso del agua.

Desafíos y tendencias

El crecimiento de la población mundial y la demanda de alimentos están aumentando, y **se prevé que se necesitará el doble de producción de alimentos en los próximos 25 años.** Sin embargo, la disponibilidad de tierras fértiles es limitada, lo que significa que **se debe aumentar la productividad de las tierras existentes a través de una irrigación más eficiente.** Las [previsiones de la FAO](#) indican que, a medida que la población mundial se expanda, la demanda de alimentos y agua aumentará significativamente.

El cambio climático también está afectando **la agricultura, haciendo que la agricultura de secano sea cada vez menos sostenible.** Las alteraciones en los patrones de precipitación, el aumento de la frecuencia de eventos climáticos extremos y la variabilidad climática están poniendo en riesgo la estabilidad de las cosechas. Esto obliga a los agricultores a recurrir cada vez más a sistemas de irrigación para asegurar la estabilidad de sus inversiones y garantizar la producción. "No podemos esperar una disminución en la demanda de agua para la agricultura porque necesitamos satisfacer la demanda de alimentos," afirma **Santiago Singla**, subrayando la necesidad de adaptarse a estas nuevas condiciones climáticas.

Para hacer frente a estos desafíos, se están desarrollando e implementando diversas tecnologías y prácticas innovadoras en el ámbito de la irrigación agrícola. Entre ellas se destacan:



Sensores de humedad del suelo y sistemas de riego automatizados: estos sistemas permiten monitorizar en tiempo real las condiciones del suelo y ajustar automáticamente el riego según las necesidades específicas de las plantas. De esta manera, se mejora la eficiencia en el uso del agua y se optimiza el crecimiento y la salud de los cultivos.



Uso de aguas residuales tratadas: la reutilización de aguas residuales tratadas para la irrigación agrícola es una estrategia efectiva para reducir la demanda de agua dulce. Este enfoque ayuda a conservar los recursos hídricos y contribuye a la gestión sostenible de las aguas residuales.



Irrigación por goteo: considerado uno de los métodos más eficientes, el riego por goteo suministra agua directamente a las raíces de las plantas, minimizando la evaporación y el escurrimiento. Este sistema puede reducir el consumo de agua en comparación con métodos tradicionales como el riego por inundación.



Desalinización de agua salobre: aunque la desalinización de agua de mar puede ser costosa para la agricultura a gran escala, la desalinización de aguas subterráneas salobres ofrece una alternativa viable. Esta técnica permite aprovechar recursos hídricos que de otro modo serían inutilizables para la irrigación agrícola.



Irrigación por aspersión: más eficiente que el riego por inundación, el riego por aspersión distribuye el agua de manera más uniforme y controlada. Aunque no es tan eficiente como el riego por goteo, sigue siendo una mejora significativa sobre los métodos tradicionales.



Gestión eficiente del transporte y distribución del agua: las pérdidas de agua durante el transporte desde las fuentes hasta los campos pueden ser significativas, como se ha mencionado. Mejorar la infraestructura de transporte y distribución puede reducir estas pérdidas, aumentando la disponibilidad de agua para la irrigación.

Incluso en países con tecnologías avanzadas de irrigación como Israel y España, se utiliza un alto porcentaje del agua para la agricultura (70% y 80% respectivamente) debido a la importancia económica de este sector. Por ejemplo, **España es el cuarto exportador mundial de vegetales, lo que implica una exportación indirecta de agua.** Por este motivo,

es fundamental poner en marcha tecnologías de **riego inteligente**, que utilizan **sensores y sistemas de control automatizados para ajustar el suministro de agua según las necesidades específicas de las plantas y las condiciones del suelo.** Estas tecnologías reducen el consumo de agua y mejoran los rendimientos agrícolas.

Ejemplos y casos de éxito

Un ejemplo notable de eficiencia en el uso del agua en la agricultura es España. En los últimos años, la adopción del riego por goteo en España ha aumentado del 20% al 50%. Este cambio ha permitido a España **producir un 30% más de alimentos con la misma cantidad de agua**, demostrando el impacto positivo de las tecnologías de irrigación eficiente.

En Israel, otro líder en tecnologías de irrigación, se han desarrollado sistemas avanzados de riego por goteo y sensores de humedad del suelo que han transformado la agricultura en entornos áridos. Estos sistemas han permitido a Israel aumentar su producción agrícola, y han servido como modelo para otros países que se enfrentan a desafíos similares en la gestión del agua.

Estos ejemplos y estrategias demuestran la viabilidad de mejorar la eficiencia del uso del agua en la agricultura, y subrayan la **necesidad urgente de llevar a la práctica estas soluciones a gran escala para superar los desafíos del cambio climático, el crecimiento de la población y la volatilidad de los precios de los alimentos**. La transformación hacia una irrigación más eficiente es esencial para asegurar la producción de alimentos y la sostenibilidad del agua en el futuro.

La transformación hacia una irrigación más eficiente no solo es posible, sino que es urgente para asegurar la producción de alimentos y la sostenibilidad del agua.

Santiago Singla

[▶ Ver vídeo](#)

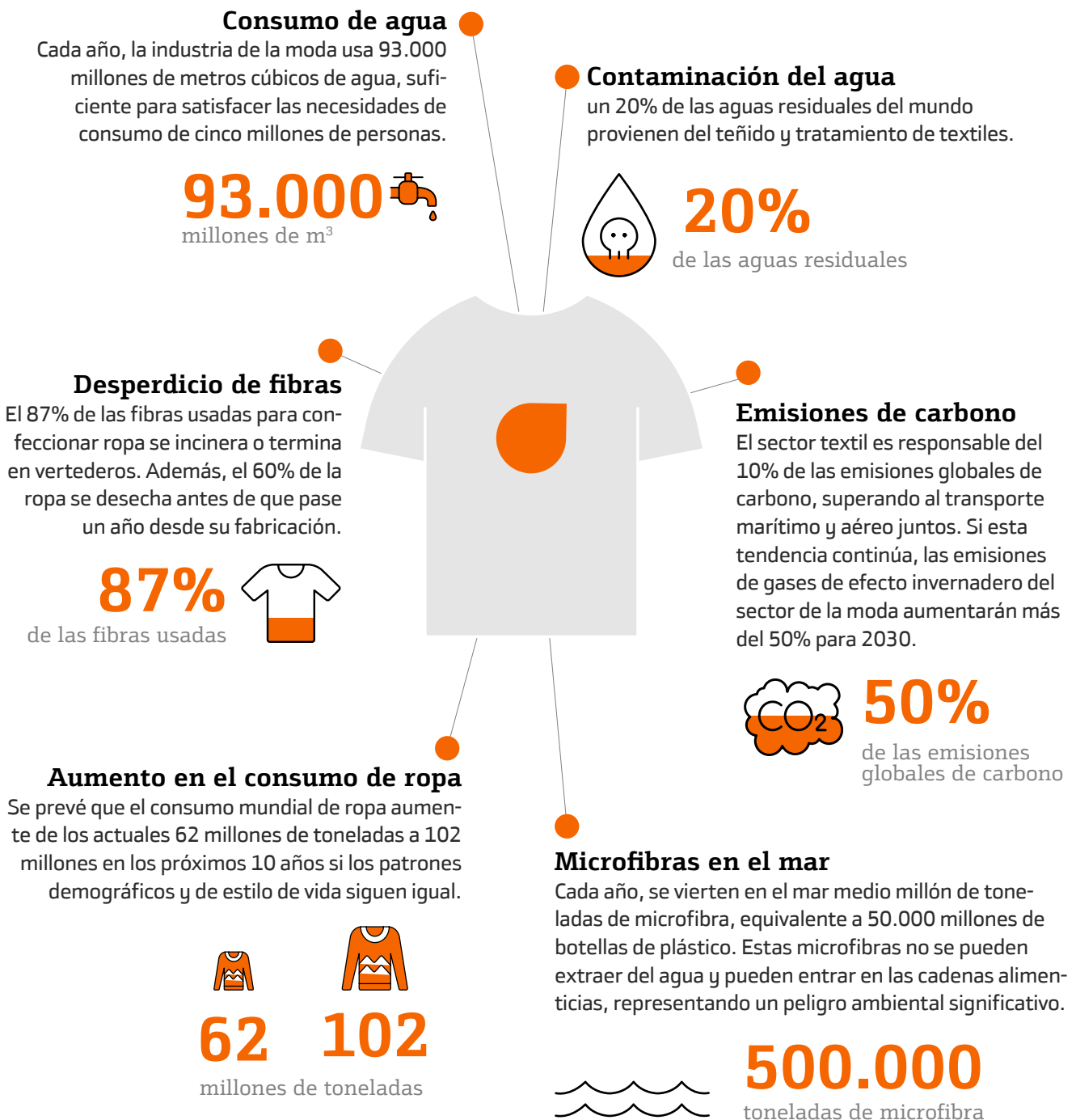
[▶ Ver perfil](#)



Industria textil

Enrique Silla, cofundador y CEO de [Jeanologia](#), aborda los desafíos y las oportunidades en la industria textil, un sector conocido por su alto consumo de agua y su impacto ambiental.

La industria de la moda tiene un impacto ambiental significativo, según cuenta Enrique Silla, citando [datos del Banco Mundial](#):



La industria textil es responsable del 20% de la contaminación del agua en el planeta, y un 15% de las prendas producidas nunca son usadas por los humanos.

Enrique Silla

[Ver vídeo](#)

[Ver perfil](#)



Dentro de la industria textil, la fabricación de prendas vaqueras (también denominadas denim o jeans), arroja datos impresionantes, tal y como apunta Silla: cada año se producen aproximadamente 5.000 millones de jeans en todo el mundo. Esta producción masiva requiere enormes cantidades de recursos y tiene un impacto considerable en el medio ambiente.

La industria del denim:

- Genera aproximadamente **150.000 millones de dólares al año**. Este valor económico resalta la importancia de la industria en la economía global, pero también subraya la necesidad de hacerlo de manera sostenible.
- Utiliza alrededor de **600 millones de metros cúbicos de agua al año**. Este consumo masivo de agua es un desafío significativo, especialmente en áreas con escasez de agua.
- Emplea a **más de 2 millones de trabajadores** en todo el mundo. Sin embargo, también plantea problemas relacionados con las condiciones laborales y el bienestar de los mismos.
- Anualmente, es responsable de la liberación de **un millón de toneladas de sustancias químicas tóxicas**. Estos productos químicos pueden contaminar el agua, el suelo y el aire, representando un grave peligro para el medio ambiente y la salud humana.

Silla presenta innovaciones en los procesos de fabricación que pueden reducir significativamente el uso de agua y minimizar la contaminación. Además, Silla señala

que la integración de sistemas de reciclaje y reutilización de agua en las fábricas puede contribuir a una gestión más eficiente de los recursos hídricos.

Las innovaciones tecnológicas creadas por Jeanología son:

- **Tecnología láser y fotónica óptica:** tecnología que utiliza la energía del láser para sublimar el tinte índigo de los jeans, transformando el tinte de sólido a gas sin necesidad de agua. Este método reemplaza el proceso tradicional de lavado con agua, **reduciendo el consumo hídrico de 150 litros por prenda a solo 30 litros.**
- **Tecnología de ozono:** en lugar de usar productos químicos pesados y piedras para lograr el efecto de desgaste en los jeans, se utiliza ozono generado a partir del aire. Este proceso oxida los materiales sin agua, **eliminando la necesidad de productos químicos agresivos y reduciendo la contaminación.**
- **Máquina de nano-burbujas:** las nano-burbujas son diminutas burbujas de agua y aire que transportan productos químicos de manera más eficiente que el agua sola. Este sistema permite **reducir drásticamente el uso de agua en el proceso de teñido y acabado de textiles.**
- **Plantas de tratamiento de agua personalizadas:** desarrollo de pequeñas plantas de tratamiento de agua que pueden integrarse directamente en las máquinas de producción, creando un **ciclo cerrado de agua.** Estas plantas permiten tratar y reutilizar el agua directamente en el proceso de producción, **reduciendo la necesidad de agua nueva y minimizando los efluentes.**

Centros de Datos

Los centros de datos son grandes consumidores de agua debido a sus necesidades de refrigeración. Este consumo está aumentando a medida que la demanda de servicios digitales crece y se intensifican las operaciones de [inteligencia artificial](#), destaca **Will Hewes**, Responsable mundial de sostenibilidad del agua en [Amazon Web Services \(AWS\)](#).

El principal desafío radica en la necesidad de enfriar los equipos informáticos que generan grandes cantidades de calor. Los métodos tradicionales, como las torres de enfriamiento, requieren una cantidad significativa de agua. Por ejemplo, **algunos centros de datos pueden usar más de un millón de litros al día, comparables al consumo de mil hogares en EE. UU.** Su consumo directo sitúa a [los centros de datos entre los 10 mayores consumidores de agua de los sectores industrial y comercial de Estados Unidos](#).

Además, la localización de estos centros en áreas con estrés hídrico agrava el problema. Aproximadamente el 20% de los centros de datos en EE. UU. están en cuencas hidrográficas que ya sufren estrés por sequía. El reparto del agua en estas regiones podría llevar a la escasez y conflictos con las comunidades locales

Las estrategias que AWS está poniendo en marcha para reducir el uso de agua y mejorar la sostenibilidad de sus operaciones son:



Estrategias de refrigeración y eficiencia hídrica

AWS utiliza principalmente sistemas de refrigeración por aire, que no requieren agua, pero **Will Hewes** reconoce que esta opción consume más energía. Para encontrar un equilibrio, AWS ha adoptado un **diseño de enfriamiento por evaporación directa**, que solo utiliza agua cuando es absolutamente necesario, minimizando así el consumo de agua y optimizando el uso de energía. Este sistema permite la entrada de aire exterior para enfriar los centros de datos y solo activa la refrigeración a base de agua cuando las condiciones lo requieren. En regiones como el norte de Europa, estos sistemas se activan aproximadamente solo el 5% del tiempo, lo que resulta en un **uso de agua equivalente al consumo anual de unas pocas docenas de hogares por centro de datos**.

AWS mide la **eficiencia hídrica** en litros de agua por kilovatio-hora de energía consumida en un centro de datos. La media de AWS a nivel global es de aproximadamente 0.19 litros por kilovatio-hora, comparado con el promedio de la industria de 1.8 litros por kilovatio-hora, destacando su eficiencia superior en el uso del agua.

Will Hewes

[▶ Ver vídeo](#)

[▶ Ver perfil](#)

Nuestro objetivo es tener un impacto neto positivo en los recursos hídricos dondequiera que operemos.

Uso de agua reciclada y recogida de agua de lluvia

Los centros de datos están cambiando a fuentes de agua más sostenibles, como el agua reciclada y la recogida de agua de lluvia, para minimizar el uso de agua potable y asegurar que esta esté disponible para las necesidades críticas de las comunidades. AWS utiliza servicios en la nube para monitorizar el uso del agua en sus centros de datos y detectar fugas, mejorando la eficiencia y reduciendo el desperdicio de agua.

