

wm.

AGUA Y ECONOMÍA



APOYA



LOS OBJETIVOS DE DESARROLLO SOSTENIBLE DE NNUU

El 2 de Marzo de 2016, organizaciones de ingeniería civil de más de 50 países firmaban la declaración de Madrid, mostrando el compromiso de la ingeniería civil con la consecución de los Objetivos de Desarrollo Sostenible de NNUU

OBJETIVOS DE DESARROLLO SOSTENIBLE



EDITORIAL

Ramiro Aurín Lopera **2**

LA ECONOMÍA CIRCULAR DEL AGUA: DIRECCIÓN OBLIGATORIA

Ángel Simón Grimaldos **4**

LA ASAMBLEA GENERAL DE LAS NACIONES UNIDAS HA PROCLAMADO UN TERCER DECENIO, EL DECENIO INTERNACIONAL DE LAS NACIONES UNIDAS PARA LA ACCIÓN: «AGUA PARA EL DESARROLLO SOSTENIBLE» (2018-2028)

Siroddjin Aslov
Josefina Maestu **12**

LA IMPORTANCIA DE LA I + D PARA EQUILIBRAR EL SUMINISTRO DE AGUA POTABLE CON UN MEDIO AMBIENTE SALUDABLE

Peter Goodwin
Andrew W. Tranmer **16**

TRAE CUENTA RECONOCER EL VALOR DEL AGUA

Tomás Ángel Sancho Marco **30**

HACIA UNA GESTIÓN INTEGRADA DE LOS RECURSOS HÍDRICOS: LA CRECIENTE APUESTA DE CAF POR EL AGUA

Víctor Arroyo **44**

CANAL DE ISABEL II MODELO DE GESTIÓN PARA EL SIGLO XXI

Belén Benito Martínez **52**

ANÁLISIS DE LA EFICIENCIA EN LA PRESTACIÓN DEL SERVICIO DEL CICLO INTEGRAL DEL AGUA: EL CASO ESPAÑOL

Lorenzo Dávila Cano **62**

PAPEL Y RESULTADOS DEL ANÁLISIS ECONÓMICO EN LOS PLANES DE CUENCA EN ESPAÑA

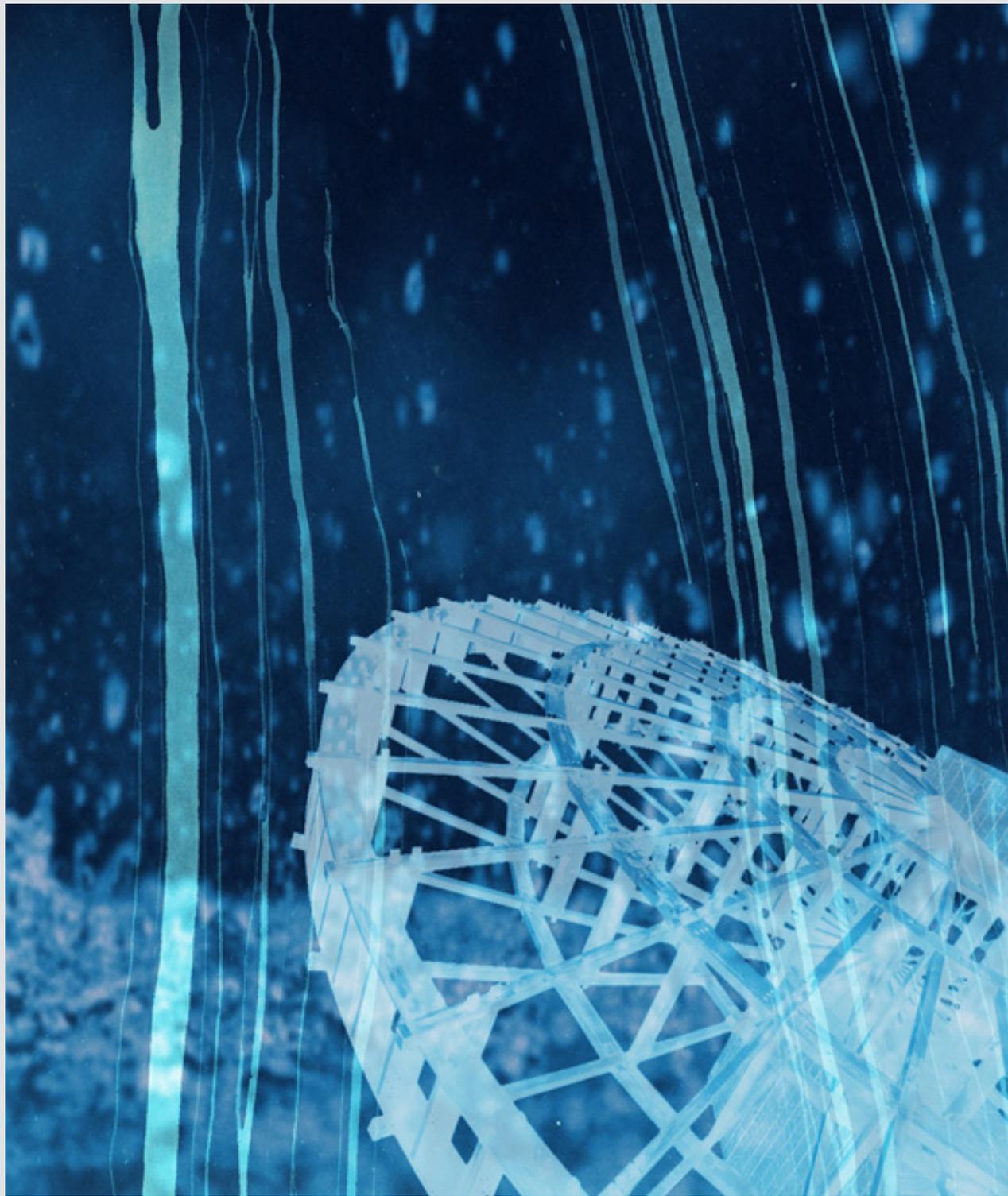
Josefina Maestu
Alberto del Villar **72**

El agua lo es todo. Es el principal componente de nuestro cuerpo y su consumo (junto con el oxígeno del aire) es imprescindible para seguir vivos. El agua no sólo condiciona de forma cotidiana nuestra salud y nuestro acceso a los alimentos, sino que también condiciona en menor o mayor medida toda actividad económica, empezando por la producción de energía. La disponibilidad suficiente y sostenible de agua potable y saneamiento proporciona acceso a la salud y a una vida lo bastante digna para evitar las peores psicopatías individuales y sociales. Podemos afirmar que el primer paso para erradicar la pobreza extrema debe ser siempre dotar a las comunidades de acceso sostenible al agua potable y al saneamiento en su entorno específico, mediante los sistemas más autónomos posibles.

En el supuesto de haber logrado erradicar la pobreza extrema que impide que las personas puedan llevar una vida digna, el desarrollo de nuevas actividades económicas exigiría una disponibilidad suplementaria de agua. Dicho de otra forma, el desarrollo económico de una comunidad se halla limitado y condicionado por la disponibilidad de agua. Si imaginamos mentalmente una comunidad recién creada, además de la necesidad de agua para el abastecimiento de las personas y la producción de alimentos, cada nueva actividad productiva supondría una necesidad de agua adicional. Sin duda en un sistema cerrado de este tipo la circularidad de los procesos y la consideración simultánea (holística) de todas las actividades permitiría optimizar los recursos naturales en general, y el hídrico en particular; pero pese a ello, y de forma más evidente en un sistema cerrado, el crecimiento y el desarrollo se verían limitados por la necesidad de contar con suficiente agua adicional para cada nuevo avance. Aunque un nuevo análisis global permitiera realizar nuevas optimizaciones, las necesidades marginales de agua nunca serían cero.

De forma que el análisis de cada entorno como un sistema cerrado proporcionaría algo así como un presupuesto cero para la necesidad de agua tanto en la situación actual, como en la planificación realista del desarrollo económico y demográfico de un territorio, mostrando de forma clara y directa la necesidad del recurso hídrico en cada escenario, lo que garantizaría un desarrollo sostenible, en lugar de precario.

El agua lo es todo, y por lo tanto es necesario colocarla en el centro de la reflexión sobre el futuro económico de los territorios y sus comunidades.



Del Agua depende no solo la vida si no cada paso adelante. (© Ilustración: Hiroshi Kitamura)

LA ECONOMÍA CIRCULAR DEL AGUA: DIRECCIÓN OBLIGATORIA

Ángel Simón Grimaldos



DESCRIPTORES:
ECONOMÍA CIRCULAR
ECOLOGÍA INDUSTRIAL
SOSTENIBILIDAD
AGUA
ENERGÍA
SERVICIOS
RESIDUOS

El concepto de la economía circular tiene muchas variantes y un rico conjunto de antecedentes históricos basados en la investigación de la ecología industrial. En «Strategies for Manufacturing», que se identifica como el inicio de la ecología industrial, Robert Frosch y Nicholas Gallopoulos (1989) realizaron una comparación de los ecosistemas industriales con los ecosistemas biológicos. El conjunto de ideas basado en una analogía biológica en diversos grados y formas ha sido examinado de muchas maneras. Entre ellas se encuentran las «Cuatro Leyes de la Ecología» de Commoner (1971), las nociones de cierre y desaceleración de los bucles (Stahel y Reday-Mulvey, 1981), el

metabolismo industrial y socioeconómico (Ayres, 1994) y el «de la cuna a la cuna» (frente a «de la cuna a la tumba») de McDonough y Braungart, (2002).

Pero sintetizando podemos decir que la economía circular es un concepto económico que se interrelaciona con la sostenibilidad, y cuyo objetivo es que el valor de los productos, los materiales y los recursos (agua, energía,...) se mantenga en la economía durante el mayor tiempo posible, y se reduzca al mínimo la generación de residuos. Se trata de implementar una nueva economía circular, en lugar de lineal, basada en el principio de «cerrar el ciclo de vida» de los productos, los servicios, los residuos, los materiales, el agua y la energía.

ASPECTOS DE LA ECONOMÍA CIRCULAR

La economía circular es la intersección de los aspectos ambientales y económicos de los procesos productivos.

El sistema lineal de nuestra economía (extracción, fabricación, utilización y eliminación) ha alcanzado sus límites. Empieza a vislumbrarse, en efecto, el agotamiento

de una serie de recursos naturales y de los combustibles fósiles. Por lo tanto, la economía circular propone un nuevo modelo de sociedad que utilice y optimice los stocks y flujos de materiales, energía y residuos, y cuyo objetivo es la eficiencia en el uso de los recursos.



Fig. 1. Parque inundable La Marjal, Alicante.

En un contexto de escasez y fluctuación de los costes de las materias primas, la economía circular contribuye a la seguridad del suministro y a la reindustrialización del territorio nacional.

Los residuos de unos se convierten en recursos para otros. El produc-

to debe ser diseñado para ser desmantelado al final de su primera vida. La economía circular logra convertir nuestros residuos en materias primas, paradigma de un sistema de futuro.

Finalmente, la economía circular es generadora de empleo. El sector de la gestión de los residuos repre-

senta en España miles de puestos de trabajo, sin que ni siquiera se vislumbrase su techo. Este sistema es intrínsecamente un sistema generador de empleo local no transferible, dada que su implementación efectiva pasa por aproximar la actividad circular al punto de consumo.