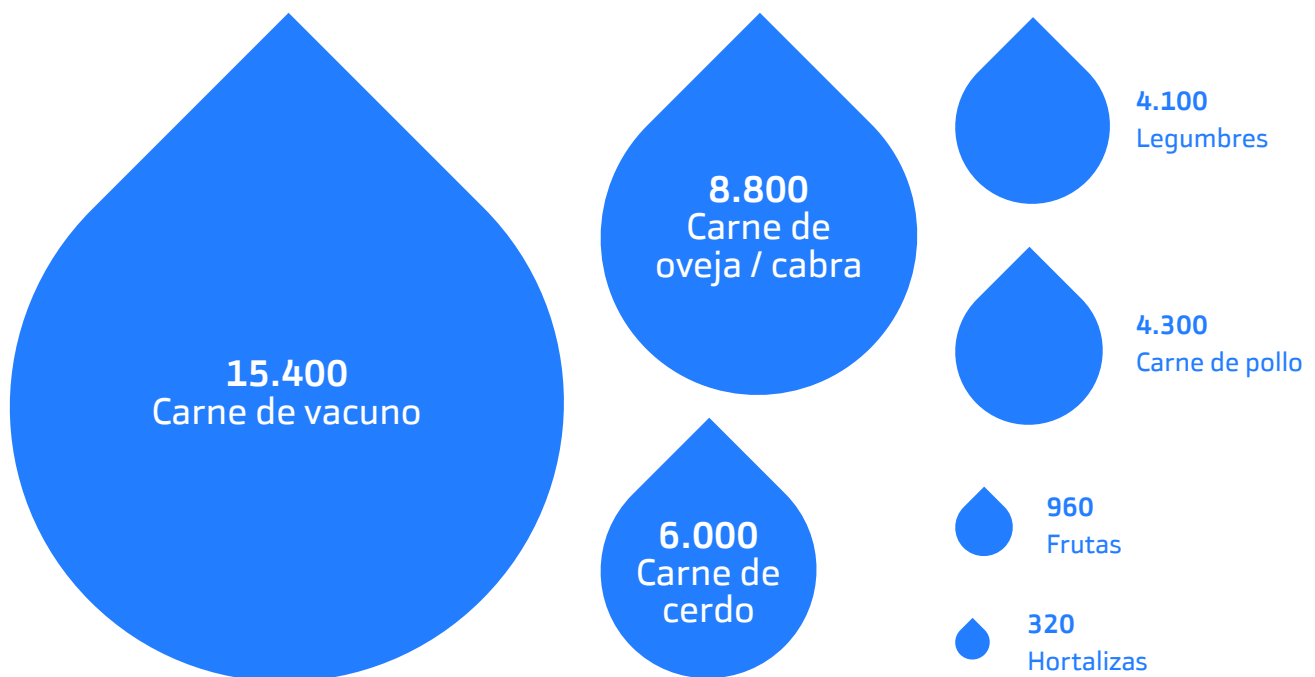
Otros sectores industriales críticos

Además de los tres sectores analizados, es importante considerar otros sectores industriales que también son grandes consumidores de agua y presentan grandes potenciales de mejora tanto en la reducción del consumo de agua como en la reducción de la contaminación de la misma. A continuación, se destacan algunos de estos sectores, los problemas a los que se enfrentan y las soluciones que se pueden utilizar para mitigar sus impactos.

Industria Alimentaria y de Bebidas

La producción de alimentos y bebidas requiere grandes cantidades de agua, especialmente en el procesamiento de productos como carne, productos lácteos y bebidas.

La huella hídrica de los alimentos. Cantidad de agua requerida para la producción de un kilogramo de alimentos seleccionados (en litros)



Fuente: [statista](#)

Santiago Singla subraya que, por ejemplo, **una barba-coa de carne para seis personas puede consumir el equivalente a una piscina de 4m x 10m de agua**. Esta relación directa entre los hábitos de consumo y el uso del agua destaca la importancia de mejorar la comunicación hacia los consumidores para promover hábitos alimenticios sostenibles. La carne tiene una huella hídrica mucho mayor que las verduras, los granos o las legumbres. Un solo kilo de carne de res requiere, en promedio, 15.000 litros de agua para producirse. El noventa y ocho por ciento de esta cantidad se destina al riego del pasto, forraje y alimento que el ganado consume a lo largo de su vida.

La industria alimentaria se enfrenta a un desafío significativo en términos de contaminación, ya que genera efluentes que contienen residuos orgánicos y químicos que pueden contaminar cuerpos de agua si no se gestionan adecuadamente. Para mitigar este impacto, se están implementando diversas soluciones que buscan reducir la huella hídrica del sector. Una de las estrategias más efectivas es la **integración de tecnologías de reutilización de agua** en el procesamiento de alimentos y bebidas, lo que permite disminuir significativamente el consumo total de agua. Además, se está promoviendo el uso de **tratamientos avanzados de efluentes**, tanto biológicos como químicos, que depuran los desechos líquidos, reduciendo su carga contaminante antes de ser vertidos o reutilizados.



Industria Química

La industria química es uno de los sectores que más agua consume, utilizando grandes volúmenes en procesos de enfriamiento, limpieza y como solvente en la producción de productos químicos. **En España**, se estima que esta industria representa el 25% del consumo total de agua. Este elevado consumo conlleva desafíos significativos, especialmente en términos de contaminación. Los desechos generados por esta industria pueden ser altamente tóxicos y difíciles de tratar, lo que contribuye a la contaminación del agua y plantea graves riesgos ambientales.

Para mitigar estos impactos, se proponen soluciones como la adopción de **sistemas de enfriamiento en circuito cerrado**, que permiten recircular el agua utilizada y así reducir el consumo total. Además, es crucial implementar sistemas avanzados de **tratamiento de aguas residuales**, empleando tecnologías como la oxidación avanzada y la biorremediación.



Industria Minera

La industria minera es un sector que demanda grandes cantidades de agua, esencial para la extracción y procesamiento de minerales. Por ejemplo, **para producir un solo kilogramo de litio se requieren aproximadamente 2.000 litros de agua**. Además del elevado consumo, la minería presenta un desafío significativo en términos de contaminación, ya que puede liberar metales pesados y otros contaminantes en las fuentes de agua, lo que tiene consecuencias negativas para los ecosistemas y las comunidades circundantes.

Ante estos desafíos, es crucial implementar soluciones que mitiguen tanto el consumo excesivo de agua como los riesgos de contaminación. Una de las estrategias más efectivas es la adopción de **tecnologías de recuperación de agua**, que permiten introducir sistemas dentro del proceso de minería para reducir el uso de agua y facilitar el reciclaje del agua utilizada. Además, es fundamental establecer **prácticas robustas de gestión y tratamiento de residuos mineros**. Estas prácticas deben centrarse en prevenir la liberación de metales pesados y otros contaminantes.



Industria del Papel y Celulosa

La industria del papel y celulosa es conocida por su elevado consumo de agua; en las fábricas más modernas, el consumo de agua puede variar entre 10 y 50 metros cúbicos por cada tonelada de papel producida. Este alto consumo es una preocupación en términos de sostenibilidad y plantea importantes desafíos ambientales debido a la contaminación que genera. Los procesos de blanqueo utilizados en la producción de papel son especialmente problemáticos, ya que generan efluentes contaminados con productos químicos tóxicos.

Para abordar estos desafíos, la industria ha comenzado a implementar soluciones innovadoras. Una de las más efectivas es la puesta en marcha de **ciclos cerrados de agua** dentro de los procesos de producción. Esta tecnología permite reducir significativamente tanto el consumo de agua como la generación de efluentes, reciclando el agua utilizada y minimizando la necesidad de nuevos recursos hídricos. Además, la adopción de **tecnologías de blanqueo sin cloro** está ganando terreno como una estrategia clave para disminuir la contaminación de los efluentes.



Industria Metalúrgica

La industria metalúrgica es un sector que requiere grandes cantidades de agua, principalmente para el enfriamiento y procesamiento de metales. Su actividad también genera desechos líquidos que pueden contener metales pesados y otros contaminantes, representando un desafío significativo para la sostenibilidad ambiental. Una de las soluciones más efectivas para mitigar el consumo excesivo de agua en esta industria es la adopción de **sistemas de enfriamiento en circuito cerrado**, los cuales permiten recircular el agua utilizada, reduciendo así tanto el consumo como el vertido de aguas residuales.


Además, es fundamental implementar tecnologías avanzadas para el **tratamiento de aguas residuales**, que incluyan procesos como la precipitación de metales pesados y la filtración avanzada para purificar los efluentes antes de su vertido o reutilización.



Industria Petroquímica y Refinerías de Petróleo

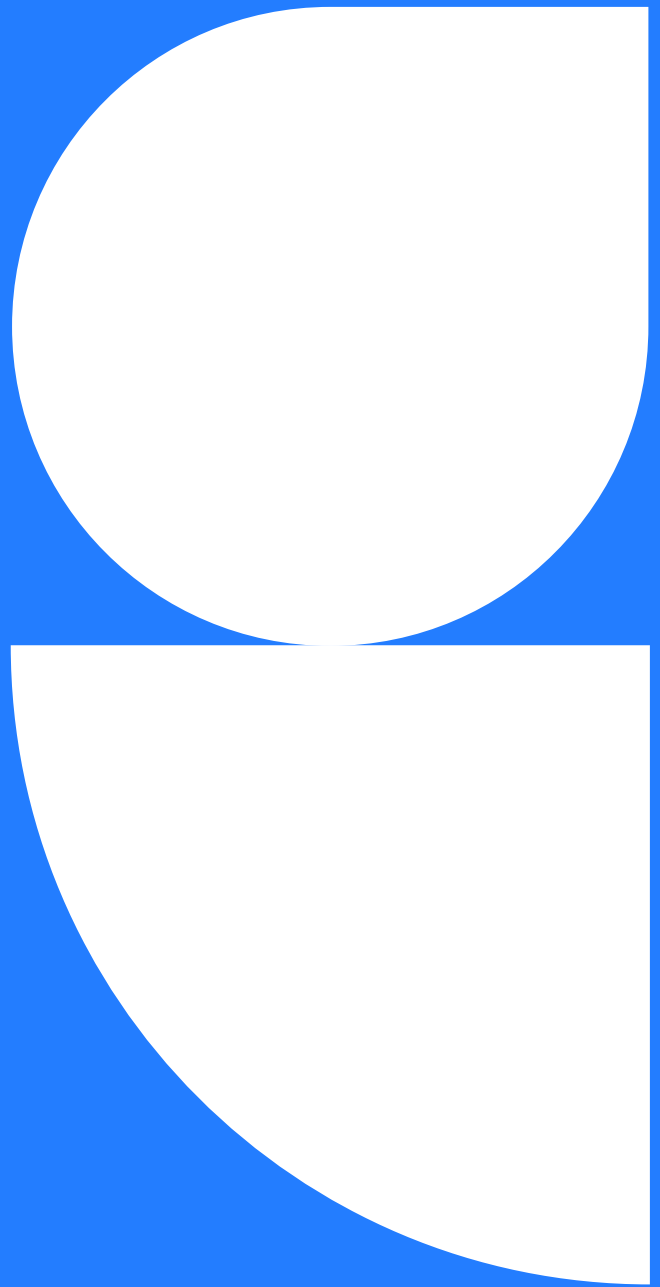
La industria petroquímica y las refinerías de petróleo son también grandes consumidoras de agua, ya que utilizan este recurso en grandes volúmenes durante el proceso de refinación y producción de productos petroquímicos. Para la producción de 100 litros de combustible, se requieren entre 34 y 47 litros de agua. Además del elevado consumo, estas industrias generan aguas residuales que contienen una mezcla de hidrocarburos, metales pesados y otras sustancias peligrosas, lo que plantea serios desafíos medioambientales debido a la contaminación que producen.

Para mitigar estos impactos, se están implementando **tecnologías avanzadas de tratamiento de efluentes** que combinan procesos físicos, químicos y biológicos para eliminar los contaminantes peligrosos presentes en las aguas residuales. Además, la integración de **sistemas de reutilización de agua** dentro de los procesos de producción es una estrategia clave para disminuir el consumo total de agua y minimizar la generación de efluentes.



La creación de soluciones innovadoras y sostenibles en estos sectores críticos es esencial para reducir el consumo de agua y la contaminación hídrica. Adoptar tecnologías avanzadas de tratamiento y reutilización de agua, junto con prácticas de gestión eficiente, contribuirá a la sostenibilidad ambiental y **mejorará la viabilidad económica de estas industrias**.

2



Tecnologías

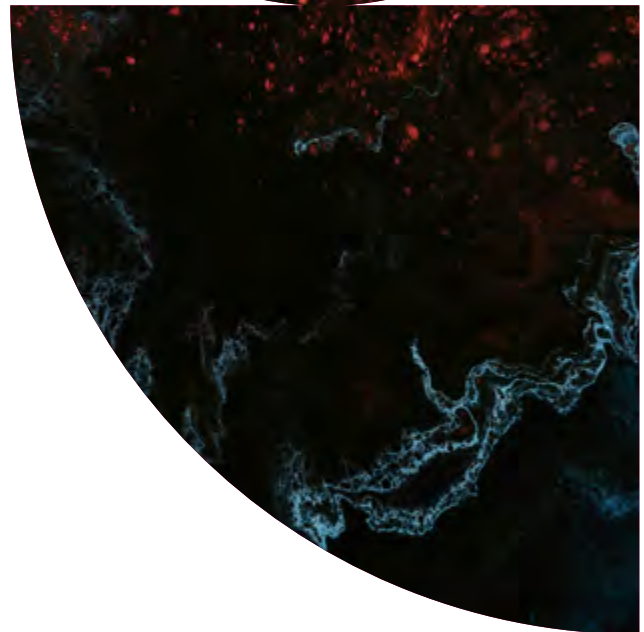
2

Tecnologías

Ante la creciente escasez y demanda de recursos hídricos, este capítulo se centra en soluciones tecnológicas innovadoras que permiten optimizar el uso del agua y asegurar su disponibilidad a largo plazo.

Se analizan tecnologías clave, destacando sus aplicaciones y desafíos en diferentes contextos. Asimismo, se presentan casos de éxito que ilustran cómo estas innovaciones están siendo implementadas en diversas regiones del mundo, contribuyendo a mejorar la gestión del agua en comunidades con recursos limitados.

El capítulo también examina la importancia de la digitalización y la eficiencia en la distribución del agua, aspectos esenciales para maximizar la sostenibilidad y la resiliencia de los sistemas hídricos.



2.1. Tecnologías avanzadas para la captura y reutilización del agua

Reutilización del agua

Dos mil millones de personas carecen de acceso a servicios básicos de saneamiento, y más del 80% de las aguas residuales generadas por la actividad humana se vierten en ríos y mares sin tratamiento previo. Esta práctica provoca una contaminación que pone en riesgo tanto la salud humana como la biodiversidad. Por lo tanto, **utilizar soluciones para depurar el agua antes de devolverla al entorno natural o reutilizarla con un impacto ambiental mínimo es esencial para fomentar un uso sostenible y eficiente de este recurso vital.** Este proceso implica someter el agua residual a tratamientos avanzados para hacerla adecuada para diversos usos, incluyendo el consumo humano. **David Sedlak recalca la importancia de la reutilización del agua, destacando que "la innovación no es una opción, sino una necesidad" para asegurar un futuro sostenible.** En el futuro, el reuso del agua será la mejor opción para asegurar el acceso al agua en poblaciones vulnerables, ya que puede ayudar a mitigar la escasez al convertir el agua usada en un recurso renovable. Además, al **reducir la demanda sobre las fuentes tradicionales de agua**, la reutilización también contribuye a la sostenibilidad ambiental, preservando los ecosistemas y garantizando que las futuras generaciones puedan acceder a este recurso vital.

Casos de éxito y tecnologías

En California, la reutilización del agua ha evolucionado significativamente, con un **fuerte enfoque en el reciclaje indirecto potable.** Esto implica tratar el agua residual a través de membranas de ósmosis inversa y otros procesos avanzados antes de reinyectarla en acuíferos para su posterior uso. Este enfoque ha demostrado ser seguro y económicamente viable, y se proyecta que para el año 2040, **cerca del 40% del suministro de agua en algunas regiones de California** provenirá de agua reciclada.

David Sedlak propone la reutilización del agua a nivel de edificios como una estrategia innovadora para enfrentar la escasez hídrica y mejorar la sostenibilidad urbana. Este enfoque implica reciclar el agua utilizada dentro de un edificio, incluyendo agua de lluvia, aguas grises (procedentes de duchas, lavabos y lavadoras) y aguas negras (del inodoro), a través de sistemas integrados de tratamiento y reciclaje.

Los beneficios de esta solución son claros. La **resiliencia y sostenibilidad** se ven fortalecidas al permitir el reciclaje de agua dentro del propio edificio, lo que proporciona una fuente confiable y reduce la dependencia de suministros externos. Esta ventaja es especialmente crucial en áreas afectadas por la escasez de agua o en situaciones de emergencia.

Otro aspecto positivo es la **reducción de la huella hídrica**. Al reutilizar el agua, disminuye la cantidad de agua potable necesaria, lo que alivia la presión sobre los recursos hídricos locales y contribuye a la conservación del agua. Asimismo, el **aprovechamiento de recursos locales** se optimiza, permitiendo maximizar el uso de los recursos disponibles en la zona y reducir la necesidad de transportar agua desde grandes distancias.

Por último, la reutilización del agua tiene un **impacto ambiental positivo** al ayudar a disminuir la descarga de aguas residuales al medio ambiente, lo que puede disminuir la contaminación y mejorar la calidad de los cuerpos de agua locales.

Las tecnologías utilizadas para el reciclado de aguas a nivel de edificios incluyen **sistemas que permiten capturar, tratar y reutilizar el agua de manera eficiente**. Uno de los métodos más comunes es la instalación de sistemas de captura de agua de lluvia, donde se emplean tanques para recogerla y almacenarla. Esta agua puede ser utilizada para diversas aplicaciones no potables, como el riego de jardines o el lavado de coches, contribuyendo así a la conservación del agua potable.

Otra tecnología relevante es el **tratamiento de aguas grises**, que se basa en sistemas de filtración y desinfección para purificar el agua que proviene de duchas, lavabos y lavadoras. Una vez tratada, esta agua puede ser reutilizada en descargas de inodoros y para el riego. Además, las **aguas negras**, que contienen materia

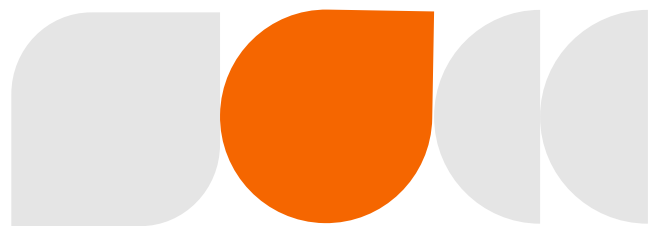
orgánica, pueden ser tratadas para producir **biogás**, una fuente de energía renovable, y **compost**, que puede ser utilizado como fertilizante, cerrando así un ciclo sostenible de gestión de recursos.

Sedlak menciona que **los edificios con sistemas de reutilización de agua pueden operar de manera casi autónoma, reduciendo significativamente su conexión a fuentes de agua centralizadas**. Esta tecnología tiene un retorno de la inversión en menos de 10 años. Este tipo de edificios puede convertirse en la solución de infraestructuras en ciudades de rápido crecimiento como Bangalore, donde ya es obligatorio que los edificios traten y reutilicen el agua, y en el África subsahariana, donde se encuentran las 15 ciudades de más rápido crecimiento del mundo y donde las infraestructuras centralizadas de agua están infradesarrolladas y carecen de financiación suficiente.

Desafíos y futuro

Uno de los principales desafíos de la reutilización de agua a nivel de edificios es la **aceptación pública y la percepción de seguridad**. Sin embargo, con avances en tecnología y la creación de normas más estrictas de seguridad y calidad, estos obstáculos pueden superarse. **Sedlak** también destaca el potencial de estas tecnologías para transformar comunidades rurales y áreas urbanas en países en desarrollo, proporcionando una solución viable para el suministro de agua en contextos donde las infraestructuras tradicionales son insuficientes o inexistentes.

Además de California, ciudades como Singapur y Windhoek, capital de Namibia, están liderando el camino en la reutilización del agua, aplicando tecnologías similares para maximizar el uso de recursos hídricos limitados.



Innovación en la reutilización del agua

Alejandro Jiménez, Director de Desarrollo de Negocios y Estrategia en Acciona, destaca que la integración de fuentes de energía renovable en plantas de reciclaje de agua ha hecho estos procesos más sostenibles. Las tecnologías avanzadas de control y monitorización también juegan un papel crucial en la reutilización del agua, señala este experto.

Otro desafío es el coste de la infraestructura necesaria para el reciclaje del agua. **Jiménez señala que el precio del agua debe reflejar los costes de tratamiento y distribución para hacer viables económicamente estos proyectos.** Sin una política tarifaria adecuada, las inversiones en infraestructuras de agua pueden resultar insostenibles sin subsidios públicos.

Alejandro Jiménez destaca que "las plantas de reciclaje de agua modernas pueden operar con fuentes de energía 100% renovables, como la energía eólica y solar", lo que marca una diferencia crucial en la reducción del impacto ambiental de estas instalaciones.

El 90% de nuestras aguas residuales tratadas se reutilizan en la agricultura, convirtiendo regiones áridas en tierras fértiles y productivas.



Alejandro Jiménez

[▶ Ver vídeo](#)

[▶ Ver perfil](#)



David Balsar

[▶ Ver vídeo](#)

[▶ Ver perfil](#)

Jiménez subraya la importancia de una coordinación eficiente entre múltiples entidades gubernamentales y privadas para llevar a cabo proyectos de infraestructura hídrica a gran escala. A diferencia de sectores como el transporte y la energía, donde existen agencias centralizadas con un control claro y financiación adecuada, **el sector del agua suele estar fragmentado, con múltiples actores involucrados en diferentes niveles de gobierno.** Esta fragmentación puede complicar la puesta en marcha exitosa de grandes proyectos como las plantas de reciclaje, que requieren una escala significativa para ser viables.

Jiménez destaca la **necesidad de adoptar el principio de recuperación de costes en la fijación de tarifas para garantizar la viabilidad económica de los proyectos de reutilización del agua.**

En conclusión, la reutilización del agua es una estrategia clave para asegurar un suministro hídrico sostenible en el futuro. La integración de tecnologías avanzadas y energías renovables, junto con la aceptación pública y políticas tarifarias adecuadas, puede transformar la manera en que gestionamos nuestros recursos hídricos. Como destaca **Sedlak**, "las acciones que tomemos hoy crearán un camino para que las futuras generaciones tengan un suministro de agua seguro y protegido".

Desalinización

La desalinización se presenta como una tecnología crucial en la gestión del agua, especialmente en regiones áridas. En Israel, esta técnica ha sido fundamental para lograr un balance hídrico positivo, a pesar de su clima seco y limitadas fuentes naturales de agua. **David Balsar**, Director de Innovación y Alianzas en **Mekorot**, la compañía nacional de agua de Israel, destaca que "la desalinización ha sido un cambio de juego", subrayando su impacto en la seguridad hídrica del país.

Israel cuenta actualmente con cinco plantas de desalinización en la costa del Mediterráneo y una adicional en el Mar Rojo, en Eilat. Estas plantas utilizan la tecnología de **ósmosis inversa**, y aunque la inversión inicial fue considerable, los costes han disminuido significativamente a lo largo del tiempo. "En 20 años, el precio ha bajado dramáticamente", señala Balsar, refiriéndose a cómo los avances tecnológicos y la eficiencia operativa han reducido los costes del agua desalada. Entre los **métodos**

utilizados en plantas desalinizadoras de todo el mundo se encuentran la electrodiálisis, la electrodiálisis inversa, la destilación instantánea en múltiples etapas, la destilación multiefecto y la ósmosis inversa. De estos, el sistema más extendido y avanzado es la desalación del agua por ósmosis inversa, que representa el **61% de la implantación respecto a los demás sistemas.** La ósmosis inversa implica el uso de membranas semipermeables que permiten el paso del agua, pero retienen las sales y otras impurezas.

El proceso de desalinización también presenta desafíos: por un lado, es altamente intensivo en energía, lo que incrementa los costes operativos. Por otro lado, la gestión de la salmuera, el subproducto del proceso, plantea problemas ambientales. En Israel, se ha creado una solución de transporte y descarga de salmuera al mar a través de tuberías dedicadas, pero esta no es una solución universalmente aplicable. "El coste de la energía es alto, muy intensivo", recalca **Balsar**, reflejando una de las principales barreras de la tecnología.

Para abordar el desafío del consumo energético, las plantas modernas de desalinización en Israel están **adoptando fuentes de energía renovable, como la solar y eólica**, para alimentar sus procesos. Esta transición hacia energías más sostenibles reduce la dependencia de los combustibles fósiles y disminuye significativamente la huella de carbono de estas instalaciones.

Un ejemplo notable, que presenta **Alejandro Jiménez** es la **planta desalinizadora de Casablanca en Marruecos**, una de las más grandes del mundo, que tendrá una capacidad de 838.000 metros cúbicos por día y **será alimentada completamente por un parque eólico.** Este proyecto demuestra que es posible combinar grandes capacidades de desalación con sostenibilidad económica y ambiental, manteniendo costes bajos y eficiencia alta.

"Nuestro proyecto en Casablanca es un ejemplo claro de cómo la desalinización puede ser sostenible y eficiente a gran escala." - Alejandro Jiménez

La desalinización representa aproximadamente el 50% del agua potable en Israel, alcanzando hasta el 100% en áreas metropolitanas como Tel Aviv. Esta capacidad ha permitido, además de satisfacer la demanda interna, exportar agua a países vecinos, consolidando a Israel como un referente en la gestión eficiente del recurso hídrico.

Captura del agua atmosférica

La captura del agua atmosférica es una tecnología innovadora que permite extraer agua potable directamente del aire. Esta tecnología es **especialmente útil en áreas con acceso limitado a fuentes de agua tradicionales y puede proporcionar una solución viable para comunidades en regiones áridas y semiáridas.**

Carlos García, Director General de [GENAQ](#), destaca que la tecnología de captura de agua atmosférica no es nueva; es una **combinación optimizada de tecnologías existentes**. Este sistema funciona tomando aire del ambiente a través de ventilación y filtración para asegurar que el aire no esté contaminado. Posteriormente, el aire se enfría utilizando intercambiadores de calor y refrigerantes naturales como amoníaco, propano o CO₂, hasta que alcanza su punto de rocío, lo que provoca la condensación del agua. El agua condensada es similar a la destilada y debe ser tratada cuidadosamente para evitar la absorción de materiales no deseados.

Una característica de estos sistemas es su capacidad para adaptarse a diferentes condiciones climáticas ya que el flujo de aire y la potencia de refrigeración pueden ajustarse según la temperatura y la humedad del aire .

Las aplicaciones de la captura de agua atmosférica son variadas y ofrecen beneficios significativos en contextos donde el acceso al agua es limitado o complicado. En el ámbito militar y en áreas remotas, ejércitos como el de EE. UU. utilizan estas tecnologías para asegurar un suministro seguro de agua, eliminando la necesidad de convoyes de reabastecimiento, que suelen ser peligrosos y costosos. Como ejemplo, el ejército de EE. UU. utiliza máquinas de 500 litros por día en zonas de conflicto.

En situaciones de **desastres naturales**, estas máquinas pueden desplegarse rápidamente para proporcionar agua potable a las comunidades afectadas, ofreciendo una solución inmediata y vital en momentos de crisis. El gobierno de Qatar, por ejemplo, ha utilizado máquinas de 5.000 litros por día en situaciones de desastre. Además, **industrias que operan en zonas alejadas**, como plataformas petroleras, pueden aprovechar estas tecnologías para reducir la dependencia del transporte de agua embotellada, lo que resulta en un ahorro logístico y económico considerable.



Desafíos y costes energéticos

A pesar de sus ventajas, la captura de agua atmosférica tiene algunos desafíos que resolver:

- **Consumo energético:** la producción de agua mediante esta tecnología requiere una cantidad significativa de energía. El consumo energético varía entre 2 y 8 kWh por metro cúbico de agua producida. Esto es considerablemente más alto que otros métodos de obtención de agua, como la desalinización, que requiere aproximadamente 0.5 a 2 kWh por metro cúbico.
- **Costes operativos:** los costes asociados a la producción de agua mediante esta tecnología oscilan entre 1 y 5 euros por metro cúbico. Estos costes incluyen tanto la energía utilizada como el mantenimiento y la operación de los sistemas.
- **Condiciones climáticas:** la eficiencia de los sistemas de captura de agua atmosférica depende en gran medida de las condiciones climáticas locales, especialmente la humedad y la temperatura. En climas muy secos, la cantidad de agua que puede extraerse del aire es limitada, lo que puede reducir la eficacia y aumentar los costes.
- **Infraestructura inicial:** la instalación de estos sistemas requiere una inversión inicial significativa, lo que puede ser un obstáculo para su adopción en comunidades con recursos limitados.

Una de las soluciones que está implantando GENAQ es la utilización de placas solares para generar la energía necesaria para la condensación y tratamiento del agua.



**Carlos
García**

[▶ Ver vídeo](#)

[▶ Ver perfil](#)

La captura de agua atmosférica no es realmente una nueva tecnología; es una combinación de tecnologías existentes optimizadas para extraer agua potable del aire, lo que puede marcar una gran diferencia en áreas remotas y en situaciones de emergencia.



Tras revisar la reutilización de aguas residuales, la desalinización, y la captura de agua atmosférica, se constata que cada uno de estos métodos presenta sus propios costes asociados,

tanto económicos como energéticos. Analizar los costes de estos métodos es esencial para determinar su viabilidad y sostenibilidad en diferentes contextos:

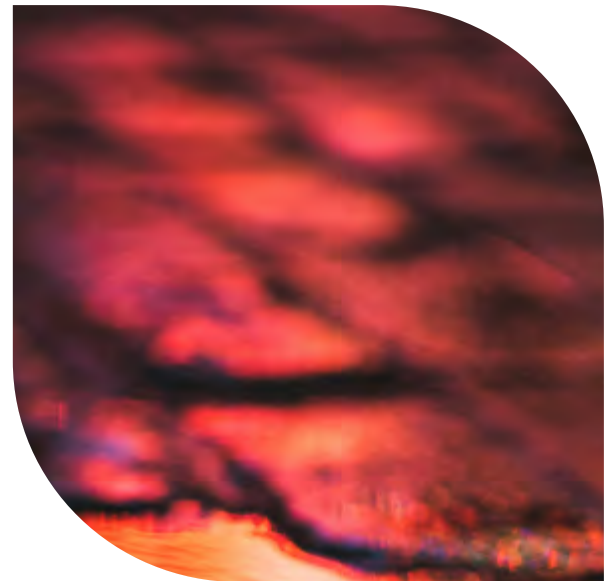
Método	Coste Monetario (€/m³)	Coste Energético (kWh/m³)
Desalinización	0.50 - 3	3 - 4
Reciclaje de agua	0.30 - 1	0,5 - 1
Obtención de agua de la atmósfera	1 - 5	2 - 8

Integración de tecnologías

Una de las discusiones más importantes ha sido **cómo combinar métodos tradicionales y modernos para aprovechar al máximo las innovaciones en la gestión del agua**. La integración de tecnologías de reutilización, desalinización y captura de agua puede crear sistemas más resilientes y eficientes, capaces de satisfacer la demanda creciente sin comprometer al medioambiente. **Glen Daigger**, Profesor de Práctica de Ingeniería en la Universidad de Michigan, y **Jurg Keller**, Profesor Emérito en el [Centro Australiano de Biotecnología del Agua y el Medio Ambiente](#), proponen **modelos integrados de gestión del agua que combinan diversas tecnologías para optimizar el uso de los recursos hídricos disponibles**.

Los expertos del Future Trends Forum subrayan la importancia de la innovación tecnológica en la gestión del agua. **Glen Daigger** destaca que la reutilización del agua es una práctica histórica que ha evolucionado significativamente con el tiempo. Los métodos de reutilización no potable, como el uso de aguas residuales tratadas para la agricultura, han sido comunes durante décadas. La reutilización potable ha avanzado considerablemente en los últimos años, con tecnologías modernas como la ósmosis inversa y sistemas basados en carbono, incluyendo el uso de ozono y carbón activado biológico. **Daigger enfatiza que un sistema de reutilización de agua bien gestionado puede producir agua de mejor calidad que muchas fuentes de agua potable tradicionales**.

Jurg Keller añade que, en entornos urbanos, es esencial integrar la recuperación de recursos y el agua. Propone la **separación y tratamiento de flujos de residuos como la orina, rica en nitrógeno y fósforo, para su uso como fertilizantes y en sistemas de hidroponía**. Keller también destaca proyectos innovadores como [Aquarevo](#) en Australia, donde se combinan soluciones de captación de agua de lluvia, tratamiento de aguas grises y sistemas de calefacción eficientes en una comunidad residencial. Este proyecto demuestra cómo una integración inteligente de tecnologías puede reducir significativamente el uso de agua potable y mejorar la gestión del agua de lluvia y aguas residuales.



2.2. Optimización de la calidad del agua

Garantizar la calidad del agua es una necesidad urgente en el mundo actual. En 2022, aún había 2.200 millones de personas sin acceso a agua potable gestionada de manera segura, lo que resalta la magnitud del desafío global al que nos enfrentamos. Este problema afecta la salud y el bienestar de las personas, impidiendo además el desarrollo económico y social de las comunidades afectadas.

El [Objetivo de Desarrollo Sostenible número 6 \(ODS6\)](#) de las Naciones Unidas pone énfasis en asegurar el acceso equitativo a agua potable y servicios adecuados de saneamiento e higiene para todos. Este objetivo es vital para erradicar una crisis que provoca la muerte de aproximadamente 1.000 niños al día debido a enfermedades como la diarrea, directamente relacionadas con el consumo de agua no potable. A través del uso de tecnologías avanzadas y la digitalización de los sistemas de distribución, podemos mejorar la eficiencia y la sostenibilidad de la gestión del agua, y **asegurar que este recurso vital esté disponible en condiciones seguras y saludables para todas las personas.**

Este capítulo explora tres enfoques para mejorar la calidad del agua: (i) las tecnologías emergentes para purificar el agua, (ii) la digitalización y eficiencia en su distribución, y (iii) la optimización de la gestión hídrica, particularizando para España. Por último, ilustra tres casos de estudio: Singapur, Barcelona y Murcia.