BENEFICIOS DE LA ECONOMÍA CIRCULAR



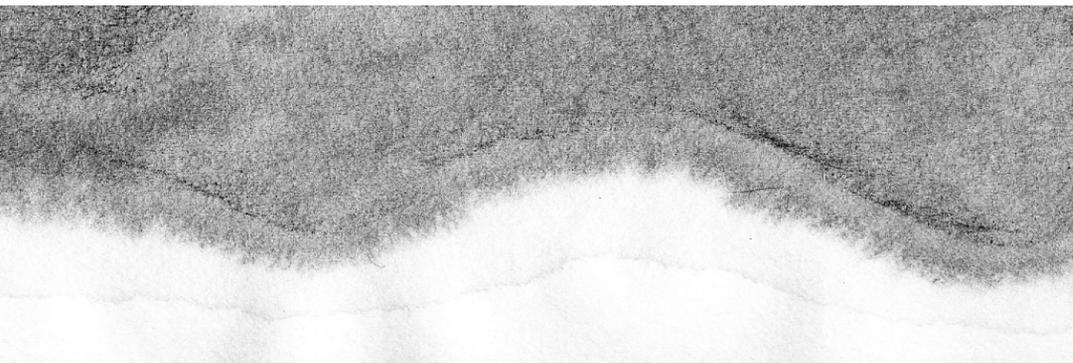
El desarrollo de la economía circular debería ayudar a disminuir el uso de los recursos, a reducir la producción de residuos y a limitar el consumo de energía. Debe participar igualmente en la reorientación productiva de los países. En efecto, además de los beneficios ambientales, esta actividad emergente es creadora de riqueza y

empleo (incluyendo las del ámbito de la economía social) en todo el conjunto del territorio y su desarrollo debe permitir obtener una ventaja competitiva en el contexto de la globalización.

«Una Europa que utilice eficazmente los recursos» es una de las siete iniciativas emblemáticas que forman

parte de la estrategia Europa 2020 que pretende generar un crecimiento inteligente, sostenible e integrador. Actualmente es la principal estrategia de Europa para generar crecimiento y empleo, con el respaldo del Parlamento Europeo y el Consejo Europeo.

Esta iniciativa emblemática ofrece un marco de medidas a largo



plazo y, de manera coherente, otras a medio plazo entre las cuales ya está identificada una estrategia destinada a convertir a la UE en una «economía circular» basada en una sociedad del reciclado a fin de reducir la producción de residuos y utilizarlos como recursos.

En 2014, el entonces Comisario Europeo de Medio Ambiente, Janez Potocnik, durante el 3º Fórum Internacional sobre Economía y Eficiencia de los Recursos, señaló que es

necesario transformar Europa en una economía eficiente en los recursos: «Pero la eficiencia por sí sola no es suficiente... La parte integral del enfoque de la UE para la eficiencia de los recursos debe desmarcarse de la economía lineal –donde se extraen los materiales de la tierra para fabricar los productos, usarlos y luego eliminarlos–, hacia una economía circular donde los residuos y los subproductos, del final de vida de los productos usados, entran de nuevo en el ciclo

de producción como materias primas secundarias.» En definitiva, «el uso de residuos como la principal fuente de materia prima fiable es esencial para la Unión Europea».

«Existe una fuerte motivación económica y empresarial a favor de la economía circular y la eficiencia de los recursos. De hecho, la Comisión Europea, como órgano colegiado, ha adoptado la eficiencia de los recursos como un pilar central de su estrategia económica estructural Europa 2020.»

EL AGUA, EJEMPLO DE CIRCULARIDAD

El agua es en muchos sentidos un ejemplo de circularidad. Durante los últimos 3.800 millones de años, el agua de la Tierra, 1.400 millones de km³, ha circulado continuamente a través de las muchas etapas y procesos del ciclo hidrológico impulsada por la energía del sol. En los últimos cien años, apenas un instante en el tiempo planetario, las actividades humanas han comenzado a interrumpir esta circularidad bien ajustada arriesgando tanto nuestra prosperidad futura, como la salud del planeta.

Vivimos en un planeta «azul», pero la mayoría del agua no está en una forma o un lugar que permita disponer de ella. Casi toda es agua de mar, únicamente el 2,5% es agua dulce y la mayor parte de ésta se halla fuera de nuestro alcance, encerrada en capas de hielo, glaciares o en profundos acuíferos subterrá-

neos. El porcentaje real fácilmente accesible para nosotros es el 0,007% del total. Afortunadamente esta es una pequeña fracción de un número muy grande, por lo que de hecho hay volumen más que suficiente para satisfacer las necesidades de la población humana. El reto está en la gestión de este agua realmente disponible (dejando al margen, de momento, la desalación, que genera lo que podemos llamar un «recurso nuevo» aunque esta opción lamentablemente conlleve, en general, una alta huella de carbono).

En muchas áreas del mundo este reto no se está cumpliendo suficientemente, lo que lleva a una multiplicidad de oportunidades perdidas e impactos negativos. Estas consecuencias inevitablemente se hacen más graves a medida que se reduce el nivel de desarrollo económico.

Efectivamente, son los países menos desarrollados los que sufren las consecuencias más extremas de la falta de gestión de los recursos hídricos. En muchos países africanos las personas deben caminar durante muchas horas cada día para recoger agua de fuentes que a menudo están contaminadas. Esta tarea suele recaer en las mujeres, que son más vulnerables a la violencia, o en los niños, que entonces comprometen su educación. El agua de mala calidad provoca enfermedades. Peor aún, según la ONU las enfermedades del agua o por el agua causan la muerte de más de 3,4 millones de personas al año, la mayoría niños menores de cinco años.

La experiencia en un proyecto en la comunidad otomí de Amialco en México, en el que colaboramos, demostró que la implementación de

un sistema de gestión circular simple –recolección de agua, depuración y reutilización en huerto de las aguas grises, baños secos y compostaje de las heces para uso agrícola– en la unidad familiar, en un lugar árido, con apenas agua potable disponible, reducía en un 90% los problemas de salud, y casi doblaba, con el conjunto de efectos de la intervención, la renta familiar. Los múltiples ejemplos en el primer mundo son menos dramáticos en lo personal y más determinantes en lo planetario.

Es por lo tanto más que razonable pensar que llevar hasta sus últimas consecuencias los postulados de la economía circular no es una opción, si no la única opción.

El agua es de gran importancia desde el punto de vista del capital natural –lagos, ríos, humedales, aguas subterráneas y mares–, y de una importancia económica real. Por lo tanto, el vínculo económico circular aquí es preservar y mejorar

este capital natural. En primer lugar, antes que degradar continuamente las fuentes de agua, las prácticas regenerativas deben aplicarse a las partes del ciclo natural del agua bajo la gestión humana.

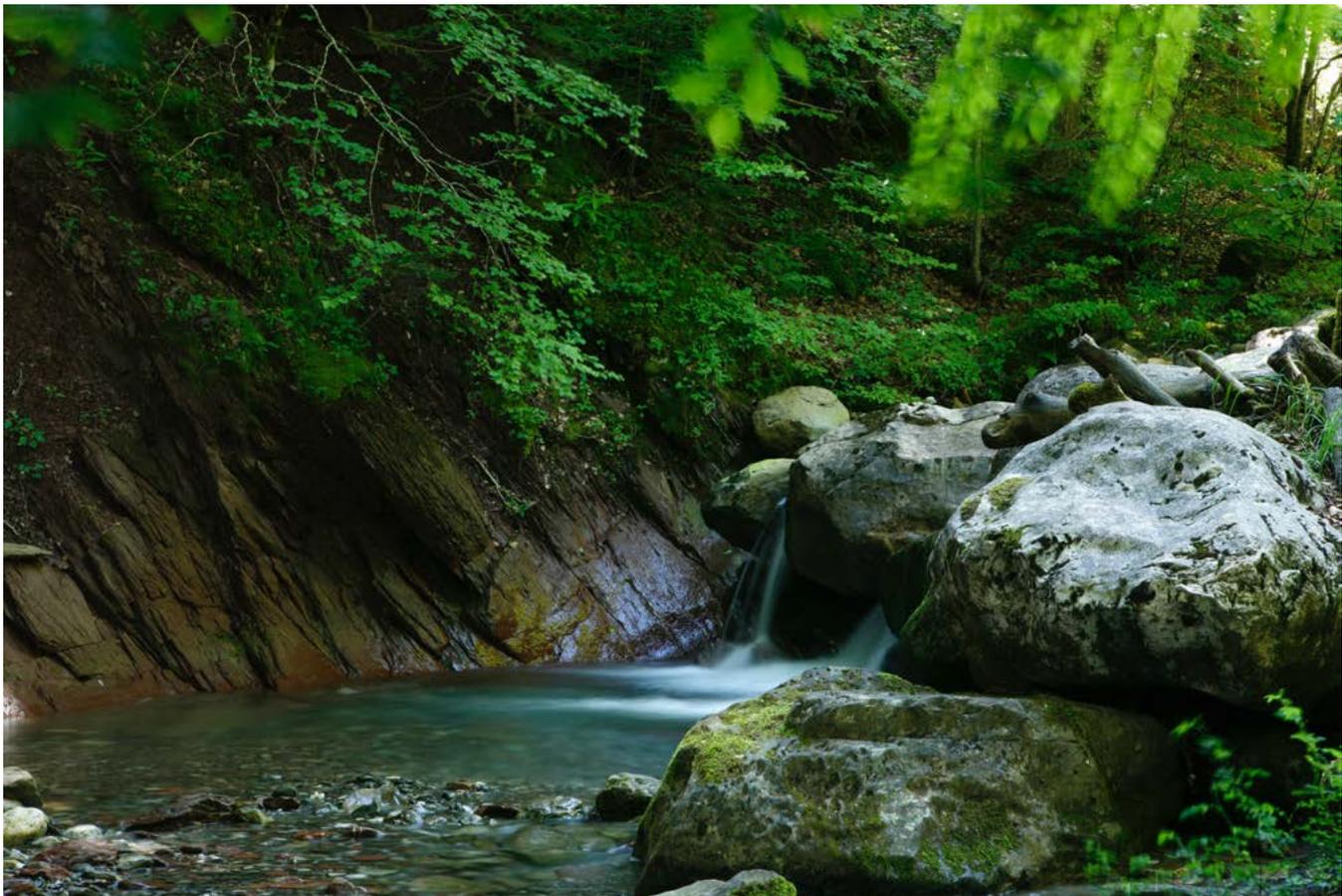
En segundo lugar, el agua es un recurso. Su presencia es una condición fundamental para la producción de energía, los procesos industriales y la agricultura. Así que necesitamos encontrar una manera de desacoplar el crecimiento económico y el aumento del consumo. Esencialmente, necesitamos usar agua sin consumirla. Esto significa que los procesos de producción deben ser diseñados para mantener ciclos de agua eficaces y eficientes.

Por último, el agua se vende como producto. Después de someterse a altos niveles de refinamiento para convertirse en agua del grifo o agua embotellada, después de su consumo se transforma inmediatamente en aguas residuales.

¿Cómo podríamos hacer circular el agua a su máximo valor y eliminar el concepto de «residuos»? La respuesta está en la extracción de materiales valiosos, nutrientes y energía de las aguas residuales antes de que vuelvan a utilizarse para otro fin o de que regresen con seguridad al ciclo natural del agua. La forma en que usamos el agua podría ser descrita como lineal: aplicar costosos procesos de tratamiento antes de «usarla», y luego aplicar procesos de tratamiento más caros antes de descargarla aguas abajo. Este sistema tiene numerosas ineficiencias, fugas y disfunciones que presentan efectos perjudiciales para la salud de las personas y el medio ambiente.

Debemos volver a considerar nuestro modelo actual y explorar la transición a uno más circular por varias razones:

— Riesgos de la oferta: una creciente población mundial que es cada





- vez más urbana. La demanda de agua está aumentando en un 2% al año. Un 25% de las ciudades ya sufren estrés hídrico. Para 2040 la demanda mundial podría superar la oferta en un 50%.
 - Daño económico: el Banco Mundial ha identificado muchas regiones donde la escasez de agua podría frenar el crecimiento económico. En la India el costo para la economía de agua y saneamiento inadecuados se estima en 6,4% del PIB.
 - Desechos estructurales: la forma en que actualmente utilizamos el agua es a menudo ineficaz. La agricultura representa el 70% de la utilización de agua dulce a nivel mundial, pero sólo el 40% de este agua llega a las plantas. El agua que la Ciudad de México pierde cada año por tuberías con fugas es suficiente para abastecer a toda Roma. Ambos son problemas tecnológicos resueltos.
 - Sistemas naturales degradados: el 20% de los ríos del mundo ya no llegan al mar. La mitad de los ríos y lagos del mundo están contaminados por aguas residuales que hacen precaria la vida natural en su seno. Las zonas muertas causadas por la escorrentía de nutrientes son una característica común de las zonas costeras. La contaminación del agua causa en promedio 250 millones de casos de enfermedad cada año.
 - Los riesgos del cambio climático: el clima se vuelve más impredecible a medida que aumentan las temperaturas globales, lo que provoca lluvias más intensas en algunas zonas, y mayores sequías en otras partes. El evento climático que podía ocurrir 1 vez en 100 años, ocurrirá en el futuro 3 veces cada 20 años.
- Y si hay motivos de peso para que busquemos el acceso a una economía circular como salida al atolladero en que nos encontramos, también hay pistas que nos conducen a ella como evolución natural de nuestro sistema:
- Presión reguladora: el Objetivo de Desarrollo Sostenible número 6 de la ONU tiene como objetivo «mejorar la calidad del agua y aumentar de forma segura el reciclaje y la reutilización». El Plan Decenal de China tiene como objetivo mejorar la gestión del agua y proteger el medio ambiente acuático. Las directrices sobre responsabilidad corporativa con respecto al uso del agua, cada vez más adoptadas por las grandes empresas, evalúan el impacto de las operaciones corporativas en los recursos hídricos mundiales.
 - Los avances tecnológicos: los sensores inteligentes combinados con el análisis «big data» permiten

a las empresas, administradores de edificios y autoridades de la ciudad administrar el agua con mayor eficacia. La nueva tecnología de recuperación de recursos permite extraer una gama más amplia de materiales útiles de las aguas residuales.

- Nuevos modelos de negocio: en el futuro, los servicios públicos no sólo podrán purificar, entregar, recolectar y tratar el agua, sino también extraer y vender recursos de las aguas residuales. Las plantas de aguas residuales podrían convertirse en biofactorías que acepten una amplia variedad de materiales orgánicos convirtiéndolos en productos o subproductos útiles o bien valorizándolos energéticamente.

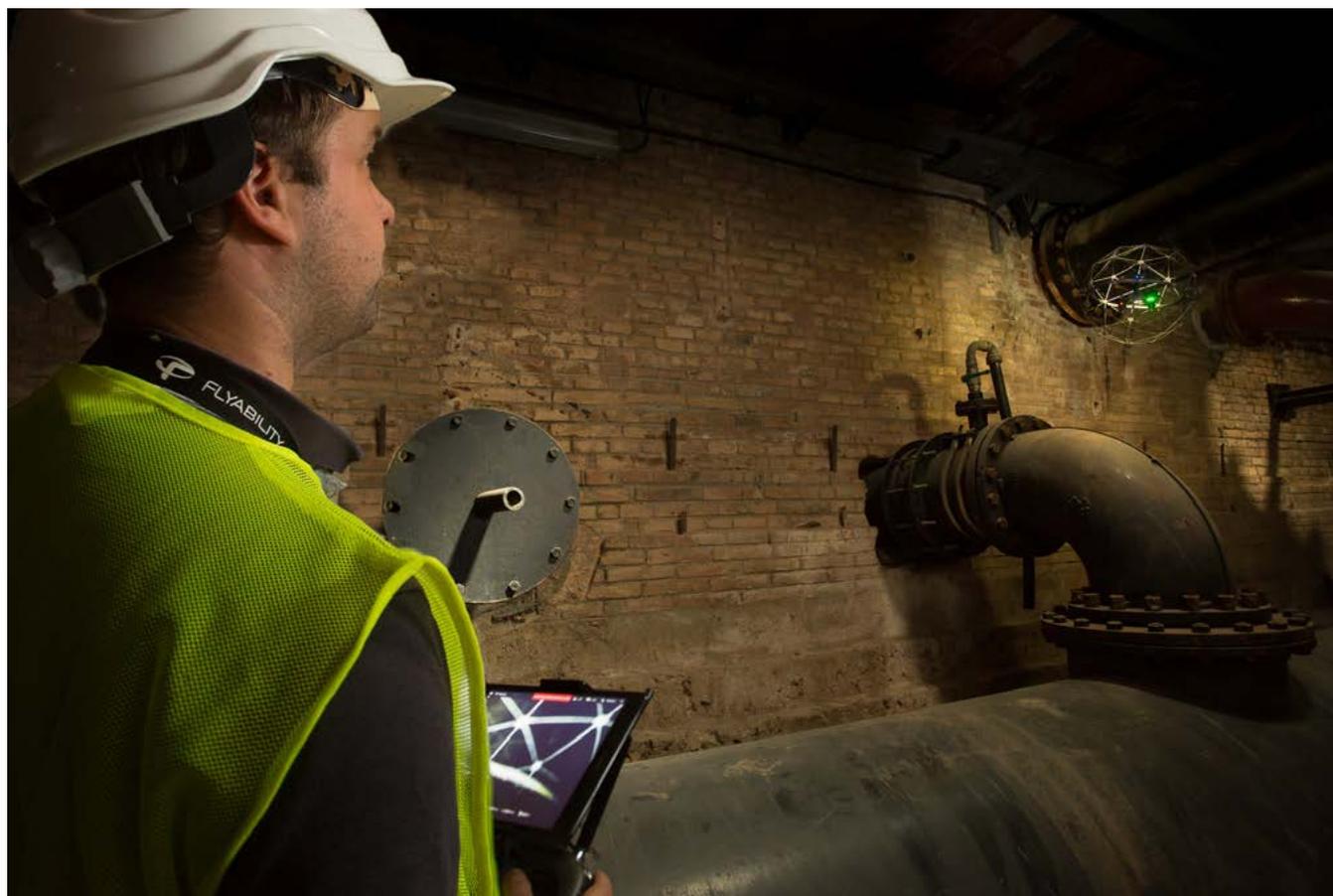
Así pues ya tenemos algunas ideas que podrían ser inmediatamente implementadas a nuestra

relación con el agua en el contexto de una economía circular:

- El pensamiento sistémico: La gestión de los recursos hídricos debe abordarse con una mentalidad holística y sistémica. Un ejemplo radica en la influencia sobre las fuentes de agua, que sirven a las ciudades, de la gestión de las tierras en las cuencas hidrográficas. Se estima que la mejora de las prácticas agrícolas en sólo el 0,2% de esas tierras en todo el mundo mejoraría la calidad del agua de 600 millones de habitantes de la ciudad. Este enfoque es a menudo más barato que construir plantas de tratamiento de agua más caras, pero además mejora la salud y los medios de vida de las comunidades y hábitats rurales. La agricultura regenerativa es otro ejemplo del pensamiento sistémico aplicado al agua: la tierra fuer-

temente degradada aumenta hasta 30 veces su tasa de infiltración. Por el contrario una agricultura cuyo enfoque predominante sea el aumento del contenido orgánico del suelo genera una plétora de beneficios, entre ellos y no el menor la reducción o incluso la eliminación de la necesidad de riego, como se ha conseguido en algunas zonas de Brasil adoptando métodos de revitalización de los ecosistemas.

- Aproximación a sistemas de bucle cerrado: intentar retener los recursos hídricos en el sistema permitiendo que sean usados una y otra vez. Cerrando el bucle invariablemente se generan beneficios adicionales más allá de reducir el consumo de agua. Hay numerosos ejemplos de éxito en todo el mundo. Aplicado a compañías de uso intensivo de agua como las grandes compañías de





lavado de ropa de hostelería, hospitales, etc. La instalación de plantas de reciclado del agua del ciclo de lavado inicial y su utilización en el ciclo subsiguiente de aclarado, conduce a una reducción del 30% en el uso general del agua. Un beneficio secundario es que el calor se retiene en el agua reciclada, eliminando la necesidad de elevar la temperatura del agua del ciclo de enjuague. Además, la temperatura más alta del ciclo de aclarado abre los poros de las sábanas y toallas, reduciendo la duración de la etapa de secado final. Se reduce pues, como consecuencia del mayor aprovechamiento del agua, la demanda de energía de forma significativa. En términos económicos el ahorro llega al 25%.

Los sistemas cerrados de agua pueden ser completos o parciales, y trabajar en todas las escalas de la ciudad: el 30% de la demanda de agua de Singapur es proporcionada, vía reciclaje, por la industria de aguas residuales. En Qatar una planta de licuado de gas recicla 450.000m³ de agua al día, el equivalente al 50% de la demanda total del país. El edificio Solaire de Nueva York recicla 750.000 litros diarios de aguas residuales. Esto reduce la demanda de agua en un 50%, el volumen de descarga de agua sucia en un 60%, y también reduce significativamente la demanda de energía del edificio.

Si los recursos en las aguas residuales pudieran ser valorizados, entonces el tratamiento de las mismas podría pasar de ser un coste que bloquea la generalización de la

reutilización a ser una «fábrica de recursos» generadora de ingresos que la facilita, con el consiguiente impacto positivo en la disponibilidad presente y futura de los recursos de agua dulce. Presente, porque el agua reutilizada deja disponible para otro uso la que ha sido sustituida, y futura, porque se ha evitado la contaminación por aguas residuales no tratadas del medio hídrico.

«Valor en cascada» es un concepto utilizado cuando se hace referencia a nutrientes biológicos en la economía circular. Cuando se aplica a aguas residuales se refiere al proceso de extracción de valor en una serie de etapas que comienzan con productos de alto valor, tales como productos químicos especializados, seguidos por fertilizantes, energía, agua y biosólidos. Este producto final es funda-



Fig. 6. La Marjal, el primer parque inundable de España.

mental para cerrar el bucle y contribuir a la regeneración de nutrientes en los suelos del planeta. Todavía se están desarrollando tecnologías para extraer materiales de alto valor, pero la recuperación de energía y nutrientes de las aguas residuales ya está bastante bien establecida.

A nivel de país, el oculto y vasto movimiento de agua en los productos y cosechas en todo el mundo se conoce a veces como «agua virtual». Se ha estimado que la India, exporta cada año 38 mil millones de metros cúbicos de agua virtual sólo en sus exportaciones de algodón. Esto equivale al 85% de la demanda de toda su vasta población. Modificando la forma en que produce el algodón, por ejemplo utilizando técnicas de riego más eficientes y siendo más específicos con el uso de fertilizantes

y otros insumos, esta cantidad de agua virtual podría reducirse a la tercera parte.

Evolucionar hacia una economía circular del agua consiste en estimular los ciclos naturales del agua, sincronizándonos primero con ellos y optimizándolos después, en lugar de cambiar a un nuevo paradigma más costoso, y más que probablemente, menos sostenible.