Tecnologías emergentes para la reutilización del agua

La purificación del agua para poder reutilizarla es un componente esencial para garantizar un suministro seguro y de alta calidad, especialmente en un contexto de creciente escasez y contaminación de los recursos hídricos. Las tecnologías emergentes en este campo están revolucionando la forma en que tratamos y reutilizamos el agua, ofreciendo soluciones más eficaces y sostenibles.

Entre las más destacadas se encuentran los reactores biológicos de membrana (MBR), que combinan procesos biológicos y filtración para eliminar contaminantes de manera eficiente, facilitando la reutilización del agua tratada, como señala **Juan Lema**, profesor de Ingeniería Química en la Universidad de Santiago de Compostela. Además, los procesos de oxidación avanzada (AOP) y la filtración por carbón activo son cruciales para descomponer contaminantes difíciles y asegurar que el agua cumpla con los estándares de calidad necesarios. Otras tecnologías emergentes incluyen reactores Anammox, que eliminan nitrógeno de manera más eficiente, y sistemas de desinfección UV y ozonización, que mejoran la potabilidad del agua. Estas innovaciones están mejorando la sostenibilidad y eficiencia en la gestión del agua a nivel global.



Casos de éxito

El profesor Lema presenta varios ejemplos de proyectos exitosos de reutilización del agua que demuestran la viabilidad y efectividad de estas tecnologías. Por ejemplo, en Santiago de Compostela, se han puesto en marcha sistemas avanzados de tratamiento de aguas residuales que permiten la reutilización del agua para riego agrícola, reduciendo significativamente la demanda de agua potable en la región. Asimismo, la planta de tratamiento de agua en Tarragona, en colaboración con el sector químico y petroquímico, utiliza MBR y ultrafiltración para tratar y reutilizar aguas residuales industriales, disminuyendo la necesidad de agua fresca y reduciendo la descarga de efluentes al medio ambiente.

La reutilización del agua es esencial para un futuro sostenible, y la tecnología y la colaboración son nuestras mejores herramientas para lograrlo.

Juan Lema

Digitalización y eficiencia en la distribución del agua

La digitalización y mejora de la eficiencia en la distribución del agua son esenciales para optimizar la gestión de recursos hídricos. Estas innovaciones mejoran la calidad del servicio, reducen pérdidas de agua y promueven la sostenibilidad. **Jurg Keller** subraya que la rápida urbanización y el crecimiento poblacional requieren soluciones innovadoras para gestionar el agua eficientemente en las ciudades. La digitalización permite una mejor comprensión y gestión de los recursos, facilitando la **detección temprana de problemas y la implementación de medidas correctivas**.

Las **tecnologías de monitorización y control** son cruciales en este proceso. Utilizan **sensores inteligentes, sistemas de gestión de datos y plataformas de análisis en tiempo real**. Por ejemplo, en el proyecto Aquarevo en Melbourne, los tanques de agua de lluvia están conectados a sistemas centralizados que optimizan el almacenamiento y distribución del agua, evitando inundaciones y aprovechando al máximo los recursos disponibles.

Glen Daigger enfatiza la importancia del control y monitorización continua para asegurar la eficacia de la digitalización. Esto incluye la creación de procedimientos operativos y el uso de plataformas de análisis de datos para detectar anomalías y optimizar las operaciones. Los **sistemas inteligentes de detección de fugas** utilizan sensores para identificar y localizar fugas en tiempo real, permitiendo una respuesta rápida y minimizando pérdidas.

La **gestión de la demanda en tiempo real** es otra ventaja clave de la digitalización. Los sistemas avanzados de gestión de datos pueden prever patrones de consumo y ajustar el suministro de agua, evitando el desperdicio y asegurando que se satisfaga la demanda de manera eficiente. Las plataformas de análisis de datos recopilan y analizan información sobre el rendimiento del sistema, la calidad del agua y los patrones de consumo, permitiendo decisiones informadas y optimización del suministro. El **análisis predictivo** también ayuda a prever problemas futuros y planificar mejoras en la infraestructura.

El agua producida en una planta de reutilización con las últimas tecnologías y bien gestionada es de mejor calidad que el agua potable de fuentes naturales.

Glen Daigger

[▶ Ver vídeo](#)

[▶ Ver perfil](#)



Niveles de preparación para la recuperación de agua y nutrientes

Juan Lema expone los niveles de preparación tecnológica (TRL), social (SRL) y legal (LRL) necesarios para la recuperación de agua y nutrientes, cruciales para evaluar la viabilidad de implementar nuevas tecnologías en la gestión de estos recursos. En la **recuperación de agua para consumo humano**, el uso indirecto presenta un TRL alto (nivel 9), lo que indica que la tecnología está lista, pero enfrenta barreras sociales y legales (SRL 5, LRL 4). En el **uso directo**, aunque el TRL sigue siendo alto, los niveles SRL y LRL son más bajos (3 y 1 respectivamente), reflejando mayor resistencia y desafíos regulatorios.

En cuanto a la **recuperación de nutrientes y energía**, la tecnología para recuperar fósforo está bien desarrollada (TRL 9), pero enfrenta significativas barreras sociales y legales (SRL 5, LRL 2). La recuperación de nitrógeno muestra un TRL moderadamente alto (nivel 7) con SRL y LRL en niveles moderados (7 y 5), indicando desafíos pendientes. La recuperación de energía, por otro lado, tiene altos niveles de preparación en todos los aspectos (TRL 9, SRL y LRL 8), reflejando una mayor aceptación social y menor resistencia regulatoria. Estas evaluaciones destacan la **necesidad de abordar simultáneamente los desafíos tecnológicos, sociales y legales para implementar con éxito nuevas tecnologías en la gestión del agua y la recuperación de recursos.**

El obstáculo no está en el punto técnico o tecnológico. Quizás sea el punto legal, que hoy en día es nuestra principal barrera.

Juan Lema

[Ver vídeo](#)

[Ver perfil](#)



Ventajas de los sistemas descentralizados de tratamiento de aguas

Los sistemas descentralizados de tratamiento de aguas están ganando popularidad como una alternativa más eficiente y sostenible frente a los sistemas centralizados tradicionales, especialmente en contextos urbanos y áreas en desarrollo. A diferencia de los sistemas centralizados, que pueden ser pesados y lentos de implementar, los descentralizados son **más ágiles y rápidos de desplegar**, lo que permite una mejor adaptación a cambios rápidos en el entorno urbano. Una de sus principales ventajas es la capacidad de crecer por etapas, permitiendo un **desarrollo flexible y escalonado** según las necesidades y recursos disponibles, lo que facilita su adaptación a cambios demográficos y económicos.

Otra ventaja es la **minimización de flujos**, ya que, al tratar las aguas residuales localmente, se reducen los costes y la energía asociada con el transporte de grandes volúmenes de agua, disminuyendo así el impacto ambiental y mejorando la eficiencia operativa. Además, estos sistemas son **tecnológicamente agnósticos**, lo que les permite integrar diversas tecnologías de tratamiento según las necesidades específicas de cada ubicación, facilitando la actualización y mejora continua del sistema. Finalmente, los sistemas descentralizados son **más resilientes**, ya que la falla de una unidad de tratamiento no afecta significativamente al resto del sistema, lo que asegura una mayor continuidad del servicio y una respuesta más rápida ante emergencias o fallos técnicos.



Casos de éxito

Destacan tres ejemplos de la aplicación de nuevas tecnologías en la gestión del agua: Singapur, Barcelona y Murcia. Estas áreas han desarrollado soluciones avanzadas para enfrentar la escasez de agua, ejecutando estrategias únicas que incluyen la reutilización del agua, la desalinización y la gobernanza efectiva.

SINGAPUR

Modelo de sostenibilidad hídrica, por Adil Dhalla, Director General del [centro START](#) y del Instituto de Investigación del Medio Ambiente y el Agua de Nanyang ([NEWRI](#)) de la Universidad Tecnológica de Nanyang.

Singapur ha adoptado un enfoque innovador para asegurar su independencia hídrica a través de los "cuatro grifos nacionales":

1

Agua de captación local: transformación de agua salobre en agua dulce mediante diques.

2

Agua importada: reducción significativa de la dependencia del agua importada de Malasia.

3

NEWater: agua reciclada tratada a nivel superior al estándar de potabilidad, utilizada principalmente en la industria.

4

Desalinización: inversión en tecnología de desalinización para asegurar el suministro futuro. Además, Singapur ha integrado la investigación universitaria con la aplicación industrial, escalando tecnologías desde el laboratorio hasta su ejecución a gran escala.

La colaboración y la innovación tecnológica son claves en el modelo de Singapur para enfrentar la escasez de agua.

Adil Dhalla

[▶ Ver vídeo](#)

[▶ Ver perfil](#)



BARCELONA

Estrategias para la resiliencia hídrica, por Rubén Ruíz, Director de Continuidad de Negocio de [Agbar](#).

Barcelona se ha enfrentado a la escasez de agua mediante dos estrategias clave:

1

Desalinización: la construcción de una planta desalinizadora ha permitido cubrir la demanda de agua, operando al 100% de su capacidad.

2

Reutilización del agua: el agua reciclada se inyecta en el río y se trata nuevamente para consumo, mejorando la calidad del agua y asegurando una fuente confiable. Estas medidas han aumentado el uso de recursos no convencionales del 3% en 2021 al 60% en 2023, gracias a la inversión en infraestructura y la colaboración entre el gobierno regional y entidades como Agbar.

La inversión estratégica y la colaboración son esenciales para garantizar el suministro de agua a largo plazo en Barcelona. En 2021, solo el 3% del agua del sistema provenía de recursos no convencionales, cifra que aumentó al 60% en 2023.

Rubén Ruíz

[▶ Ver vídeo](#)

[▶ Ver perfil](#)





MURCIA

Liderazgo en reutilización y gestión hídrica.

Murcia, una de las regiones más secas de Europa, ha logrado reutilizar más del 91% de sus aguas residuales tratadas mediante:

1

Acuerdo político y gobernanza: colaboración entre partidos políticos y la creación de ESAMUR para mejorar el tratamiento de aguas residuales.

2

Innovación tecnológica: uso de tecnologías avanzadas como sistemas UV y membranas para cumplir con altos estándares de calidad.

3

Concienciación pública: campañas educativas que promueven la aceptación y el uso sostenible del agua reciclada. La transformación del río Segura de uno de los más contaminados a uno de los más limpios en España es un testimonio de la eficacia de estas estrategias.

El sector agrícola en Murcia consume alrededor del 85% del agua disponible en la región y más del 85% de la superficie agrícola regada en Murcia utiliza sistemas de riego por goteo, uno de los métodos más eficientes que reduce significativamente el desperdicio de agua. La gestión eficiente del agua es vital para la economía de Murcia, ya que el sector agrícola representa aproximadamente el 20% del PIB regional y genera empleo para cientos de miles de personas. La exportación de productos agrícolas supera los 3.000 millones de euros anuales, subrayando la importancia de una gestión hídrica eficaz para sostener la economía de la región.

Pedro Simón

 [Ver vídeo](#)

 [Ver perfil](#)



La combinación de tecnologías avanzadas, buena gobernanza y cooperación política ha permitido a estas regiones asegurar un suministro de agua resiliente y sostenible, sirviendo de modelo para otras regiones del mundo que enfrentan desafíos similares.

La innovación dirigida por un propósito específico y la colaboración integral son esenciales para crear soluciones sostenibles en la gestión del agua.



**Jurg
Keller**

[▶ Ver vídeo](#)

[▶ Ver perfil](#)

Optimización de la gestión del agua desde España

Como acabamos de ver, la gestión del agua en España se enfrenta a desafíos únicos debido a la variabilidad climática y la diversidad geográfica del país. La escasez de agua en ciertas regiones y el exceso en otras requiere soluciones innovadoras y eficientes. Este apartado aborda las estrategias y tecnologías puestas en marcha por dos empresas españolas líderes en el sector: [Idrica](#) y [Aqualia](#), basándose en sus experiencias y proyectos reales, tanto en España como internacionalmente.



Idrica y la transformación digital del ciclo del agua

Idrica, una empresa surgida de la digitalización de Aguas de Valencia, ha liderado la transformación digital en la gestión del agua desde 2008. La empresa ha invertido significativamente en sensores y tecnologías inteligentes para optimizar el ciclo del agua. En 2020, la pandemia aceleró la necesidad de digitalización en el sector, impulsando a Idrica a expandir sus soluciones globalmente. **Jaime Barba**, CEO de la compañía, presenta algunos casos de interés. Por ejemplo, en Valencia, Idrica ha puesto en funcionamiento una serie de tecnologías que han permitido reducir significativamente los costes operativos (OPEX). Mediante el uso de sensores y sistemas de monitorización avanzados, se ha optimizado la gestión de la red de distribución de agua, reduciendo fugas y mejorando la eficiencia energética. Esto ha permitido reinvertir los ahorros en nuevas infraestructuras (CAPEX), renovando activos y mejorando la resiliencia de la red. En Houston, Texas, han desarrollado una plataforma de alcantarillado inteligente que integra operaciones en tiempo real y emplea análisis predictivos para prevenir desbordamientos. Esta plataforma, que centraliza datos de numerosas fuentes, ha logrado reducir los desbordamientos en un 77% en solo 10 meses, mejorando la eficiencia y sostenibilidad del sistema.

Jaime Barba

[▶ Ver vídeo](#)

[▶ Ver perfil](#)



Innovaciones de Aqualia en la gestión del agua

Aqualia, un operador global presente en 18 países, ha desarrollado soluciones innovadoras para enfrentar los desafíos del agua en España, destacando la importancia de la colaboración intersectorial. **José Ramón Vázquez**, Director de Desarrollo de Negocio de Aqualia Norte, presenta algunos casos de éxito. Así, en Tarragona, Aqualia ha trabajado en un parque industrial junto al sector petroquímico, construyendo una planta de tratamiento de aguas residuales que emplea tecnologías avanzadas como ultrafiltración y biorreactores de membrana. Esta planta no solo elimina contaminantes, sino que también tiene planes de implementar osmosis inversa para reutilizar el agua en procesos industriales, subrayando el valor de la cooperación entre diferentes sectores.

En Vigo, la empresa ha optimizado una planta de tratamiento de lodos activos transformándola en un sistema de biopelícula aeróbica, lo que ha permitido liberar espacio para almacenar agua de lluvia. Esta mejora es esencial para la gestión de sistemas de alcantarillado combinados en áreas con alta pluviometría, protegiendo el medio ambiente y mejorando la capacidad de respuesta ante lluvias intensas. Además, durante la pandemia de COVID-19, Aqualia aprovechó su infraestructura digital para rastrear variantes del virus a través del análisis de aguas residuales en Galicia, identificando rápidamente la propagación de la variante Epsilon. Este uso de la tecnología para monitorizar la salud pública demuestra cómo la innovación en la gestión del agua puede tener aplicaciones críticas más allá del ámbito tradicional.

José Ramón Vázquez

▶ Ver vídeo

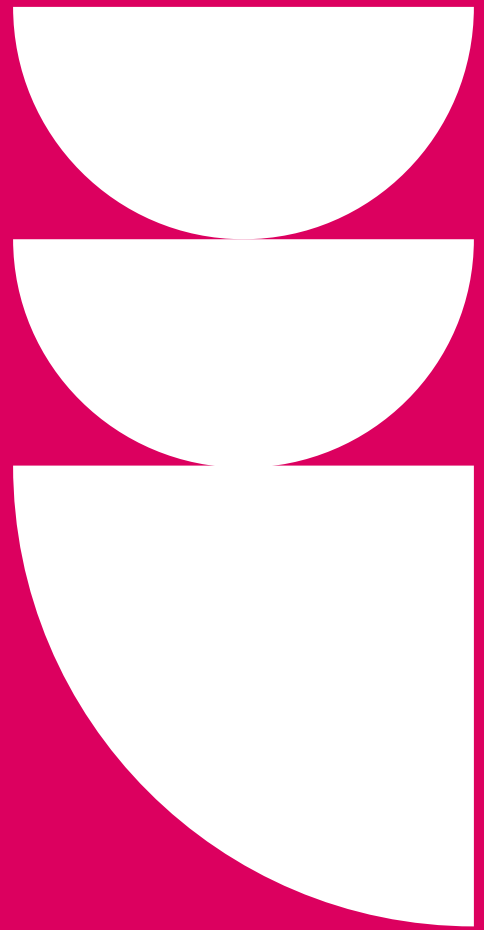
▶ Ver perfil



Los proyectos de colaboración entre diferentes sectores y entidades son esenciales para el éxito de las iniciativas de gestión del agua. Aqualia ha trabajado en el proyecto [H2020 Run4Life](#), en la separación y reutilización de aguas grises y negras, creando soluciones para nuevos desarrollos urbanos. En concreto, Aqualia ha colaborado en el desarrollo de un edificio en Vigo diseñado desde el inicio para separar y reutilizar aguas grises y negras. Este enfoque permite una gestión más eficiente del agua y reduce la demanda sobre los sistemas de tratamiento convencionales.