La naturaleza ya circula agua eficazmente y tiene procesos que regulan el flujo, mantienen una alta calidad y aseguran (dentro de un orden) contra la sequía. Utilizando la naturaleza como mentor, aplicando el conocimiento existente y los principios de la economía circular, como el pensamiento sistémico u holístico, además de sistemas de bucle cerrado y retención de valor, podemos evitar

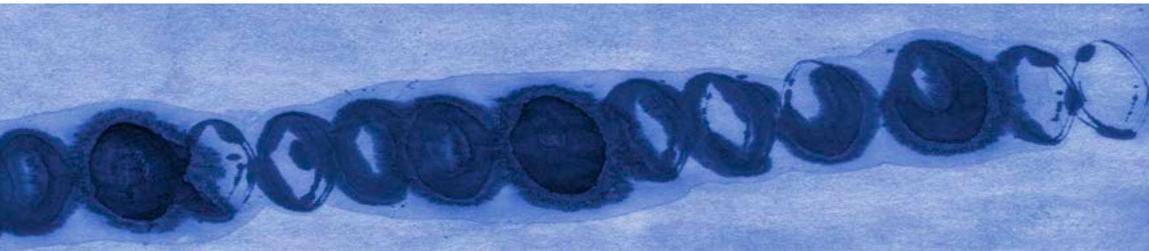
la crisis del agua que muchos predicen y asegurarnos un futuro de agua suficiente para todos, en un contexto adaptativo (resiliente), en el sentido de que la tecnología y una gobernanza innovadora (holística o sistémica) nos permitirán usar el mismo agua una y otra vez interfiriendo cada vez menos con la naturaleza, tanto en la retirada del recurso del ciclo natural como en la entrega tras los usos.

Ángel Simón Grimaldos
Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos
Presidente de la Fundación AQUAE

LA ASAMBLEA GENERAL DE LAS NACIONES UNIDAS

HA PROCLAMADO UN TERCER DECENIO, EL DECENIO INTERNACIONAL DE LAS NACIONES UNIDAS PARA LA ACCIÓN: «AGUA PARA EL DESARROLLO SOSTENIBLE» (2018-2028)

Sirodjidin Aslov y Josefina Maestu



DESCRIPTORES:
NACIONES UNIDAS
TERCER DECENIO
DESARROLLO SOSTENIBLE
EL AGUA, FUENTE DE VIDA
TECNOLOGÍA ECOLÓGICA
ALIANZAS
DIFUSIÓN DEL CONOCIMIENTO

La Asamblea General de las Naciones Unidas ha aprobado durante su septuagésima primera sesión la Resolución A/C.2/71/L.12/Rev.1 para un Nuevo Decenio Internacional para la Acción: «Agua para el Desarrollo Sostenible» (2018-2028). La Resolución acordada ha sido el resultado de un largo proceso de negociaciones técnicas y políticas llevadas a cabo de forma magistral por el Presidente del Gobierno de Tayikistán con diferentes socios. La Resolución ha recibido un apoyo insólito, como indica el hecho de que fue aplastantemente respaldada por 189 Estados Miembros.

La Resolución funciona bien porque:

1. *Reconoce que el Programa inconcluso de Agua y Saneamiento, y la importancia del agua para el desarrollo sostenible* son los principales motivos que justifican un nuevo Decenio para la Acción.

La Resolución explica que «la falta de acceso a fuentes de agua potable y a servicios básicos de saneamiento e higiene adecuados, los desastres relacionados con el agua, y la escasez y la contaminación del agua se exacerbarán

con la urbanización, el crecimiento de la población, la desertificación, la sequía y fenómenos meteorológicos extremos, el cambio climático y también con la falta de capacidad para garantizar la gestión integrada de los recursos hídricos... Muchos ecosistemas relacionados con el agua están amenazados por la mala gestión y el desarrollo no sostenible, y afrontan mayor incertidumbre y riesgos debido al cambio climático y a otros factores». La centralidad del agua es explícita en la Resolución, puesto que realza que «el agua es fundamental para el desarrollo sostenible y la erradicación de la pobreza y el hambre; que el agua, la energía, la seguridad alimentaria y la nutrición están relacionados; y que el agua es indispensable para el desarrollo, la salud y el bienestar humanos, y es un elemento vital para lograr los Objetivos de Desarrollo Sostenible y otros importantes objetivos en materia social, ambiental y económica».

2. *Establece los objetivos para el Decenio* según los Objetivos y las metas relacionados con el agua acordados de forma internacional en la Agenda 2030.

La Resolución establece los objetivos importantes del Decenio: «hacer mayor hincapié en el desarrollo sostenible y la ordenación integrada de los recursos hídricos para lograr los objetivos sociales, económicos y ambientales..., incluidos los enunciados en la Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible». Concede especial importancia a «promover el uso eficiente del agua a todos los niveles, teniendo en cuenta el nexo entre el agua, la energía, los alimentos y el medio ambiente».

En calidad de Decenio para la Acción, se han incluido algunos objetivos muy específicos, tales como: «la ejecución y promoción de programas y proyectos conexos, así como el fomento de la cooperación y las alianzas a todos los niveles».

Las cuestiones de género, una de las prioridades del Decenio «El Agua, Fuente de Vida» (2005-2015), siguen siendo una preocupación, puesto que la Resolución reconoce que: «la lentitud de los progresos en la promoción de la incorporación de la perspectiva de género y el empoderamiento de las mujeres, y en hacer frente a las dificultades existentes en esos ámbitos, obstaculiza el logro de los Objetivos de Desarrollo Sostenible y sus metas».

3. *Pide explícitamente construir sobre la base de la experiencia del Decenio «El agua, Fuente de Vida» (2005-2015) y otros procesos de la ONU y exteriores a ella.*

La Resolución menciona la necesidad de construir a partir del Decenio «El Agua, Fuente de Vida», que incluye el Informe del Secretario General sobre el Decenio y las nuevas medidas establecidas en 2016: «Observa que el Secretario General y el Presidente del Banco Mundial han establecido el Grupo de Alto Nivel sobre el Agua. Reconoce la importancia de los Años

y Aniversarios Internacionales, y del propio Decenio Internacional para la Acción: “El agua, Fuente de Vida” (2005-2015), así como la Resolución del derecho humano al agua potable y el saneamiento».

La Resolución recuerda que hasta ahora se han hecho progresos y que podemos seguir construyendo en base a lo que hemos aprendido.

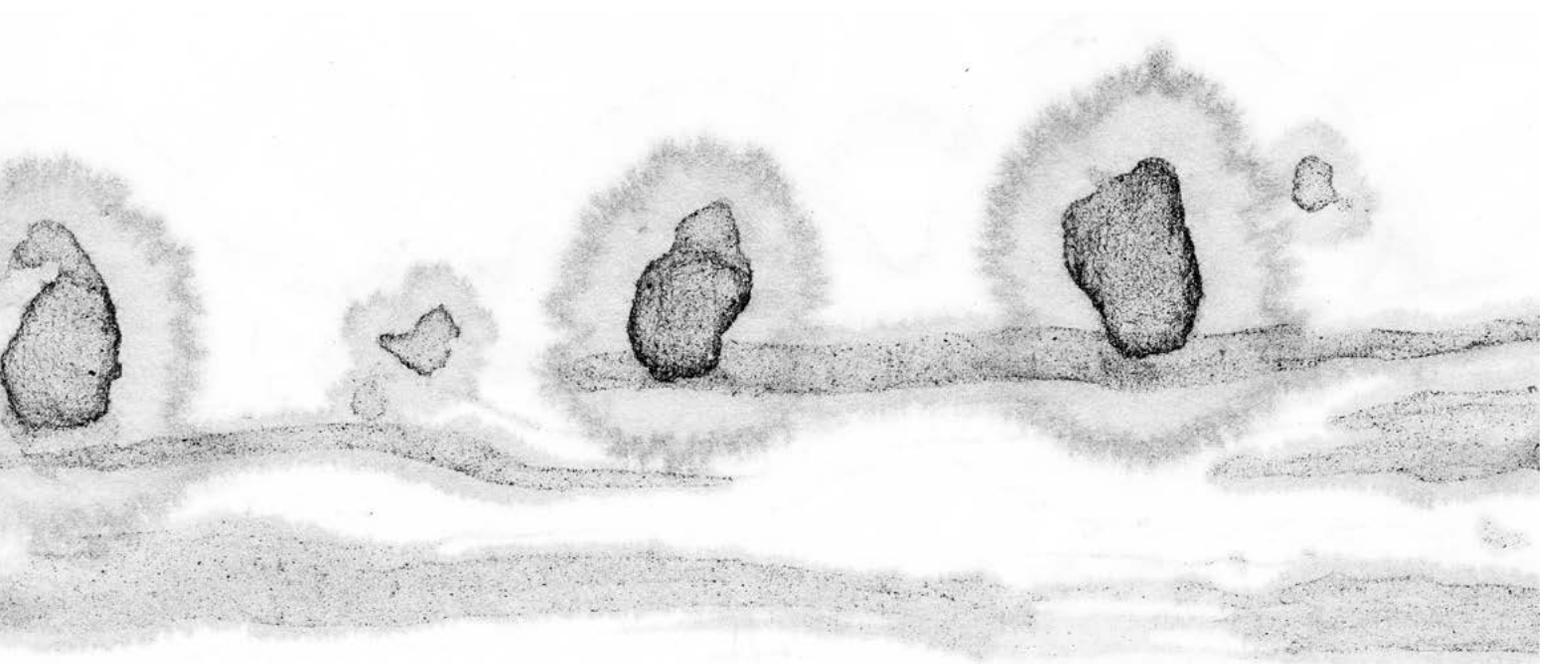
Aporta algunas referencias específicas para una ejecución sustancial del Decenio. Llama a utilizar «el Informe de las Naciones Unidas sobre el Desarrollo de los Recursos Hídricos en el Mundo, *Agua para un Mundo Sostenible*; el informe de la conferencia internacional anual de ONU-Agua celebrada en Zaragoza (España) en 2015 sobre el tema “Agua y desarrollo sostenible: de la visión a la acción”; el asesoramiento de ONU-Agua sobre los medios de conseguir los Objetivos de Desarrollo Sostenible relacionados con el agua; la labor de la Junta Asesora sobre Agua y Saneamiento; los resultados de la Declaración Ministerial del Séptimo Foro Mundial del Agua, celebrado en Daegu y Gyeongbuk (República de Corea); los resultados del diálogo interactivo de alto nivel celebrado durante su sexagésimo noveno período de sesiones el 30 de marzo de 2015; la Declaración de la Conferencia Internacional de Alto Nivel para el Examen de las Actividades del Decenio Internacional para la Acción: “El Agua, Fuente de Vida” (2005-2015), celebrada en Dushanbé los días 9 y 10 de junio de 2015; el llamamiento a la acción del simposio de alto nivel sobre el Objetivo de Desarrollo Sostenible 6 y sus metas: “Asegurar que nadie se quede atrás en el acceso al agua y al saneamiento”, celebrado en Dushanbé los días 9 y 10 de agosto de 2016; y la Agenda de Acción de Addis Abeba, que busca desarrollar y poner en práctica la gestión holística

del riesgo de desastres a todos los niveles, en consonancia con el Marco de Sendái para la Reducción del Riesgo de Desastres (2015-2030)».

4. *Da prioridad a los Medios de Ejecución, incluidas las alianzas.*

La Resolución recuerda que siendo éste un Decenio para la Acción es necesario «movilizar los medios de implementación, y alienta el desarrollo, la divulgación y la difusión de tecnologías ecológicamente racionales y su transferencia a los países en desarrollo en condiciones favorables, incluso en condiciones concesionarias y preferenciales, según lo convenido de mutuo acuerdo, así como la intensificación de la cooperación y la colaboración internacional en la ciencia, la investigación y la innovación para el desarrollo sostenible de los recursos hídricos en los planos local, nacional y regional, por ejemplo, a través de asociaciones público-privadas y asociaciones entre múltiples interesados, y sobre la base del interés común y el beneficio mutuo... Reafirma que la Agenda de Acción de Addis Abeba de la Tercera Conferencia Internacional sobre la Financiación para el Desarrollo es parte integral de la Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible y que la implementación plena de la Agenda de Acción Addis Abeba es fundamental para lograr los Objetivos de Desarrollo Sostenible y sus metas».