Durante la pandemia, pudimos rastrear variantes del COVID-19 a través de aguas residuales, demostrando cómo la tecnología puede monitorear eficazmente la salud pública.

3



**Triple
sostenibilidad**

3

Triple sostenibilidad

3.1. Sostenibilidad medioambiental y resiliencia

El cambio climático y el crecimiento urbano acelerado presentan desafíos para la gestión del agua a nivel global. En un mundo donde las sequías y las inundaciones son cada vez más frecuentes y más intensas en el tiempo, la capacidad de adaptarse y recuperarse es crucial. Frente a estos retos, la sostenibilidad medioambiental y la resiliencia hídrica emergen como pilares esenciales para garantizar un suministro seguro y confiable de este recurso vital. Este apartado explora innovaciones clave que están transformando la forma en que gestionamos el agua, asegurando un futuro más resiliente.

Estrategias para la resiliencia hídrica

Diseñar infraestructuras resilientes que puedan enfrentar eventos climáticos extremos es crucial para garantizar la disponibilidad y calidad del agua en un contexto de creciente variabilidad climática. La resiliencia hídrica implica la capacidad de adaptarse y recuperarse de eventos extremos, como sequías e inundaciones. Las estrategias modernas deben considerar una variedad de fuentes y tecnologías para asegurar un suministro constante y de calidad.

Con tecnologías ya existentes y estrategias innovadoras de gestión, es posible reducir el uso de agua en hogares, granjas e industrias entre un 25% y un 50%, como afirma David Sedlak.

Glen Daigger destaca la importancia de la reutilización del agua. Para asegurar la calidad y seguridad del agua reutilizada, **Daigger** enfatiza la necesidad de programas rigurosos de control de fuentes y procedimientos operativos bien establecidos. Esto incluye la regulación estricta de materiales industriales y comerciales que ingresan al sistema de aguas residuales, así como una monitorización constante y detallada de los procesos de tratamiento. Estos procedimientos garantizan que las tecnologías de tratamiento funcionen de manera óptima y que el agua producida sea segura para el consumo humano.

Jurg Keller, por su parte, resalta la importancia de integrar la recuperación de recursos y energía en las estrategias de gestión del agua. Keller sugiere que elementos como el nitrógeno y el fósforo, tradicionalmente considerados desechos, pueden ser recuperados y utilizados como fertilizantes, reduciendo así la demanda de recursos naturales y mejorando la sostenibilidad de los sistemas urbanos de agua. Además, propone el uso de sistemas descentralizados que combinen la recuperación de nutrientes y la producción de biogás, ofreciendo una solución más resiliente y adaptable a diferentes contextos urbanos.

Por su parte, **Carlos Duarte** aborda la desalinización como una estrategia crucial para la resiliencia hídrica en regiones áridas, como Arabia Saudí. Duarte destaca que, aunque la desalinización es intensiva en energía, su combinación con fuentes de energía renovable puede hacerla más sostenible. Además, menciona innovaciones recientes en el uso de la [salmuera como materia prima para la producción de materiales de construcción](#), lo que representa una solución creativa para manejar los subproductos de la desalinización y minimizar su impacto ambiental.

La gestión sostenible del agua en áreas urbanas requiere también **estrategias de recolección y almacenamiento de aguas pluviales**. Este enfoque proporciona una fuente adicional de agua y, aún más importante, también **ayuda a mitigar los efectos de las inundaciones y reduce la carga sobre los sistemas de alcantarillado**.

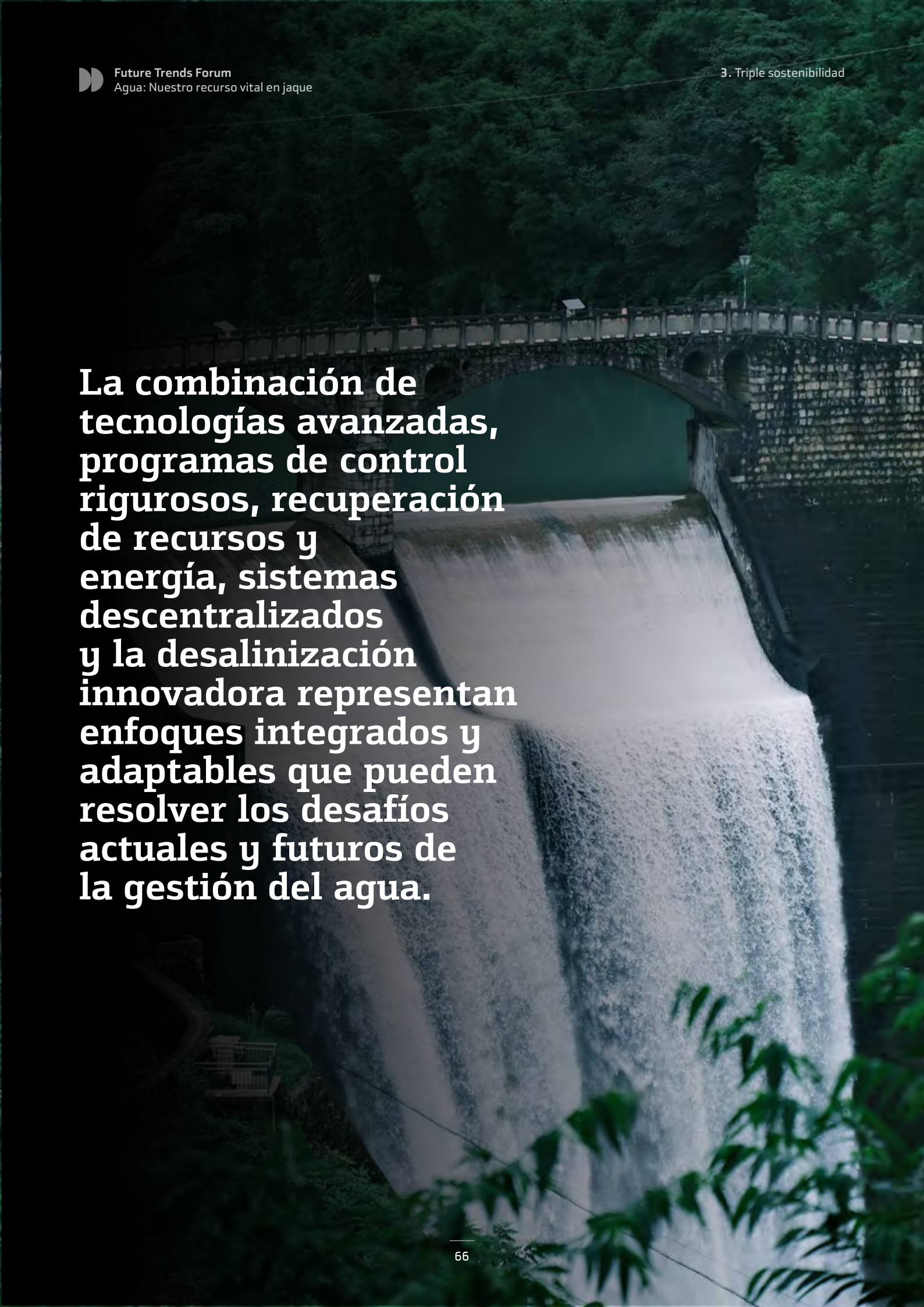
Jurg Keller ha trabajado extensamente en la creación de sistemas descentralizados de recolección de aguas pluviales en desarrollos urbanos. Un ejemplo notable es el ya mencionado proyecto [Aquarevo](#)

La desalinización es un desarrollo fundamental en la historia humana. En áreas como Arabia Saudí, no podríamos sostener una población de 35 millones sin desalinización.

Carlos Duarte

en Australia, donde **cada hogar está equipado con tanques de agua pluvial controlados centralmente**. Estos sistemas pueden adaptarse a las necesidades específicas de cada área urbana, proporcionando una solución flexible y escalable para la gestión del agua.

La gestión efectiva del agua pluvial puede además **reducir significativamente la entrada de contaminantes en los cuerpos de agua, mejorando así la calidad del agua y la salud de los ecosistemas acuáticos**, como señala **Carlos Duarte**. Además, la recolección y uso de aguas pluviales pueden aliviar la presión sobre los recursos hídricos tradicionales, particularmente en áreas con estrés hídrico.



La combinación de tecnologías avanzadas, programas de control rigurosos, recuperación de recursos y energía, sistemas descentralizados y la desalinización innovadora representan enfoques integrados y adaptables que pueden resolver los desafíos actuales y futuros de la gestión del agua.

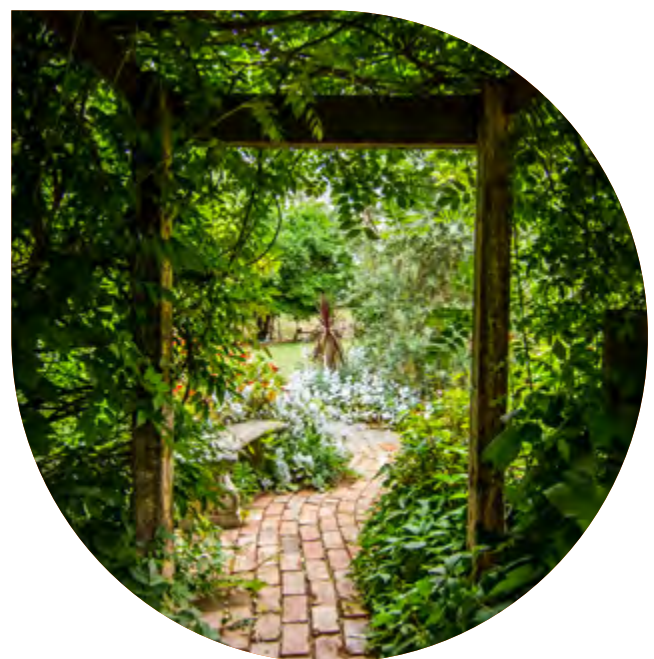
Junto con lo anterior, **la recuperación y la creación de infraestructuras verdes** son esenciales para crear ciudades sostenibles y resilientes al **integrar soluciones naturales con tecnologías modernas para la gestión del agua**. Estas infraestructuras mejoran la captación y reutilización de aguas pluviales y **contribuyen a la mitigación del efecto de isla de calor urbana, la mejora de la calidad del aire y la biodiversidad urbana**.

Jurg Keller destaca la importancia de integrar infraestructuras verdes en el entorno urbano para mejorar la sostenibilidad y la gestión del agua. **Los techos verdes y las paredes vegetales son ejemplos destacados de estas infraestructuras**, ofreciendo numerosos **beneficios económicos, ecológicos y sociales**. Estas estructuras retienen el agua de lluvia, ayudando a reducir la escorrentía y el riesgo de inundaciones, y además purifican el aire, reducen la temperatura ambiente y regulan la temperatura interna de los edificios, contribuyendo al ahorro energético. Adicionalmente, las cubiertas verdes promueven la biodiversidad urbana y forman parte de la construcción bioclimática, proporcionando hábitats para diversas especies. A nivel social, se ha demostrado que los entornos verdes mejoran el bienestar y la felicidad de las personas, creando espacios más agradables y saludables para vivir.

Juan Lema destaca la integración de áreas verdes urbanas como **parques y jardines que actúan como zonas de absorción y filtración natural del agua de lluvia**. Estas áreas verdes pueden diseñarse para retener y filtrar el agua de lluvia, **reduciendo la carga sobre los sistemas de alcantarillado y mejorando la calidad del agua subterránea**.

Carlos Duarte, por su parte, aborda la importancia de las infraestructuras verdes en la resiliencia climática, especialmente en la gestión de eventos extremos como inundaciones y sequías. Duarte menciona que las infraestructuras verdes, como los **humedales urbanos y las franjas ribereñas, pueden actuar como amortiguadores naturales durante eventos de fuertes lluvias, reduciendo el riesgo de inundaciones**. Estos sistemas naturales también pueden ayudar a mantener el flujo de agua durante periodos de sequía, proporcionando una fuente constante de agua y apoyando la biodiversidad local.

La implementación exitosa de estos sistemas requiere una planificación cuidadosa, tecnología adecuada y la participación activa de la comunidad, asegurando así una gestión del agua más resiliente y sostenible para el futuro.





Un ejemplo destacado: EL PARQUE DE LAS LLAMAS EN SANTANDER

El [Parque de las Llamas](#) en Santander es un ejemplo exitoso de integración de infraestructuras verdes para la sostenibilidad medioambiental y la gestión del agua. Este parque incorpora soluciones basadas en la naturaleza, como humedales y superficies permeables, combinadas con sistemas convencionales, como estaciones de bombeo y plantas de tratamiento. Estas medidas, afirma **José Ramón Vázquez**, permiten **gestionar el agua de lluvia, reducir el riesgo de desbordamientos y mejorar la calidad del agua** mediante el control de contaminantes emergentes. Además, se emplean sensores en línea y métodos de alta resolución para monitorear y mejorar la gestión del agua.

Otros ejemplos destacados son:

FILADELFIA

El proyecto [Green City Clean Waters](#) destaca por su uso de infraestructuras verdes y sistemas de recolección de aguas pluviales, como barriles de lluvia en hogares y edificios, lo que permite a los residentes reutilizar el agua de lluvia, **reduciendo la carga sobre el alcantarillado durante lluvias intensas, y fomentando la participación comunitaria.**



NUEVA ORLEANS

Tras el huracán Katrina, se implementaron sistemas de recolección de aguas pluviales como jardines de lluvia y almacenamiento subterráneo. Estos han sido cruciales para **disminuir inundaciones y mejorar la resiliencia urbana ante eventos climáticos extremos**.



AUSTRALIA

El ya mencionado proyecto Aquarevo incorpora sistemas de recolección de aguas pluviales, techos verdes y paisajes sostenibles, logrando una **reducción del 70% en el uso de agua potable** comparado con desarrollos tradicionales.



4.2. Sostenibilidad financiera y acceso equitativo

En el contexto de la creciente crisis hídrica global, la sostenibilidad financiera y el acceso equitativo al agua emergen como pilares fundamentales para asegurar un futuro resiliente. Los expertos del Future Trends Forum han explorado las estrategias y modelos económicos que pueden garantizar la viabilidad a largo plazo de los recursos hídricos, al tiempo que se promueve una distribución justa y accesible del agua para todas las comunidades. A través de un análisis riguroso y estudios de caso innovadores, se delinean las políticas y prácticas que pueden equilibrar la rentabilidad con la responsabilidad social, **destacando la necesidad de integrar la justicia social en la gestión y financiación de los sistemas hídricos.**

La inversión en infraestructuras hídricas y sistemas de saneamiento ofrece una amplia gama de beneficios económicos y sociales que trascienden el simple acceso al agua potable. Uno de los principales beneficios es la **reducción de costes de atención sanitaria**, ya que la disponibilidad de agua limpia y servicios de saneamiento adecuados disminuye la incidencia de enfermedades transmitidas por el agua, aliviando así la carga sobre los sistemas de salud y reduciendo los costes asociados al tratamiento de estas enfermedades.



Estrategias para asegurar el acceso equitativo al agua

Howard Neukrug, Director Ejecutivo del [Centro del Agua en la Universidad de Pennsylvania](#), presenta iniciativas para garantizar el acceso equitativo al agua, particularmente en comunidades vulnerables y marginadas. Entre las estrategias propuestas, destaca el **desarrollo y mantenimiento de infraestructuras resilientes y accesibles**, con el objetivo de asegurar el acceso continuo al agua potable y al saneamiento. Esto incluye la inversión en sistemas de distribución de agua en áreas rurales y urbanas desfavorecidas. Además, Neukrug subraya la importancia de **diseñar estructuras tarifarias** que hagan el agua asequible para todos, independientemente de su nivel socioeconómico. Para ello, sugiere la **creación de subsidios** para familias de bajos ingresos y la implementación de programas de asistencia que eviten cortes de agua en situaciones de vulnerabilidad económica. Finalmente, enfatiza la necesidad de **fomentar la educación y concienciación** sobre el uso eficiente del agua y la importancia de la conservación. A través de campañas de concienciación, se busca empoderar a las comunidades para que participen activamente en la gestión del agua y adopten prácticas sostenibles.