De conformidad con la Agenda 2030, destaca la importancia de las alianzas. Modificar y promover la acción requiere basarse en involucrar a distintos actores. Por lo tanto la Resolución reconoce «la importancia de estrechar la cooperación y las alianzas a todos los niveles para alcanzar los Objetivos de Desarrollo convenidos internacionalmente sobre el agua y el saneamiento». También orienta acerca de dónde empezar, pues



señala que podemos trabajar a partir de «los esfuerzos nacionales, regionales y mundiales y las alianzas establecidas para desarrollar las actividades del Decenio Internacional para la Acción: “El Agua, Fuente de Vida” (2005-2015)».

5. *Aporta un modelo de implementación para el Decenio.*

Aporta algunas directrices en relación con la implementación del modelo para el Decenio: «Alienta a los Estados Miembros, los órganos pertinentes de las Naciones Unidas, los organismos especializados, las comisiones regionales y otras organizaciones del sistema de las Naciones Unidas, así como a otros asociados pertinentes, incluido el sector privado, a que contribuyan al Decenio Internacional para la Acción: “Agua para el Desarrollo Sostenible” (2018-2028)». Reconoce que hay muchas organizaciones dispuestas a contribuir a la implementación: «Reconoce la importante función que desempeñan las iniciativas pertinentes y las alianzas entre múltiples interesados para fomentar el apoyo político y alentar las inversiones en agua y saneamiento».

La Resolución deja claro que la implementación requiere involucrar a todo el mundo, no sólo a instituciones y organismos: «Destaca la importancia de la participación y la plena implicación de todos los interesados pertinentes, entre ellos las mujeres, los niños, los jóvenes, las personas de edad, las personas con discapacidad, los pueblos indígenas y las comunidades locales, en la actividades del Decenio a todos los niveles.

6. *Describe qué actividades pueden resultar útiles a nivel global, regional y nacional, en apoyo al Decenio:* Los objetivos deben intentar alcanzarse «mejorando la generación y difusión de conocimientos, facilitando el acceso al conocimiento y el intercambio de buenas prácticas, generando nueva información pertinente para los Objetivos de Desarrollo Sostenible relacionados con el agua, realizando actividades de promoción, creando redes y promoviendo las asociaciones y las acciones de diferentes actores para conseguir los Objetivos y metas relacionados con el agua en coordinación con las iniciativas existentes, y fortaleciendo las iniciativas

de comunicación en diversos niveles para conseguir los Objetivos relacionados con el agua».

7. *Da tareas específicas al Secretario General de las Naciones Unidas para garantizar una exitosa implementación del Decenio.* Invita al Secretario General a que planifique, organice y coordine con otros procesos de la ONU, y que facilite la implementación y promueva la movilización de recursos financieros.

El Secretario General también debe «planificar y organizar las actividades del Decenio en los planos mundial, regional y nacional, teniendo en cuenta los resultados del Decenio Internacional para la Acción: “El Agua, Fuente de Vida” (2005-2015) y el trabajo del foro político de alto nivel sobre el desarrollo sostenible y otras estructuras pertinentes de las Naciones Unidas, así como del Grupo de Alto Nivel sobre el Agua». Invita al Secretario General y a otras entidades del sistema de las Naciones Unidas «a que facilite las actividades del Decenio en colaboración con los Gobiernos y otros interesados pertinentes».

«Alienta al Secretario General a que prosiga los esfuerzos para conseguir más recursos financieros y asistencia técnica, y aumentar la eficacia y la utilización cabal de los fondos internacionales existentes a fin de conseguir los Objetivos de Desarrollo Sostenible relacionados con el agua y sus metas».

8. *Consciente de la importancia de crear y de mantener el impulso, establece metas específicas:*

La Resolución declara el inicio y el final del Decenio, y «Proclama el período 2018-2028 Decenio Internacional para la Acción: “Agua para el Desarrollo Sostenible”, que deberá comenzar el 22 de marzo de 2018, Día Mundial del Agua, y terminar el 22 de marzo de 2028, Día Mundial del Agua».

La Resolución establece la fecha para el examen de mitad de período de las actividades del Decenio en 2022: «Decide, de conformidad con la resolución 1989/84 del Consejo Económico

y Social, examinar las actividades del Decenio en su septuagésimo séptimo período de sesiones y, a este respecto, decide también examinar en su septuagésimo tercer período de sesiones las disposiciones futuras para el examen amplio de mitad de período de las actividades del Decenio».

9. *Establece un procedimiento para mejorar la integración y la coordinación en el contexto de las Naciones Unidas:*

Llama a mejorar la forma de incluir el agua y el saneamiento en las agendas de la ONU de la Asamblea General y ECOSOC: «Reconoce que las cuestiones relacionadas con el agua, incluidos los Objetivos de Desarrollo Sostenible y sus metas pertinentes, deben reflejarse mejor en los programas de la Asamblea General y el Consejo Económico y Social».

A fin de progresar, llama a fomentar el diálogo sobre cómo mejorar la necesaria integración

y coordinación en el contexto de la ONU: «Solicita al Presidente de la Asamblea General que convoque, durante el septuagésimo primer período de sesiones, un diálogo de trabajo informal para estudiar al mejora de la integración y la coordinación de la labor de las Naciones Unidas respecto de los objetivos y metas relacionados con el agua (...) y que convoque otro diálogo de trabajo informal más tarde para hacer balance de las deliberaciones del primero e intercambiar opiniones sobre la pertinencia de posibles medidas posteriores». Estos diálogos deben involucrar a todo el mundo, no sólo al sistema de las Naciones Unidas: «Decide que los diálogos serán de carácter especial, oficioso, inclusivo, abierto e interactivo, contarán con la participación de países, las organizaciones regionales e internacionales pertinentes, las entidades del sistema de las Naciones Unidas pertinentes, ONU-Agua y otros interesados pertinentes».

¿Y A CONTINUACIÓN?



La Agenda 2030 llama al cambio y la transformación. Rápidamente se están proponiendo e implementando diferentes procesos a nivel internacional, regional y nacional en apoyo a la ejecución y el seguimiento del progreso de varios ODS.

La proclamación del Decenio Internacional para la Acción de las Naciones Unidas: «Agua para el Desarrollo Sostenible» (2018-2028) es la respuesta de y para la comunidad del agua y el desarrollo sostenible. Ello es así debido a la importancia del agua y a las interrelaciones que este recurso debe garantizar para alcanzar muchos de los ODS.

Las principales responsabilidades para la implementación de la Agenda recaen sobre los actores nacionales y subnacionales, pero las

iniciativas internacionales pueden aportar apoyo y ayuda de distintas maneras. El nuevo Decenio para la Acción aporta, por ejemplo, un marco para planificar de forma coordinada las actividades de las entidades del sistema de las Naciones Unidas, las de los interesados y las de las autoridades nacionales. También aporta un marco para la integración vertical de las acciones nacionales (y subnacionales), regionales e internacionales, garantizando que se refuercen mutuamente, teniendo en cuenta la esencial diversidad en las distintas regiones del mundo. El Decenio destaca la importancia de las alianzas y la cooperación entre los interesados, a todos los niveles, para contribuir a la Agenda 2030 y a los Objetivos relacionados con el agua.

Bajo el liderazgo del Gobierno de Tayikistán, diplomáticos de 189 Representaciones Permanentes de las Naciones Unidas en Nueva York han creado un marco para organizarse y actuar en materia de agua y saneamiento para las personas y el planeta. Esperamos no quedarnos cortos en nuestras previsiones.

Sirodjidin Aslov

Ministro de Asuntos Exteriores de Tayikistán

Josefina Maestu

Antigua Directora de la Oficina de las Naciones Unidas en apoyo al Decenio Internacional para la Acción: «El Agua, Fuente de Vida» (2005-2015)

LA IMPORTANCIA DE LA I + D PARA EQUILIBRAR EL SUMINISTRO DE AGUA POTABLE CON UN MEDIO AMBIENTE SALUDABLE

Peter Goodwin y Andrew W. Tranmer

DESCRIPTORES:
RECURSOS HÍDRICOS
EFICIENCIA HÍDRICA
SOSTENIBILIDAD
EMPLEO
INVESTIGACIÓN
EN RECURSOS HÍDRICOS

RESUMEN

|||||

Uno de los mayores retos a los que se enfrenta la sociedad es la capacidad de mantener y mejorar la calidad de vida en un sistema terrestre saludable. Los ecologistas han concretado que este desafío consiste en mantener un ecosistema no sólo resiliente, sino también deseable, que conserve las características y las especies que se consideran necesarias para alcanzar dicha calidad de vida. En este marco los desafíos relacionados con los recursos hídricos son numerosos e incluyen las presiones derivadas del crecimiento demográfico, y en relación con ello, los cambios en el uso del suelo, el cambio climático, los acontecimientos catastróficos, el aumento del nivel del mar, la calidad del agua y los contaminantes emergentes, los retos políticos transfronterizos y las especies invasoras. Estos desafíos deben ser abordados de manera colectiva mediante decisiones normativas y de gestión

sustentadas en conocimientos científicos y tecnológicos relevantes, creíbles, legítimos y aportados en el momento oportuno. Además, el entorno operativo de los administradores del recurso hídrico suele consistir en sistemas socio ambientales muy complejos y dinámicos en los que se deben tomar decisiones importantes en medio de una gran incertidumbre, y la salud del entorno natural requiere un compromiso a largo plazo con el monitoreo y la síntesis de una miríada de flujos de datos. De ahí que equilibrar la disponibilidad de la cantidad y la calidad del recurso hídrico para las necesidades de riego, municipales, industriales, de navegación y ecológicas exija la aplicación de nuevas tecnologías de monitoreo, modelado y comunicación, que al mismo tiempo garanticen que la fuerza laboral futura esté capacitada para integrar esas tecnologías y adaptarse al ritmo acelerado de los avances en conocimientos científicos.

INTRODUCCIÓN



Lo peor que puede ocurrirnos no es que se agote la energía, que se produzca un colapso económico, que haya una guerra nuclear limitada o una conquista por parte de un gobierno totalitario. Por terribles que fuesen esas catástrofes, podrían ser reparadas en pocas generaciones. El único proceso actual... que tardará millones de años en ser reparado es la pérdida de la diversidad genética y de las especies mediante la destrucción de los hábitats naturales. Ésa es la locura que con mayor probabilidad nuestros descendientes no nos perdonarán nunca.

E.O. Wilson, 1985

Esta percepción formulada hace más de treinta años anticipó el que quizá sea el desafío de más largo alcance al que se enfrenta la sociedad hoy en día: cómo favorecer el crecimiento y el desarrollo económicos en un sistema terrestre saludable. Los profesionales del recurso hídrico en el sector privado, los administradores de las agencias del agua y los investigadores en las universidades e institutos de investigación deben tener un papel preponderante a la hora de abordar este reto. En la actualidad es muy raro que un proyecto de recursos hídricos se centre en una única función o un único objetivo, tales como la gestión de inundaciones o la potabilización, más bien es muy probable que en última instancia los proyectos se hallen vinculados con este desafío cardinal básico. Los principios de la Declaración de Dublín, 1992, ayudaron a la Asociación Mundial del Agua (www.gwp.org) a establecer las bases de la gestión integrada de los recursos hídricos (GIRH) como un proceso que «promueve el desarrollo y la gestión coordinados del agua, el suelo y los otros recursos relacionados a fin de maximizar los resultados económicos y el bienestar social de forma equitativa sin comprometer la sostenibilidad de los ecosistemas vitales». El objeto de garantizar los conocimientos se halla estructurado de forma a conformar este tipo de toma de decisiones compleja preparando a las fuerzas laborales de científicos e ingenieros para trabajar en equipos interdisciplinarios, e incluye la explora-

ción de la oportuna integración de las tecnologías emergentes. El mundo no se está quedando sin agua, pero la creciente demanda de un recurso limitado hace que este bien escasee en muchas regiones; a su vez existen muchas fuerzas motrices del cambio (WWAP, 2009; NRC, 2012), de las que las más frecuentes serán descritas en el siguiente apartado. En la mayoría de regiones las precipitaciones no son previsibles de forma estacional ni anual, lo que significa que por un lado el agua es un bien demasiado escaso cuando no se cuenta con un almacenamiento adecuado, y que por otro lado el agua puede llegar en forma de inundaciones catastróficas. El supuesto de estacionalidad en las variables hidroclimáticas debería ser evaluado junto con otros supuestos (Milly *et al.*, 2008; Brekke *et al.*, 2009). Las fuerzas motrices externas del cambio que afectan al abastecimiento seguro de agua o al ecosistema natural sostenible, que son siempre irreversibles, incluyen el cambio climático, el crecimiento demográfico, los acontecimientos catastróficos (tales como terremotos, guerras, erupciones volcánicas, vertidos tóxicos, inundaciones o sequías extremas), la disminución de la calidad del agua y los cambios en el uso del suelo. Las presiones suplementarias para lograr un equilibrio entre el aumento del desarrollo y un sistema terrestre saludable incluyen a las especies invasoras, lo que complica la gestión de las especies amenazadas o en peligro de extinción, y las cuestiones socio-

políticas en torno a las transferencias transfronterizas y el derecho humano al agua. Las decisiones de gestión son particularmente complicadas en muchas regiones debido a la no estacionalidad del sistema global. No es posible desarrollar acciones definitivas porque el sistema, que es dinámico y muy complejo, tiene potencialmente diversas trayectorias futuras. Es difícil identificar unas relaciones claras de causa y efecto, y la gestión requiere una aproximación más maleable en la que el monitoreo continuo y la investigación científica puedan orientar el progreso hacia resultados deseados y objetivos cuantificables.