Neukrug también enfatiza la importancia de las innovaciones y colaboraciones, apostando por un **cambio radical en nuestra forma de pensar, planificar, diseñar, integrar, construir y financiar los proyectos hídricos para ser capaces de adaptarnos al cambio climático.**

Algunas iniciativas en este sentido, destacadas por este experto son:

Infraestructuras multifuncionales: con ejemplos que incluyen [canchas de baloncesto](#) y tenis, o espacios para representaciones escénicas, que también sirven como cuencas de retención de aguas pluviales, integrando necesidades recreativas y de gestión del agua.

Paneles solares flotantes: [instalados en pantanos y lagos](#), estos paneles aumentan la eficiencia solar por el efecto refrigerante del agua y reducen la evaporación del agua a la vez que preservan la calidad del agua. Especialmente útil en áreas con escasez de tierra.

Programas colaborativos: iniciativas como ["Greened Acre Retrofit Program"](#) en Filadelfia que combinan la infraestructura verde con la mejora de la calidad de vida urbana.

Con visión, liderazgo y una fuerte colaboración podemos adaptar nuestros sistemas hídricos urbanos a un clima cambiante, y rediseñar el paisaje de nuestras ciudades y la calidad de vida de nuestras comunidades.



**Howard
Neukrug**

[▶ Ver video](#)

[▶ Ver perfil](#)

Estrategias financieras y de gestión

Las inversiones en infraestructuras hídricas son bastante más complicadas que las inversiones en energías renovables debido a la naturaleza compleja y de largo plazo de los proyectos relacionados con el agua. Para resolver estos desafíos, es crucial que las administraciones públicas incentiven la entrada de capital privado mediante ayudas y subvenciones. Estas medidas pueden asegurar un razonable retorno de la inversión y atraer los fondos necesarios para desarrollar y mantener sistemas de agua sostenibles y equitativos. A continuación, se presentan las estrategias financieras y de gestión propuestas por **Catarina Fonseca**, que trabaja para ayudar a los gobiernos a identificar y gestionar las inversiones en el sector del agua.

Inversiones en capital y mantenimiento: es crucial realizar inversiones adicionales en capital (CapEx) para construir nueva infraestructura y en mantenimiento de capital (CapManEx) para renovar y mantener las infraestructuras que ya existen. **Las inversiones no se deben limitar a la infraestructura; deben incluir aspectos como la digitalización, la gestión de riesgos y la puesta en marcha de políticas.**

Instrumentos financieros innovadores: es necesario crear nuevos e innovadores modelos y herramientas financieras que permitan financiar tanto las inversiones en capital (CapEx) como los costes operativos (OpEx), promoviendo así la eficiencia y la sostenibilidad de los proyectos. Un ejemplo son los **Bonos de Impacto Social** (SIBs, por sus siglas en inglés), que han sido utilizados en otros sectores y podrían adaptarse para proyectos hídricos. Estos bonos permiten que inversores privados financien proyectos con la promesa de un retorno basado en el éxito del proyecto en cumplir con ciertos objetivos de impacto social, como la mejora en el acceso al agua potable o la reducción de pérdidas en el sistema de distribución. Los **Bonos Verdes** son otro instrumento financiero que está ganando popularidad para financiar proyectos sostenibles, incluyendo los relacionados con la gestión del agua. Finalmente, el **Crowdfunding** se ha convertido en una herramienta emergente para financiar proyectos comunitarios, incluyendo los relacionados con el agua. Mediante plataformas en línea, comunidades locales pueden recaudar fondos para proyectos hídricos específicos, como la construcción de pozos o la instalación de sistemas de recolección

de aguas pluviales, involucrando a los miembros de la comunidad en el proceso y asegurando así un sentido de propiedad y responsabilidad compartida.

Es necesario tratar la gestión del suministro de agua y saneamiento (WASH - *WATER, Sanitation and Hygiene*) y la gestión de recursos hídricos (WRM - *Water Resources Management*) de manera integrada para conseguir ser sostenibles, apunta **Lesley Pories**, analista principal de políticas de WASH Financing en WaterAid UK. **Pories destaca la importancia de una visión integral y la necesidad de tratar el agua como un derecho humano, al tiempo que aboga por una colaboración más estrecha entre diferentes sectores y actores para abordar los desafíos de la sostenibilidad del agua.**

No se puede proporcionar agua potable y saneamiento sin asegurar una fuente de agua segura. Necesitamos tratar estos temas de manera integral.

Lesley Pories

[▶ Ver vídeo](#)

[▶ Ver perfil](#)



Para gestionar el agua de una manera integral, algunos de los pilares esenciales son:

1

USO EFICIENTE DE LA TECNOLOGÍA

Tecnologías como la desalinización, la reutilización y los medidores inteligentes, mejoran la eficiencia del uso del agua.

2

PRECIOS DEL AGUA Y COMPORTAMIENTO DEL CONSUMIDOR

Las administraciones públicas, presionadas por los ciudadanos, tienden a ofrecer agua a precios insostenibles, lo que lleva a un círculo vicioso de servicios de baja calidad y falta de inversión. Aunque es políticamente complicado, es necesario ajustar los precios del agua para reflejar su verdadero coste y promover un uso más eficiente. Esto incluye la aplicación de incentivos y penalizaciones para fomentar prácticas sostenibles.

4

INVERSIONES EN INFRAESTRUCTURA Y CAPACIDAD

Es crucial mejorar la capacidad de ejecución y la calidad de los proyectos financiables. Esto incluye tanto la construcción de nuevas infraestructuras, como el mantenimiento y la renovación de las infraestructuras existentes, como también apuntaba Catarina Fonseca. La colaboración con instituciones financieras regionales y nacionales puede facilitar la inversión necesaria para estos proyectos. Además, es esencial contar con servicios de agua y proveedores que sean financieramente sólidos y capaces de atraer inversiones.



3

MEJORA DE LA GOBERNANZA Y LAS POLÍTICAS

Pories subraya la necesidad de políticas nacionales robustas y regulaciones efectivas que sean multi-sectoriales e integrales. Estas políticas deben ser transformadoras y deben involucrar a diferentes ministerios y sectores para asegurar una gestión coordinada del agua. Para ampliar información, ver capítulo 5. Gobernanza y colaboración.

5

EDUCACIÓN Y CONCIENCIACIÓN

Fomentar la educación sobre el uso eficiente del agua y la importancia de la conservación. Las campañas de concienciación pueden capacitar a las comunidades para que participen activamente en la gestión del agua y adopten prácticas sostenibles.

Pories también menciona que es fundamental abordar los desafíos sistémicos que desalientan a los inversores, tales como la brecha de gobernanza, la brecha financiera y la capacidad de ejecución de los proyectos.

La sostenibilidad no ocurrirá de manera natural solo porque es una buena idea. Se necesitan consecuencias reales para el uso insostenible del agua y políticas que realmente se apliquen.

El coste de no hacer nada en los próximos diez años debido a eventos climáticos relacionados con el agua es de 1.8 billones de dólares.

**Catarina
Fonseca**

[▶ Ver vídeo](#)

[▶ Ver perfil](#)



Acciones y decisiones para un futuro sostenible

El primer paso, de vital importancia, es definir claramente los problemas a resolver y la planificación a largo plazo para garantizar un futuro sostenible, tal y como apunta **Ian Barker**, experto internacional en política y gestión del agua, asesor en gobernanza y regulación del agua en la OCDE:

- **Definir claramente los problemas:** es crucial identificar los problemas específicos que se desean resolver en diferentes contextos, como el agua para la agricultura, la industria y las comunidades. Barker subraya la importancia de ser conscientes de que las soluciones para un problema pueden tener consecuencias imprevistas en otros ámbitos. Por ejemplo, la gestión del agua para la agricultura puede impactar negativamente en la disponibilidad de agua para el uso doméstico o industrial, o viceversa. Este enfoque requiere una comprensión integral y contextual de cada situación, reconociendo que **el agua conecta todos los aspectos de la vida y que las decisiones tomadas en un área pueden tener repercusiones en otras**. Además, Barker enfatiza que es fundamental no solo pensar en los problemas actuales, sino también **anticipar los desafíos futuros**, lo cual incluye considerar cómo las demandas de agua y las condiciones ambientales podrían cambiar en las próximas décadas.
- **Planificación a largo plazo:** considerar los desafíos futuros y tomar decisiones de inversión que sean sostenibles a largo plazo. Barker menciona que las inversiones en agua deben enfocarse en resolver las necesidades actuales, sin perder de vista las de las próximas generaciones. Esto implica anticipar cambios en la disponibilidad de agua, la demanda de diferentes sectores como la industria y la agricultura, y los impactos del cambio climático. **La planificación debe ser adaptativa**, incorporando puntos de revisión para ajustar estrategias a medida que se disponen de más datos y se clarifican las incertidumbres. Es esencial adoptar un enfoque flexible y de escenarios múltiples para prever diferentes futuros posibles y así evitar errores como los cometidos en el pasado, donde la falta de planificación adaptable resultó en inversiones infrutilizadas.
- **Equilibrar las necesidades:** asegurar que tanto las necesidades humanas como las ambientales sean satisfechas, restaurando y protegiendo los ecosistemas de agua dulce. Barker enfatiza la necesidad de definir claramente los niveles de servicio aceptables tanto para la población como para el medio ambiente. Durante las sequías, es fundamental tener planes pre acordados sobre cómo se priorizarán y gestionarán los recursos hídricos limitados, protegiendo la salud pública mientras se minimiza el impacto en los ecosistemas. En este sentido, es importante reconocer que los valores y prioridades de la comunidad pueden cambiar en tiempos de crisis, lo que exige una preparación que considere diferentes perspectivas y necesidades.



- **Innovación y participación comunitaria:** es crucial innovar tanto en términos tecnológicos como en la manera en que definimos y abordamos los problemas hídricos, cómo planificamos para el futuro y cómo gobernamos este recurso escaso e incierto. Barker subraya la importancia de escuchar a las comunidades y entender cómo valoran el agua, reconociendo que sus perspectivas pueden ser tan válidas como las de los economistas. La participación activa de la comunidad es vital para desarrollar planes de gestión del agua que sean ampliamente aceptados y sostenibles. **Innovar también implica redefinir y ampliar la forma en que abordamos los problemas**, incluyendo el uso de nuevas tecnologías y enfoques como la inteligencia artificial para mejorar la planificación y la toma de decisiones.
- **Gobernanza y regulación:** para manejar los recursos hídricos de manera efectiva, se debe diseñar y poner en marcha un régimen de gobernanza robusto e inclusivo, tal y como se detalla en el próximo capítulo. Respecto a la regulación, es necesario que proteja los intereses de las personas y el medio ambiente, y que también proporcione certeza y estabilidad a los inversores. Barker señala que la buena gobernanza y una regulación eficaz son fundamentales para garantizar que las decisiones de inversión y las políticas de gestión del agua sean sostenibles y equitativas. Además, subraya la importancia de un enfoque regulatorio que permita la adaptación a las circunstancias locales sin sofocar la innovación, un aspecto crucial para abordar las complejidades del manejo del agua a nivel global y local.

Estas acciones y decisiones forman un enfoque integral para abordar los desafíos del agua, asegurando que las soluciones sean holísticas, equitativas y sostenibles a largo plazo, según Ian Barker. **La clave radica en reconocer la incertidumbre del futuro y preparar mecanismos adaptativos que puedan evolucionar a medida que cambia el contexto social, económico y ambiental.** Solo así se podrá garantizar un futuro donde las generaciones venideras tengan acceso a recursos hídricos seguros y bien gestionados.

Debemos escuchar a las personas y reconciliar sus conexiones emocionales con la gestión práctica del agua para desarrollar planes de suministro de agua seguros y sostenibles.

Ian Barker

[▶ Ver vídeo](#)

[▶ Ver perfil](#)



4



**Gobernanza y
colaboración**

4

Gobernanza y colaboración

Gonzalo Delacámara, Director del Centro de Agua y Cambio Climático del [IE University](#), enfatiza la necesidad de desarrollar **modelos de gobernanza que integren enfoques multisectoriales y multi jurisdiccionales**. Delacámara propone la **Gestión Integrada de Recursos Hídricos (GIRH)**, un enfoque holístico y coordinado que busca manejar los recursos hídricos de manera sostenible, teniendo en cuenta todos los usos del agua y las interacciones entre ellos. La GIRH, denominada en inglés IWRM (*Integrated Water Resources Management*), considera todas las formas de uso del agua, desde el suministro doméstico hasta la agricultura y la industria, asegurando que se balanceen las necesidades de todos los usuarios. Sus principios fundamentales son:

1

Coordinación multisectorial y multi jurisdiccional: la GIRH promueve la coordinación entre diferentes sectores (como la agricultura, la industria y el suministro doméstico) y niveles de gobierno (municipal, regional, nacional e internacional). Este enfoque holístico asegura que se consideren todas las formas de uso del agua y sus interacciones, permitiendo un manejo más eficiente y sostenible de los recursos hídricos.

Gonzalo Delacámara

[▶ Ver vídeo](#)

[▶ Ver perfil](#)



2

Transparencia: poniendo en marcha sistemas de monitorización y evaluación para asegurar la transparencia en la gestión del agua. Según **Delacámara**, los gobiernos deben informar sobre cómo se gestionan los recursos hídricos y asegurar que las políticas y prácticas sean equitativas y sostenibles. La transparencia fomenta la confianza pública y mejora la gestión.

3

Participación pública: involucrando a las comunidades locales en la toma de decisiones sobre la gestión del agua, se aumenta la aceptación y cumplimiento de las políticas. La participación pública asegura que se consideren las necesidades y perspectivas de todos los grupos de interés, lo que mejora la efectividad y sostenibilidad de las políticas de gestión del agua.

4

Adaptación al cambio climático: la seguridad hídrica a largo plazo es fundamental para la adaptación al cambio climático. La GIRH debe considerar los efectos del cambio climático en los recursos hídricos, como la mayor frecuencia e intensidad de sequías e inundaciones, y la degradación de la calidad del agua.

5

Innovación institucional y financiera: la GIRH propone innovaciones tecnológicas, institucionales y financieras. Incluyendo la creación de nuevos marcos regulatorios que permitan la integración de nuevas tecnologías y prácticas, así como la movilización de recursos financieros necesarios para llevar a la práctica estas innovaciones.



Estrategias para la colaboración

Glen Daigger sugiere que para movilizar inversiones es crucial entender y eliminar las barreras sociales y políticas que impiden el cambio. Este experto enfatiza que el cambio es un proceso tanto **tecnológico como social**, y que la adopción de nuevas tecnologías y prácticas en la gestión del agua requiere la creación de una masa crítica de actores innovadores y la construcción de consenso entre diferentes grupos de interés. Para movilizar inversiones efectivas en el sector del agua, es fundamental identificar y superar las barreras que pueden impedir el progreso. Estas barreras pueden incluir desde la resistencia al cambio por parte de la población hasta la falta de apoyo político para nuevas iniciativas. **Daigger** subraya que no basta con introducir una nueva tecnología; es esencial comprender el contexto social y político en el que se va a implementar. Por ejemplo, en el caso del **reúso de agua potable**, una de las barreras clave es la percepción pública, que a menudo está influenciada por emociones más que por hechos objetivos. Este desafío requiere de estrategias de comunicación y educación que aborden las preocupaciones emocionales y construyan la legitimidad de las nuevas prácticas a lo largo del tiempo.

El experto destaca que es crucial construir una **masa crítica de actores** que no solo estén dispuestos a innovar, sino que también puedan influir en otros para que se sumen al cambio. Esto implica la cooperación entre diferentes niveles de gobierno y sectores, y la colaboración internacional, especialmente en un mundo cada vez más interconectado donde las soluciones a los problemas del agua deben ser compartidas y adaptadas a diferentes contextos.

Para que una nueva práctica, como el reúso de agua potable, sea aceptada, es necesario construir la **legitimidad de la tecnología** y la credibilidad de las organizaciones que la implementan. **Daigger** enfatiza que este proceso debe comenzar mucho antes de que la tecnología se implemente a gran escala. Es un esfuerzo que puede tomar años y que requiere una estrategia de comunicación efectiva, la participación de la comunidad y la demostración de resultados tangibles. Es vital que las organizaciones encargadas de la gestión del agua trabajen en construir confianza con las comunidades, mostrando transparencia en sus procesos y resultados, y respondiendo de manera proactiva a las preocupaciones públicas.

Daigger también resalta la importancia de **innovar en las estrategias de planificación y gobernanza**. Esto incluye desarrollar enfoques integrados que consideren tanto las soluciones tecnológicas como las dinámicas sociales y políticas. Además, menciona la necesidad de incorporar prácticas de planificación adaptativa y manejo de riesgos que permitan a las organizaciones responder de manera flexible a las incertidumbres futuras, como el cambio climático y el crecimiento de la población.

Pascual Fernández, ex presidente de **AEAS** (la Asociación Española de Abastecimientos de Agua y Saneamiento), destaca cómo en España la gobernanza del agua se lleva a cabo a nivel municipal con el apoyo de gobiernos regionales y gobierno central. La reciente fusión de las dos principales asociaciones de agua busca una gestión más eficiente de los intereses del sector. Además, menciona la **importancia de transformar las plantas de tratamiento de agua en plantas de recuperación de recursos** para cumplir con nuevos requisitos legales y mejorar la sostenibilidad.



Retos y oportunidades en la Gobernanza del Agua

La gobernanza del agua presenta numerosos retos y ofrece diversas oportunidades para mejorar la gestión de los recursos hídricos de manera sostenible y equitativa. A continuación, se resumen algunos de los principales desafíos y oportunidades, basados en las perspectivas de los expertos del Future Trends Forum.

Los **desafíos económicos y sociales** relacionados con la gestión del agua son múltiples y complejos. Una de las principales dificultades radica en la **percepción generalizada de que el agua es un bien público**, lo que complica la tarea de fijar precios que reflejen adecuadamente su escasez y verdadero valor. **Gonzalo Delacámara** sugiere que la solución a este problema pasa por ajustar los precios del agua, entendiendo y gestionando las complejidades sociales y económicas que rodean su gestión. La falta de tarifas adecuadas puede llevar a un uso ineficiente del recurso y, eventualmente, al agotamiento de los recursos hídricos. Además, en muchas regiones, **las infraestructuras de agua están subfinanciadas**, lo que se traduce en un mantenimiento insuficiente y en la incapacidad de realizar las inversiones necesarias para mejorar y expandir los servicios. **Pascual Fernández** destaca que en España, por ejemplo, la falta de tarifas adecuadas y la dependencia de fondos públicos y europeos han provocado una situación en la que muchas infraestructuras necesitan modernización urgente. Asimismo, la **desigualdad en el acceso al agua** sigue siendo un desafío importante, especialmente en áreas rurales y comunidades marginadas, donde las políticas y las infraestructuras no siempre consideran adecuadamente las necesidades específicas de estas comunidades, lo que genera una distribución no equitativa de los recursos hídricos.

En el ámbito institucional y de gobernanza, **la falta de coordinación entre diferentes sectores y niveles de gobierno** frecuentemente resulta en una gestión fragmentada e ineficiente de los recursos hídricos. **Delacámara** enfatiza la importancia de una coordinación multisectorial y multijurisdiccional para abordar los problemas hídricos de manera integral. A esto, se añade que en muchos lugares,

las instituciones encargadas de la gestión del agua no están adecuadamente equipadas para enfrentarse a los desafíos actuales, incluyendo la **falta de regulaciones adecuadas** y la incapacidad de las instituciones para adaptarse a nuevas realidades, como el cambio climático y la urbanización rápida..

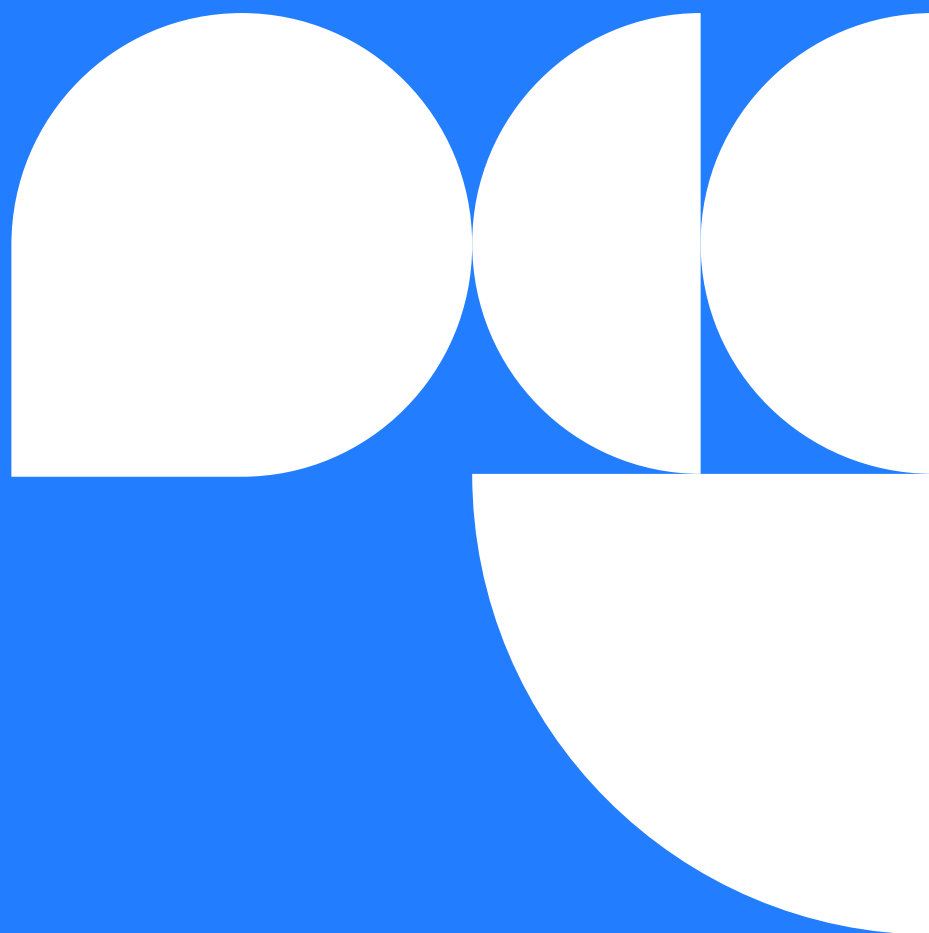
Respecto a las **oportunidades para mejorar la Gobernanza del Agua**, incluyen la **integración de nuevas tecnologías**, como sensores de calidad del agua, sistemas de gestión de datos y tecnologías de tratamiento avanzadas, que pueden mejorar significativamente la eficiencia y efectividad de la gestión de los recursos hídricos. Además, es fundamental **involucrar a las comunidades locales en la toma de decisiones** sobre la gestión del agua, para aumentar la aceptación y asegurar que se consideren las necesidades y perspectivas de todos los grupos de interés.

Otra oportunidad es el **desarrollo de modelos de financiación sostenibles**, que implica la creación de tarifas que reflejen el verdadero coste del suministro de agua, junto con la movilización de recursos financieros a través de asociaciones público-privadas. Asimismo, se deben **desarrollar y aplicar estrategias de adaptación al cambio climático**, incluyendo la creación de infraestructuras resilientes y la planificación a largo plazo que considere los efectos del cambio climático en los recursos hídricos.

Promover la educación y la concienciación sobre la importancia del uso sostenible del agua es otra oportunidad clave, ya que puede llevar a cambios en el comportamiento que beneficien a largo plazo la gestión de los recursos hídricos. Finalmente, existe la oportunidad de realizar **innovación institucional**, es decir, actualizar las instituciones y marcos regulatorios para enfrentar los desafíos del siglo XXI con herramientas del siglo XXI. Esto incluye la creación de mercados para la reutilización del agua y otros recursos derivados del tratamiento de agua, afirma **Delacámara**.



5



**Puntos clave
y acciones
recomendadas**

5

Puntos clave y acciones recomendadas

Radhika Fox

[▶ Ver vídeo](#)

[▶ Ver perfil](#)



Según el Future Trends Forum, hay motivos para el optimismo en cuanto a la gestión y preservación del agua. Y es que disponemos de herramientas y enfoques innovadores que nos permiten enfrentar este desafío de manera eficaz a través de la tecnología y de la concienciación ciudadana como forma de garantizar un uso sostenible de este recurso vital.

Para **Radhika Fox**, ex Administradora Adjunta de la Oficina del Agua de la Agencia de Protección del Medio Ambiente de EEUU, son cinco grandes áreas las que están dando forma al **futuro de la gestión del agua**:

La **escasez de recursos y el impacto del cambio climático**, que están agravando la crisis del agua en diversas regiones del mundo, es quizás el objetivo prioritario de las soluciones en gestión del agua, que deben ser a su vez sostenibles y eficientes.

Los **cambios demográficos y sociales**, como el aumento de la esperanza de vida y las nuevas formas de vida, están alterando tanto el consumo de agua como los hábitos de los consumidores. Esto plantea la necesidad de establecer nuevas soluciones para la gestión del agua que avancen junto a la sociedad.

La **urbanización acelerada** es otra de estas áreas, ya que se espera que para 2050 dos tercios de la población mundial vivan en ciudades, lo que impondrá grandes desafíos a los recursos hídricos y la infraestructura necesaria para su gestión. Para ello, las decisiones sobre el agua deben ser

principalmente locales, en función de la estructura de toma de decisiones de la sociedad, la demografía y consideraciones geográficas.

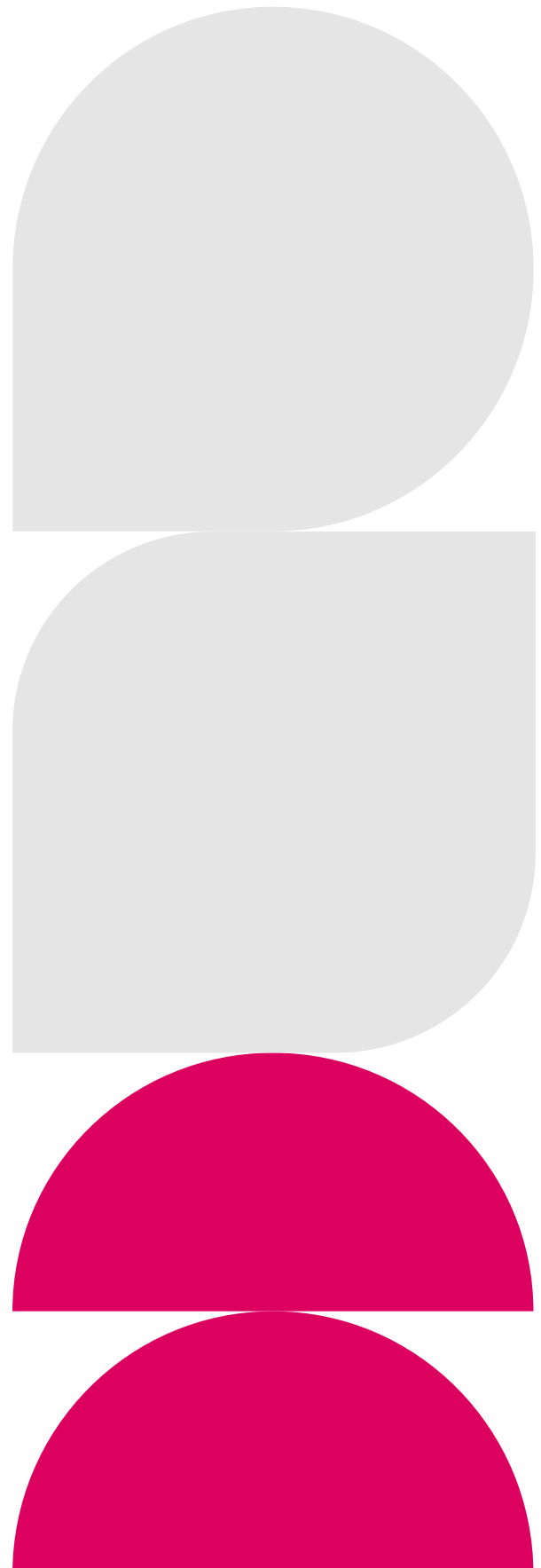
Por su parte, el **crecimiento de la desigualdad económica** está incrementando la disparidad en el acceso a los recursos hídricos, lo que se traduce en la aparición e intensificación de problemas ya existentes en muchas comunidades. Un reto para el que la gestión hídrica puede trabajar tanto en la reducción de la desigualdad como en la solución de estos problemas.

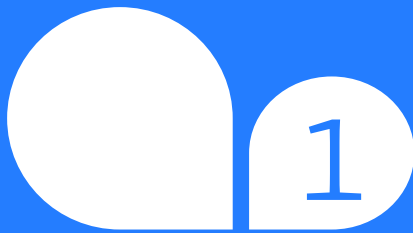
Por último, el **avance del ciclo tecnológico**, impulsado por innovaciones como la inteligencia artificial y la biotecnología, está revolucionando la forma en que se gestiona el agua, ofreciendo nuevas soluciones para enfrentar estos desafíos.

Y es precisamente este último punto el que nos permite ser optimistas respecto a los retos que suponen las demás tendencias, pues el avance tecnológico necesario para solucionar las crisis hídricas ya existe. La capacidad de los reguladores en el ámbito de la gobernanza es hoy por hoy el último elemento necesario y definitivo para que la resolución de crisis hídricas y la óptima gestión del agua sean una realidad.

¿Cómo se puede conseguir que esta intersección entre las nuevas tecnologías y la acción de los reguladores se convierta en una mejor gestión del agua?

En nuestro compromiso con la promoción de soluciones innovadoras y estrategias de colaboración intersectorial que garanticen un acceso seguro, equitativo y sostenible al agua para las generaciones futuras, basado en la experiencia de los expertos del foro, recomendamos:





Cambio de paradigma en el uso del Agua

Es necesario abandonar el enfoque tradicional de consumo intensivo de agua y adoptar un modelo sostenible centrado en la reutilización y el uso eficiente. La economía circular debe ser el eje de la gestión del agua, minimizando su impacto ambiental. Los **reguladores** deben establecer marcos normativos de largo plazo que incentiven el uso sostenible y

la reutilización, integrando precios que reflejen el verdadero coste del agua y fomenten la conservación. Las **startups**, por su parte, deben desarrollar soluciones tecnológicas que faciliten este cambio, como herramientas para la monitorización eficiente y la reducción del consumo.



2 Disponibilidad tecnológica

Aunque las tecnologías actuales permiten tratar y distribuir agua de calidad en prácticamente cualquier parte del mundo, el verdadero desafío radica en elegir la combinación de tecnologías más apropiada para cada situación particular. **No todas las tecnologías son adecuadas para todos los contextos, y la clave del éxito está en la implementación de soluciones adaptadas a las características locales y necesidades específicas.**

Las **startups** juegan un papel crucial en el desarrollo y la implementación de estas tecnologías personalizadas. Pueden ofrecer soluciones como sensores de calidad de agua, sistemas de monitorización inteligente, o herramientas de análisis basadas en inteligencia artificial que optimicen el uso de los recursos en tiempo real.

Los inversores deben apoyar financieramente proyectos que impulsen el uso de combinaciones tecnológicas que maximicen la eficiencia y minimicen el impacto ambiental. **Invertir en tecnologías que se adapten a las realidades locales** es fundamental para garantizar la sostenibilidad hídrica a largo plazo.

La **desalinización** es un ejemplo de tecnología prometedora en la gestión del agua, aunque su principal reto sigue siendo su alto consumo energético, lo que incrementa los costes operativos y las emisiones de carbono. Sin embargo, la combinación con energías renovables puede ser una solución prometedora, como lo demuestran los proyectos de energía solar y desalinización en Arabia Saudí, o las plantas desalinizadoras de Israel que utilizan energías renovables para reducir el impacto ambiental, reduciendo los costes y haciendo más viable esta tecnología a largo plazo.



3

Actividades económicas intensivas en el agua

Los sectores que más agua consumen, como la agricultura y la industria textil, se enfrentan a una presión creciente para adoptar tecnologías que reduzcan su huella hídrica y, a la vez, minimicen la contaminación. A pesar de que muchas de estas tecnologías ya están disponibles, la adopción a gran escala ha sido lenta debido a la falta de incentivos claros y el coste inicial de implementación.