Adoptar esta perspectiva a largo término contando con un monitoreo adecuado para constatar el avance y priorizar la comprensión del complejo sistema hídrico suele ser difícil, porque los agentes designados políticamente y los organismos responsables elegidos ansían ver el progreso y demostrar las soluciones durante su mandato, pero entender la respuesta a las acciones de la gestión ambiental y al sistema de suministro del recurso hídrico puede tardar décadas, y desde luego no se produce en el corto período que media entre los ciclos electorales. Por lo tanto, la gestión de los recursos hídricos requiere un compromiso constante con el monitoreo, el análisis adecuado de los resultados, la integración y el refinamiento de los modelos, la gestión adaptable y un sistema transparente de presentación de informes para que los responsables actuales y futuros se hallen bien infor-

ados. Los ingenieros hidráulicos y los científicos lideran en la actualidad (y deben seguir liderando) la planificación, la implementación y el segui-

miento de las medidas tomadas para satisfacer la demanda del suministro de agua, y al mismo tiempo entienden las consecuencias que se derivan de las

distintas acciones en el contexto de la sostenibilidad y de las probabilidades que tienen la sociedad y las especies de adaptarse a las condiciones cambiantes.

LAS FUERZAS MOTRICES DEL CAMBIO

Los responsables del agua no gestionan sistemas hídricos estáticos, sino que se enfrentan a sistemas muy dinámicos y complejos que experimentan importantes fluctuaciones tanto por parte del suministro, como de la demanda. Las principales fuerzas motrices del cambio incluyen poblaciones cambiantes, el cambio climático, los cambios en uso del suelo, la disminución de la calidad del agua y la aparición de nuevos contaminantes susceptibles de incidir en la salud de los humanos (los ejemplos incluyen microplásticos y persistentes contaminantes orgánicos). Otras fuerzas motrices incluyen acontecimientos catastróficos tales como inundaciones, sequías o vertidos tóxicos susceptibles de alterar el régimen ecológico. Los responsables del recurso hídrico también deben ser conscientes de la existencia de nuevas especies invasoras que constituyen una amenaza para las especies acuáticas nativas, que deben ser protegidas. Estos factores implican tomar decisiones complejas en el sector del agua, pero también brindan la oportunidad al ingeniero hidráulico de ejercer un papel más determinante en el análisis y el futuro de las cuencas hidrográficas. Otras fuerzas motrices del cambio incluyen el incremento del comercio internacional, que por un lado podría aliviar la presión sobre el recurso hídrico en algunas zonas, y por otro lado podría exacerbar la presión existente en otras regiones (por ejemplo a través de los productos agrícolas), y las fuerzas motrices sociales (por ejemplo, los cambios en el estilo de vida y el rápido aumento del nivel de vida).

Crecimiento demográfico: está previsto que la población mundial incremente un 33% para el año 2050, alcanzando los 9,7 billones de personas (UN DESA, 2015a,b). En ese tiempo 2,3 billones de personas vivirán en lugares con severas carencias de agua, sobre todo en África y Asia Central (OECD, 2012). En la actualidad dos tercios de la población mundial vive en zonas que experimentan escasez de agua durante al menos un mes al año, y otros 500 millones de personas viven en zonas en las que el consumo de agua es dos veces superior a los recursos hídricos renovables disponibles localmente (WWAP, 2017). Para el año 2050 la demanda de alimentos incrementará un 60%, y las crecientes poblaciones urbanas requerirán una ampliación de los suministros municipales de agua y de los servicios de saneamiento (Alexandratos y Bruinsma, 2012; WWAP, 2017). Algunas de las zonas metropolitanas más importantes han experimentado una caída de las reservas acuíferas de entre 10 y 300 m, incluidos Bangkok, Manila, la Ciudad de México, Madrás, Chicago, Beijing y Shanghái (Foster *et al.*, 1998; USGS, 2003). Es más, la disminución de la calidad del agua de las descargas de alcantarillado, industriales y agrícolas pone en peligro los recursos disponibles, la salud de las personas y la función de los ecosistemas. Los recursos hídricos limpios, seguros y sostenibles son fundamentales para mejorar el nivel de vida, incrementar la prosperidad económica, aumentar los puestos de trabajo y reducir el conflicto civil (Hsiang *et al.*, 2013; Gleick, 2014; WWAP, 2016). A fin de mantener estos niveles sociales será imprescindible efectuar mejoras

en el almacenamiento, el suministro, el saneamiento y la eficacia del recurso hídrico para afrontar la discrepancia del 40% entre el abastecimiento y la demanda (UNEP, 2011d).

En la gestión del recurso hídrico suele tomarse en cuenta el uso humano directo del agua, pero entender los impactos que tienen las derivaciones y extracciones del recurso en la biodiversidad y los servicios ecosistémicos de los que dependen los humanos para obtener alimentos, agua, recreación y calidad de vida requiere una mayor investigación. Los ejemplos de servicios ecosistémicos menguantes incluyen el reducido número de polinizadores, la mengua de nutrientes marinos debido a la migración de peces anádromos, y la pérdida de tierras pantanosas costeras y estuarios, así como una miríada de servicios ecosistémicos que abarcan desde la industria pesquera hasta la reducción del riesgo de inundaciones. La comprensión mecánica de los procesos físicos y biológicos es fundamental para pronosticar el impacto que ejercen el cambio climático y las acciones antropogénicas en las comunidades ecológicas (Urban *et al.*, 2016; Wohl, 2016). Un ejemplo de estudios exhaustivos para la comprensión de un ecosistema complejo equilibrado con un suministro de agua seguro lo constituyen la bahía y el delta de San Francisco en California (Consejo de Administración del Delta, 2012 y SFEI, 2012, 2016).

La formación, la práctica y la investigación de las comunidades de científicos e ingenieros debe incorporar un enfoque transdisciplinar para mejorar la gestión de estos sistemas complejos en rápida evolución.

EL PAPEL DE LA INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA Y EL DESARROLLO TECNOLÓGICO

Frente a estos serios desafíos en torno a la capacidad de conservar un entorno terrestre saludable y la necesidad de facilitar el desarrollo y el crecimiento económicos surge una pregunta común: ¿podrán los avances tecnológicos resolver las actuales preocupaciones medio ambientales? Ello sólo puede evaluarse en base a los avances efectuados no sólo gracias a la investigación interdisciplinaria o transdisciplinaria, sino también mediante la convergencia de disciplinas y tecnologías (NRC, 2014). En virtud de la investigación científica y el desarrollo tecnológico se han producido fulgurantes avances en el uso de los microsensores de bajo coste, la comunicación a distancia, los modelos numéricos de código abierto, las tecnologías de tratamiento y las capacidades informáticas que han incrementado la velocidad

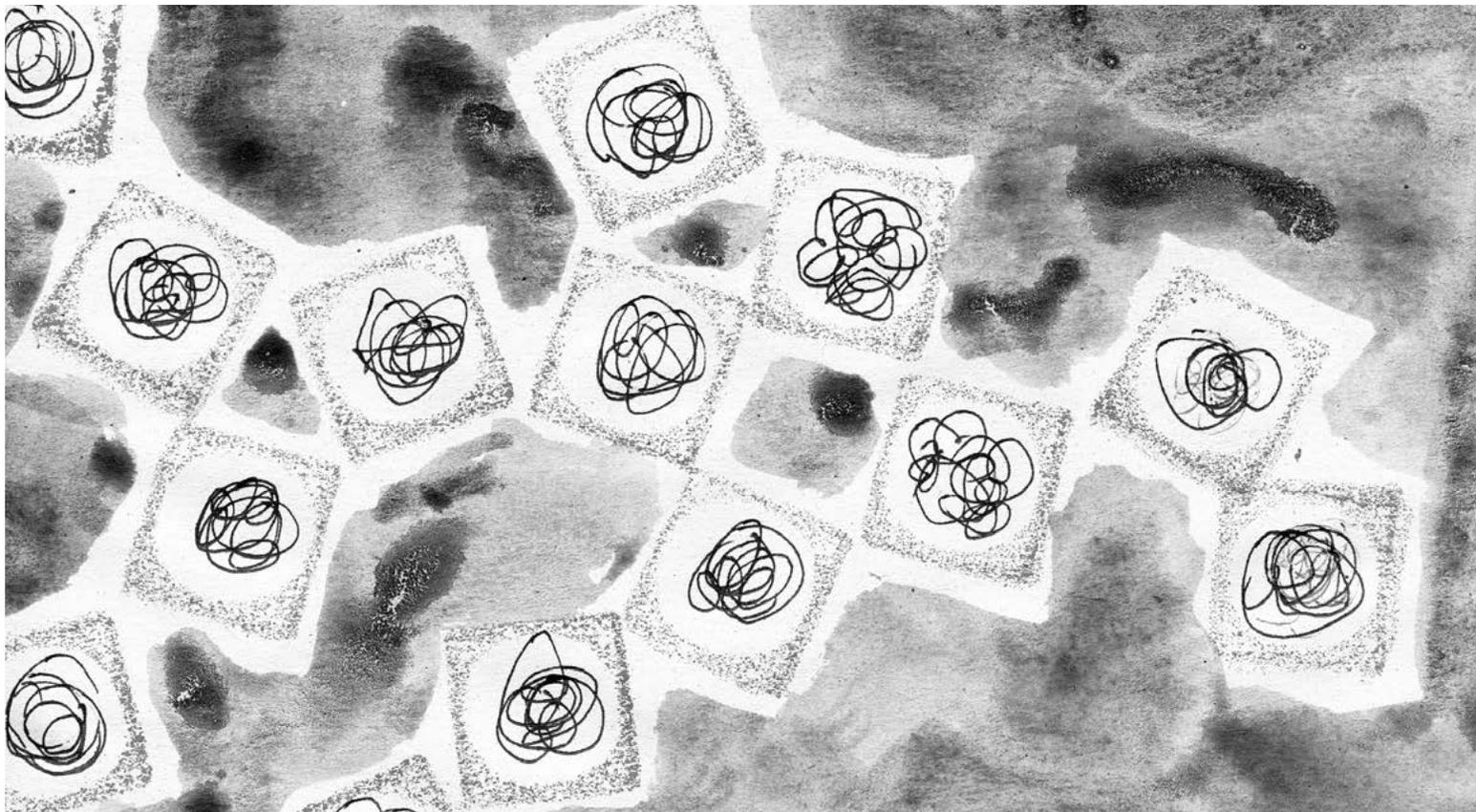
y la densidad espacio-temporal en la forma de monitorear, interpretar, gestionar y archivar las variables ambientales. No obstante, incluso con estos rápidos avances las capacidades de predicción de los procesos físicos y biológicos son limitadas debido a la complejidad y la incertidumbre de estos sistemas (Rittel y Webber, 1973; Urban *et al.*, 2016; DeFries y Nagendra, 2017). Se necesita una mayor comprensión mecánica de estos procesos fundamentales para mejorar la capacidad de predicción.

Estados Unidos refleja las debilidades de la estrategia del agua en muchas regiones del mundo. Gleick (2016) identifica cinco problemas frecuentes que pueden ser abordados y orientados por la I+D:

1. La hidrología básica y la recopilación de datos.

2. La infraestructura hídrica fundamental se está volviendo obsoleta.
3. Los vínculos entre los conflictos hídricos y la seguridad nacional.
4. Agua potable básica y saneamiento.
5. Los impactos del cambio climático en los recursos y los sistemas hídricos.

Estados Unidos tiene una pendiente hidrológica de Este a Oeste y de Norte a Sur que define los desafíos que presenta la gestión del recurso. Las regiones norteafricanas y orientales se han enfrentado históricamente a retos derivados de la calidad del agua, mientras que las regiones occidentales y sureñas han tenido problemas de cantidad, pero el crecimiento demográfico y el desarrollo urbano, el intenso uso del suelo y el cambio climático están complicando estas tendencias históricas. En el escenario

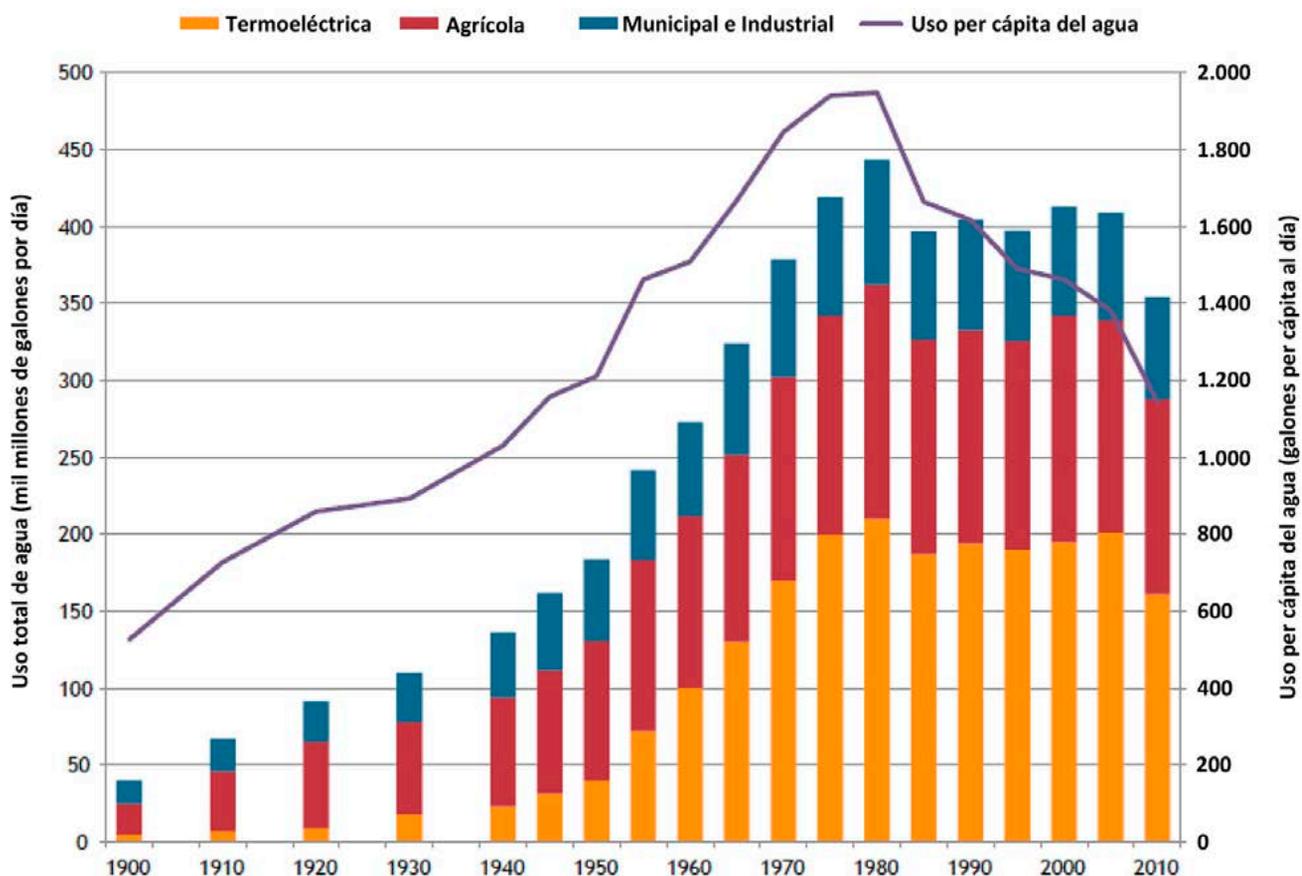


climático actual se ha producido un crecimiento demográfico, mientras que el uso global del recurso hídrico ha disminuido, lo que resulta en una mayor eficiencia producida en las últimas tres décadas (PacInst, 2015). Desde que el uso del agua llegara a su cúspide en 1980, la demanda en Estados Unidos ha ido cambiando con el tiempo, pasando del uso municipal al uso termoelectrico, mientras que la demanda agrícola se ha mantenido bastante constante (Figura 1). El uso

termoelectrico es en la actualidad el mayor uso individual en Estados Unidos (160 bgd), cuya principal fuente son las aguas superficiales (PacInst, 2015). La eficiencia agrícola ha aumentado desde 1980 gracias a unos cultivos más eficaces y las técnicas de micro riego que han permitido reducir el uso del agua, a la vez que han incrementado el número de hectáreas regadas (PacInst, 2015). Además, la demanda municipal per cápita ha disminuido gracias a la eficiencia industrial y la disminución del uso doméstico (Rockaway *et al.*, 2011; Maupin *et al.*, 2014).

Una gestión integrada de los recursos hídricos (GIRH) que mantenga la calidad del agua en una cuenca podría aliviar muchos problemas de cantidad, pero el éxito depende del desarrollo de un nuevo monitoreo y de tecnologías de tratamiento, de la gestión de datos complejos y de una fuerza laboral avanzada capaz de sintetizar y modelar procesos a larga escala. Las inversiones en la investigación y el desarrollo de la eficiencia hídrica pueden aportar soluciones a problemas tanto de cantidad, como de calidad a través de una mejora en la disponibilidad, el suministro y la

Fig. 1. Uso total del agua (agua dulce y agua salina) por Sector (1900-2010).



Notas: Municipal e Industrial (M+I) incluye el suministro público, el auto suministro residencial, el auto suministro industrial, la minería y el auto suministro comercial (el auto suministro comercial no se calculó en 2000-2010). La agricultura incluye la acuicultura (sólo 1985-2010), la ganadería y el riego. Entre 1900 y 1945 la categoría M+I incluye el agua para la ganadería y los productos lácteos. Fuentes: Datos para 1900-1945 del Consejo de Calidad Ambiental (CEQ en sus siglas en inglés) (1991). Datos para 1950-2010 de USGS (2014a). Datos de población de Williamson (2015).

calidad del agua. Para conformar la GIRH bajo el cambio climático y otras fuerzas motrices, los sensores y la síntesis de datos pueden estructurarse en tres niveles de actividad:

1. Las redes de monitoreo a largo plazo son fundamentales para detectar y cuantificar el cambio cli-

mático y sus impactos sobre los sistemas físicos y biológicos (Brekke *et al.*, 2009; Urban *et al.*, 2016).

2. Una mayor resolución y escalas más precisas de los modelos climáticos a pequeña escala son necesarias para evaluar posibilidades meteorológicas extremas e impactos sobre los sistemas físicos y bio-

lógicos (Milly *et al.*, 2008; Brekke *et al.*, 2009; Urban *et al.*, 2016).

3. Evaluar los impactos climáticos por regiones específicas para conformar el riesgo de inundaciones, el funcionamiento de los embalses, la gestión de los cultivos, la seguridad estructural y la demanda del usuario final (Brekke, 2009).

LA PERCEPCIÓN DE LA SOCIEDAD Y EL PAPEL DE LA GESTIÓN HÍDRICA

La cúspide de la demanda hídrica en Estados Unidos se produjo en 1980, lo que acarrió continuas mejoras en la eficiencia del uso del agua en las últimas tres décadas (PacInst, 2015). Eficiencias en la refrigeración termoeléctrica, las prácticas agrícolas y la demanda municipal han permitido reducir el uso del agua a la vez que se producía un crecimiento demográfico, una mayor cantidad de hectáreas regadas y una mayor producción industrial (Rockaway *et al.*, 2011; Maupin *et al.*, 2014; PacInst, 2015). De la misma forma que el uso del agua varía según la demanda social, lo mismo ocurre con la percepción pública de los recursos hídricos y su disponibilidad. Las recientes sequías, como la experimentada en California, conciencian a la sociedad de los problemas derivados de un clima extremo y de la escasez de agua, de forma que ambos pasan a ser una prioridad. Las encuestas globales de las amenazas que penden sobre la humanidad ilustran la percepción de las crisis a las que se enfrentan las comunidades regionales en lo tocante a la probabilidad y la severidad de estas amenazas. En los últimos cinco años, debido a las crisis globales que ponen en peligro la supervivencia del género humano, la biodiversidad, la dinámica poblacional, la contaminación y la escasez del agua han pasado a ser las principales preocupaciones sociales (Asahi, 2016). Otras encuestas

alternativas identifican la dinámica poblacional, los acontecimientos climáticos extremos y las crisis hídricas como los desafíos medio ambientales más importantes a los que se enfrenta el mundo (WEF, 2016). Todas estas potenciales crisis globales se sitúan en el contexto de un probable cambio climático que conducirá a cada comunidad a reconsiderar la fiabilidad y la seguridad de los recursos hídricos. Entender las prioridades de las comunidades, informar a la sociedad y comprometer a las comunidades y a toda la gama de agentes se ha convertido en un componente esencial de la gestión del recurso hídrico. En los últimos años ello ha llevado a que la ciencia socio ambiental se convierta en una disciplina clave para la implementación de la GRIH (por ejemplo, Kliskey *et al.*, 2016) y anticipar el comportamiento del usuario.

En Estados Unidos las poblaciones por estado tienen una percepción variable de las amenazas que acarrea el cambio climático dependiendo de múltiples factores, incluida la experiencia reciente de un acontecimiento extremo y la dependencia de la economía estatal de los recursos naturales y la agricultura (ver Figura 2 en la siguiente página). Otros factores que influyen en la percepción pública son la ubicación geográfica, la disponibilidad hidrológica, la infraestructura establecida, la dependencia económica de los recursos de agua dulce y

las creencias ideológicas (Howe *et al.*, 2015; Hamilton *et al.*, 2016).