En la agricultura, tecnologías como el riego por goteo, el uso de sensores de humedad y la optimización del riego mediante datos climáticos pueden reducir drásticamente el uso de agua, pero su implantación está limitada en gran parte a regiones con mayores recursos económicos o subsidios gubernamentales. Por otro lado, la industria textil ha empezado a implementar tecnologías como el uso de ozono y láser para sustituir procesos intensivos en agua, pero aún son pocas las fábricas que han hecho la transición completa.

El reto es doble: por un lado, la industria debe superar barreras financieras y técnicas para integrar estas soluciones, y por otro, los reguladores necesitan crear marcos normativos que incentiven esta transición hacia tecnologías más eficientes, y es que **sin una política de precios clara y estable los inversores privados no invertirán**. Además, es fundamental la colaboración entre startups que están desarrollando soluciones tecnológicas de bajo coste, la industria que debe adoptarlas, y los inversores que tienen la capacidad de proporcionar el capital necesario para la implementación masiva. Si estos actores trabajan en conjunto, se podrá lograr una transformación significativa en estos sectores, con efectos positivos tanto para la sostenibilidad del agua como para la reducción de los costes operativos a largo plazo.





Reutilización

La reutilización es una solución fundamental para mitigar la escasez de agua, especialmente en regiones donde las fuentes de agua dulce son limitadas. A pesar de que las tecnologías de reutilización están bien establecidas, su adopción y optimización todavía se enfrentan a desafíos relacionados con el coste, el consumo energético

y la aceptación social. Un ejemplo exitoso es Singapur, que ha implementado un enfoque integral de gestión hídrica conocido como "NEWater", donde el agua residual tratada se reutiliza tras un proceso avanzado de purificación. Este modelo ha permitido a Singapur reducir su dependencia de fuentes externas de agua



5

Gobernanza del Agua

Una gestión eficaz del agua requiere marcos regulatorios sólidos y colaboraciones entre sectores público, privado y la sociedad civil. Los **reguladores** y los responsables de la **industria del agua** deben colaborar para asegurar que se adopten las tecnologías más adecuadas en función de factores como la ubicación geográfica, los recursos energéticos disponibles, y el tipo de agua que se necesita tratar. La combinación correcta de tecnologías puede incluir desde la desalinización en zonas costeras, hasta la reutilización de aguas residuales en áreas urbanas con alta demanda.

La falta de una gobernanza adecuada es una barrera significativa para la gestión sostenible del agua. Se deben crear marcos de gobernanza inclusivos y transparentes que faciliten la cooperación entre gobiernos, la industria del agua, startups y las comunidades locales. Los **inversores** deben trabajar junto con el sector público para estructurar inversiones que promuevan infraestructuras hídrica resilientes y sostenibles. Por su parte, los consumidores deben participar activamente en la gobernanza del agua, exigiendo transparencia y rendición de cuentas en la gestión de los recursos.

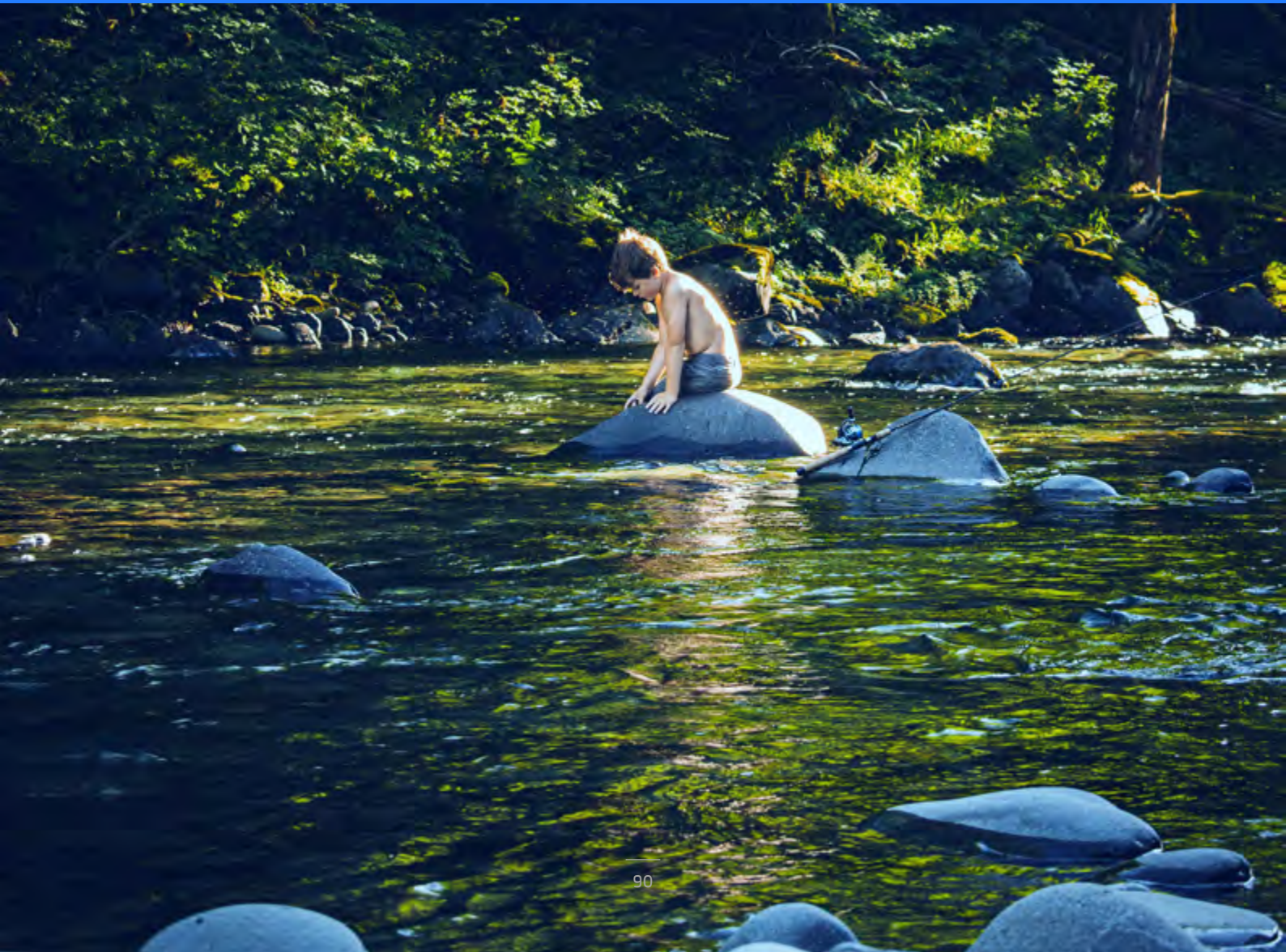


6

Educación y concienciación

La falta de conciencia pública sobre la importancia del agua limita la adopción de prácticas sostenibles. Es fundamental educar a la sociedad sobre el valor del agua y su rol en la supervivencia humana. Los **educadores** deben integrar la gestión del agua en los programas escolares, promoviendo el pensamiento crítico sobre su uso responsable desde edades

tempranas. Las **startups y la industria del agua** deben colaborar en campañas de concienciación para el público en general, resaltando la importancia de un consumo responsable. Los **reguladores** deben fomentar programas educativos que hagan hincapié en la sostenibilidad hídrica como parte de los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS).





Oportunidad para España

España, con su diversidad geográfica y su liderazgo en tecnologías de gestión hídrica, tiene una oportunidad única para posicionarse como un referente mundial en la transición hacia una gestión hídrica sostenible. Las regiones españolas, que ya se enfrentan a desafíos relacionados con la escasez de agua, como Barcelona y la Región de Murcia, están bien posicionadas para implementar soluciones innovadoras que sirvan de modelo para otros países. España debe aprovechar esta ventaja competitiva, impulsando políticas públicas que promuevan la adopción de tecnologías avanzadas, como la desalinización y la reutilización del agua.

La **industria del agua** en España debe colaborar estrechamente con startups locales y globales para desarrollar soluciones que aborden tanto la gestión del agua en sectores industriales como en el consumo

doméstico. Los **inversores** deben apoyar el desarrollo de proyectos de infraestructura hídrica sostenible en España que. Además de mejorar la resiliencia hídrica del país, posicionen a España como un líder en el ámbito de la sostenibilidad. Por último, las **startups** en España deben continuar desarrollando tecnologías que puedan ser exportadas a otras regiones con desafíos similares, contribuyendo a la mejora global en la gestión del agua.

El éxito en la gestión futura del agua dependerá de la capacidad de todos los actores involucrados para colaborar y adoptar una visión de resiliencia, sostenibilidad y equidad. Los avances tecnológicos, aunque necesarios, deben estar acompañados de un marco regulatorio sólido y una mayor conciencia pública sobre la importancia de este recurso.



Agradecimientos

Nuestro agradecimiento a todos los miembros del Future Trends Forum (FTF) asistentes a la reunión, y a los colaboradores en la organización de la reunión:

A Frances Stead Sellers, por su liderazgo y moderación en las sesiones del foro, a Carlos Duarte, autor del prólogo, a David Sedlak y Gonzalo Delacámara por su experta ayuda en el proceso de organización del foro, a Antonio Gálvez, autor de este informe, y al equipo de Prodigioso Volcán por su contribución innovadora.

Y por último, agradecer el compromiso del equipo de la Fundación Innovación Bankinter en que la innovación ayude a adelantarnos al futuro.

Las opiniones expresadas en este informe son del autor y no reflejan la opinión de los expertos que participaron en la reunión del Future Trends Forum.

Participantes

[Teresa Alvario](#)

Gerente de Cetaqua Galicia. España.

[Javier Arrieta](#)

Jefe del Departamento de I+D de Cadagua. España.

[David Balsar](#)

Director General de Innovación y Emprendimiento de Mekorot, la empresa nacional de aguas de Israel. Israel.

[Jaime Barba](#)

Director General de Idrica. España.

[Ian Barker](#)

Profesional internacional de la política y la gestión del agua, con experiencia en los sectores del agua y el medio ambiente. Reino Unido.

[Charles Bolden](#)

Ex administrador de la NASA, fundador y consejero delegado emérito de The Charles F. Bolden Group LLC y Patrono de la Fundación Innovación Bankinter. EE.UU.

[Ángel Cabrera](#)

Presidente del Georgia Institute of Technology y Patrono de la Fundación Innovación Bankinter. España/ EE.UU.

[Dongmin Chen](#)

Decano/Profesor de la Escuela de Innovación y Emprendimiento de la Universidad de Pekín y Patrono de la Fundación Innovación Bankinter. China.

[Alexandra Cousteau](#)

Cofundador y Presidente de Oceans 2050. Francia.

[Glen Daigger](#)

Profesor de Prácticas de Ingeniería en el Departamento de Ingeniería Civil y Medioambiental de la Universidad de Michigan. EE.UU.

[Antonio Damasio](#)

Catedrático Dornsife de Neurociencia, Psicología y Filosofía, y Director del Instituto Cerebro y Creatividad de la Universidad del Sur de California en Los Ángeles y Patrono de la Fundación Innovación Bankinter. EE.UU.

[Hanna Damasio](#)

Profesor, Cátedra Dana Dornsife de Neurociencia y Director del Centro Dana y David Dornsife de Neurociencia Cognitiva de la Universidad del Sur de California. EE.UU.

[Gonzalo Delacámara](#)

Director del Centro para el Agua y la Adaptación al Clima de IE University. España.

[Adil Dhalla](#)

Director Gerente, Centro START, NTUitive, y Director de Operaciones, NEWRI, NTU. Singapur.

[Carlos Duarte](#)

Cátedra de Investigación Tarek Ahmed Juffali de Ecología del Mar Rojo en la Universidad Rey Abdullah de Ciencia y Tecnología. Arabia Saudí/ España.

[Soumitra Dutta](#)

Decano de la Said School of Business de la Universidad de Oxford y Patrono de la Fundación Innovación Bankinter. India/Reino Unido.

[Efrén Feliu](#)

Responsable de Adaptación al Cambio Climático (Área de Ciudad, Territorio y Medio Ambiente) en Tecnalia. España.

[Pascual Fernández](#)

Presidente de la Asociación de Abastecimientos de Agua y Saneamiento(AEAS). España.

[Catarina Fonseca](#)

Economista Senior. IRC Asociado. Fundador de Pulsing Tide. Países Bajos/Portugal.

[Radhika Fox](#)

Ex Administrador Adjunto para el Agua en la Agencia de Protección del Medio Ambiente y Director de North Star Strategy. EE.UU.

[Carlos García](#)

Director General de GENAQ. España.

[M^a Eugenia Girón](#)

Vicepresidente del Consejo de Administración de Oceana. España.

[Yael Glazer](#)

Investigador de la Universidad de Texas en Austin. EE.UU.

[Carmen Gómez-Acebo](#)

Director de Sostenibilidad de Coca-Cola Europacific Partners Iberia. España.

[Will Hewes](#)

Responsable mundial de sostenibilidad del agua en Amazon Web Services (AWS). EE.UU.

[Alejandro Jiménez](#)

Director de Desarrollo de Negocio y Estrategia en Acciona. España.

[Jurg Keller](#)

Profesor emérito del Centro Australiano de Biotecnología del Agua y el Medio Ambiente de la Universidad de Queensland. Australia.

Richard Kivel

Director General de GrayBella Capital y Patrono de la Fundación Innovación Bankinter. EE.UU.

Sujay Kumar

Científico físico investigador en el Centro Goddard de la NASA. EE.UU.

Philip Lader

Ex embajador de EE.UU. ante la Corte de St. James's y Patrono de la Fundación Innovación Bankinter. EE.UU.

Juan Lema

Catedrático de Ingeniería Química, Universidad de Santiago de Compostela. España.

Julia Li

Fundadora y Directora General de HCD. China Alejandro Maceira Director de iAgua & Smart Water Magazine. España.

Emilio Méndez

Asesor Senior en el Departamento de Ciencia y Tecnología Energéticas del Brookhaven National Laboratory y Patrono de la Fundación Innovación Bankinter. España/ EE.UU.

Tan Chin Nam

Ex Secretario Permanente del Servicio Público de Singapur y Asesor Corporativo y Patrono de la Fundación Innovación Bankinter. Singapur.

Howard Neukrug

Director Ejecutivo del Centro del Agua de la Universidad de Pensilvania. EE.UU.

Carmen Ovejero

Líder sectorial, NextGeneration y Líder sectorial en FI Group. España

Lesley Pories

Lead Policy Analyst, WASH Financing, WaterAid. Reino Unido.

Rubén Ruiz

Director de Continuidad de Negocio en Agbar/ Veolia Water. España.

Jens Schulte-Bockum

Presidente del Consejo de Administración de Zayo Europe y Patrono de la Fundación Innovación Bankinter. Países Bajos.

David Sedlak

Catedrático Plato Malozemoff de Ingeniería Medioambiental en la Universidad de California en Berkeley. EE.UU.

Enrique Silla

Cofundador y Director General de Jenealogia. España.

Álvaro Silva

Agua, Medio Ambiente y Sostenibilidad Consultor Independiente. España.

Scott Simon

Escritor y locutor de radio NPR y Patrono de la Fundación Innovación Bankinter. EE.UU.

Pedro Simón

Director Técnico de ESAMUR y de la Visión del Agua en Murcia. España.

Santi Singla

Director de Desarrollo de Negocio en Regaber e Hidroglobal. España.

Sheila Stamps

Experta financiera y profesional de la gestión de riesgos y Patrono de la Fundación Innovación Bankinter. EE.UU.

Alejandro Sturniolo

Vicepresidente de Marketing y Sostenibilidad, H2O Innovation, Desalinización, Reutilización de Aguas Residuales, Water Positive. España.

Stephen Trachtenberg

Presidente emérito de la Universidad George Washington. EE.UU.

Wilfried Vanhonacker

Cofundador y exdecano de CEIBS (Shanghái) y MSM Skolkovo (Moscú) y Patrono de la Fundación Innovación Bankinter. Bélgica/China.

José Vázquez

Responsable de Desarrollo de Negocio Zona Norte en Aqualia Industrial. España.

Grace Xin Ge

Presidenta y CEO en funciones de Hyperganic y Patrono de Fundación Innovación Bankinter. China/Reino Unido.

Domingo Zarzo

Director de Innovación y Proyectos Estratégicos de Sacyr Agua. España.

Juan Antonio Zufiria

Presidente de la Fundación Innovación Bankinter. Ex Vicepresidente Senior de IBM/ Vicepresidente de la Real Academia de Ingeniería. España.

fundación
innovación
bankinter.