Estados Unidos se halla sujeto a esta diversidad de opiniones y se enfrenta a importantes obstáculos políticos y técnicos para conformar una estrategia de gestión sostenible de los recursos hídricos; estos obstáculos, que pueden abordarse de manera conjunta mediante la inversión en investigación y desarrollo, incluyen una envejecida infraestructura hídrica, problemas de contaminación y de calidad del agua, y la incertidumbre que causa el cambio climático regional (Gleick, 2016; ASCE, 2017). El aluvión de efectos potenciales del cambio climático puede afectar a varios sectores del recurso hídrico, lo que significa que los responsables de mantener el suministro y la calidad del agua, la gestión del ecosistema, la navegación, la energía hidráulica, la reducción del riesgo de inundaciones y la resiliencia costera tendrán que tomar decisiones complicadas (Brekke *et al.*, 2009). La comunicación de los problemas y las consecuencias de la inacción también requerirán elementos fundamentales para una gestión sostenible del recurso hídrico, incluidos datos y modelos precisos, visualización, credibilidad de la ciencia y libertad para efectuar cambios operativos, que combinados, servirán para articular alternativas futuras para las comunidades (Brekke *et al.*, 2009; Yarnell *et al.*, 2015; Gleick, 2016).

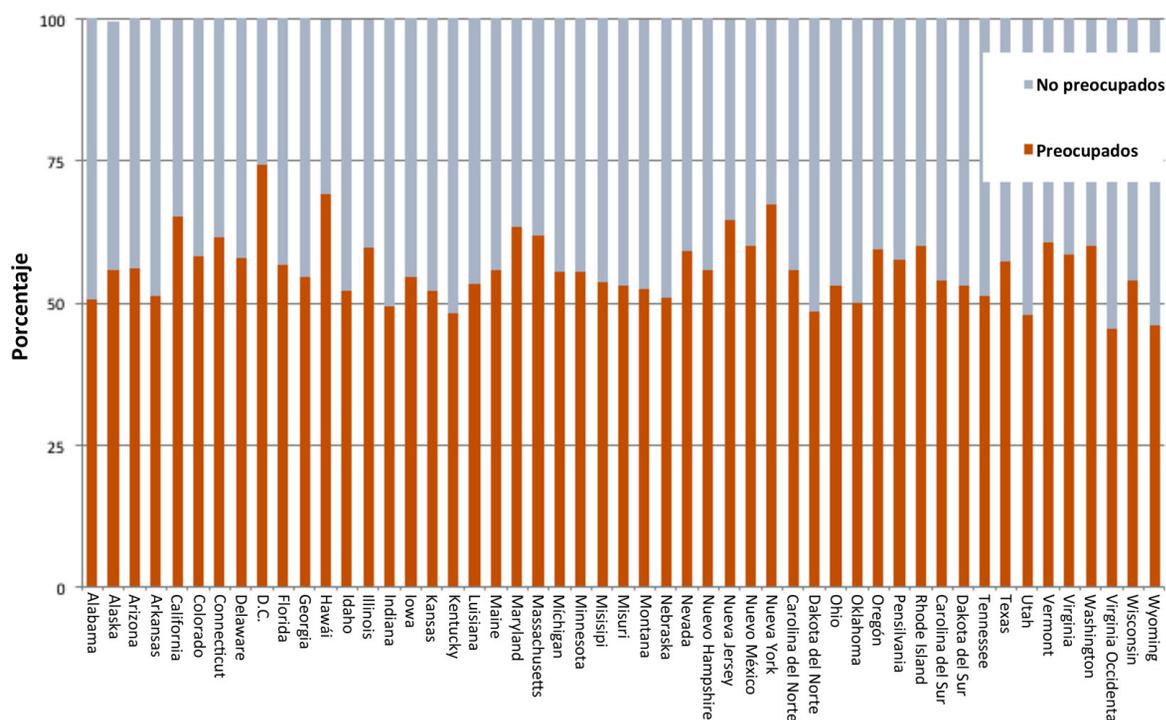


Fig. 2. Porcentaje de la población estadounidense por estado, en 2016, preocupada por el cambio climático (datos de Howe et al., 2015).

EFICIENCIA HÍDRICA Y CONSERVACIÓN

En eficiencia hídrica lo primero que hay que tomar en cuenta es la necesidad de desglosar las fuentes principales, las rutas de transporte y el tiempo de residencia del agua en la cuenca mediante una propuesta administrativa conjunta que conecte los recursos de aguas superficiales y subterráneas. La Sociedad Estadounidense de Ingenieros Civiles ha identificado un gran número de riesgos para el agua potable debido a la contaminación, los acuíferos agotados y el almacenamiento defectuoso; de ahí que para asegurar el suministro de agua potable a las comunidades que experimentan cambios en el clima, en la dinámica poblacional y en el uso del suelo sea indispensable contar con una perspectiva paisajística y sistémica que integre la captación y el transporte del recurso hídrico para su uso directo, los requisitos energéticos necesarios para el tratamiento y el reciclaje del agua, y una serie de mejoras potenciales para usos alternativos. Incluso la

información aparentemente sencilla para la adecuada gestión del recurso hídrico, como por ejemplo un presupuesto cerrado, es problemática. En los sistemas hídricos cerrados, tales como los sistemas de distribución del agua urbana, ello puede realizarse con una razonable precisión gracias a iniciativas de investigación tales como ReNUWIt (<http://renuwit.org>) y Smart UWSS (<http://smartuws.ust.hk>). A escala de cuenca se han producido importantes avances, utilizados en la gestión administrativa del agua, para medir la evapotranspiración a distancia en diferentes tipos de suelo (por ejemplo del Departamento de Recursos Hídricos de Idaho en Estados Unidos <https://www.idwr.idaho.gov/GIS/mapping-evapotranspiration/>). No obstante los detalles de las extracciones de agua, los flujos de retorno agrícola y el intercambio de aguas subterráneas y superficiales a lo largo del año suelen confundir los cálculos exactos o el presupuesto del agua. La perspec-

tiva sistémica de una cuenca permite identificar eficiencias; por ejemplo, una fábrica textil en India incrementó su eficiencia hídrica un 80% modificando el procesamiento químico y reduciendo el contenido de residuos metálicos en las aguas residuales, lo que permitió la reutilización directa del recurso para el riego de la agricultura local (WBCSD, 2006).

En Estados Unidos el almacenamiento y el suministro de los principales recursos hídricos es cada vez más costoso debido al envejecimiento de las infraestructuras y el incremento de los costes de rehabilitación. En torno a 15.500 de los 90.580 embalses norteamericanos han sido clasificados de alto riesgo, porque están amenazados de sufrir grandes inundaciones y terremotos, lo que supone un coste superior a 64 billones de dólares en reparación o actualización a los estándares modernos (ASCE, 2017). Una reinversión tan costosa puede impedir el desarrollo de nuevas instalaciones de alma-

cenamiento, mientras que es posible generar ganancias más eficaces a partir de mejoras en la modelización y previsión hidrológicas, la eficiencia de riego y las estrategias de reciclaje.

La captación pasiva y activa del agua y los sistemas de aducción poseen un alto potencial para mejorar la calidad y la cantidad de agua disponible mediante el desarrollo de la infraestructura verde, la reutilización directa de las aguas grises residenciales, las redes inteligentes de aguas pluviales, y el monitoreo y mantenimiento de los conductos de suministro (Hering *et al.*, 2013). Sólo en Estados Unidos hay más de 1 millón de millas de tuberías de agua potable que desperdician cerca de 2 trillones de galones de agua al año debido a fugas y redes de distribución rotas. Las mejoras en las tecnologías de detección de fugas y en los sensores de presión en tiempo real facilitarán la gestión del sistema y la sustitución de las tuberías (Allen *et al.*, 2011; Kunkel y Sturn, 2011). A estas tuberías de agua potable se suman 1,3 millones de millas de redes de alcantarillado privadas y públicas que requieren ser gestionadas y actualizadas (ASCE, 2017), lo que brinda la oportunidad de instalar tuberías de uso exclusivo para las aguas grises residenciales y el agua no potable desde las plantas de tratamiento.

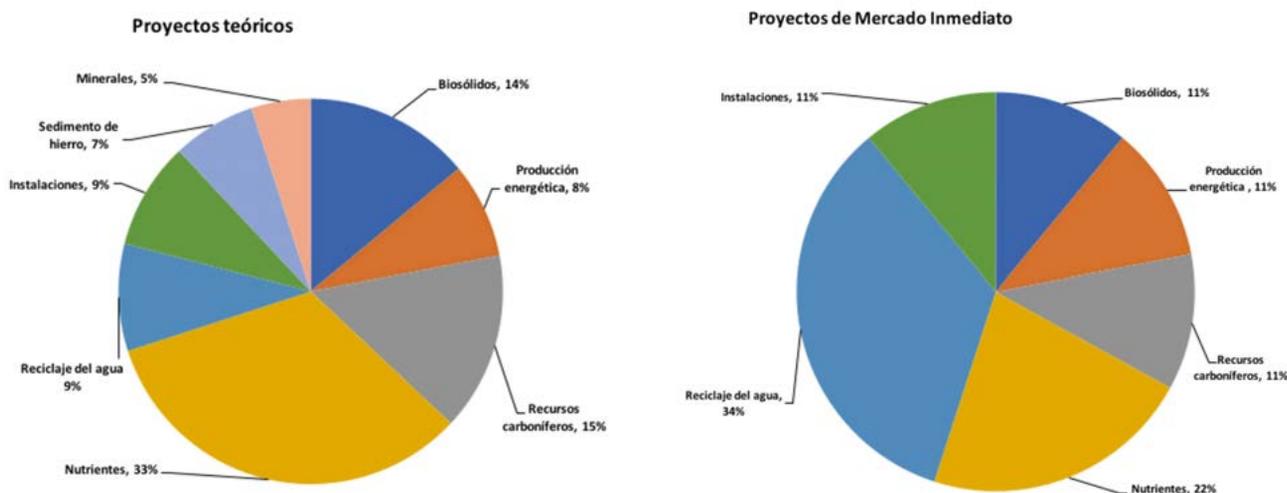
Las instalaciones de captación centralizadas, tales como las plantas

de tratamiento de aguas residuales y los estanques de retención, son fundamentales para la recuperación del recurso hídrico y su reciclaje (LADWP, 2017). En la actualidad 14.748 plantas de tratamiento de aguas residuales gestionan la eliminación de residuos del 76% de la población en comunidades pequeñas y grandes a lo largo de Estados Unidos, y se estima que dentro de 20 años habrá 56 millones de usuarios más (ASCE, 2017). Es necesaria una investigación fundamental para mejorar la calidad de los efluentes, incrementar la recuperación del recurso hídrico y reducir los costes energéticos de las instalaciones. En un sondeo reciente basado en 185 proyectos internacionales de investigación del recurso hídrico en el sector industrial centrados en la eficiencia y la recuperación del recurso, los nutrientes recibieron el mayor porcentaje (33%) de las investigaciones teóricas para la recuperación del agua potable, las aguas residuales y el agua ambiental (GWRC, 2015). La traducción de estos estudios a las demandas del mercado inmediato modifica la distribución, ofreciendo la reutilización del agua el mayor número de soluciones para el mercado inmediato (34%), seguida por la recuperación de los nutrientes (22%). Sin embargo, sigue habiendo varias lagunas en lo tocante a la eficiencia del tratamiento para la reutilización del agua

tanto potable, como no potable. Los contaminantes emergentes en forma de residuos metálicos, compuestos orgánicos y microplásticos (<300 µm) tienen un impacto importante en la salud ecológica y humana, y deben ser objeto de una mayor investigación (Tueten *et al.*, 2009; Storck *et al.*, 2015; Furlong *et al.*, 2017).

Otro frente prometedor de la investigación científica y el desarrollo tecnológico en torno a los recursos de agua dulce son las tecnologías de desalinización y ósmosis inversa (WERF, 2016). Mientras que las grandes comunidades costeras pueden enfrentarse a desafíos similares a la hora de abastecerse de agua de mar en zonas libres de contaminantes, los aspectos de la desalinización relativos a la cantidad de agua están haciéndose cada vez más tangibles. Una nueva planta desalinizadora en Ashkelon, Israel, produce agua dulce a 0,50\$ el metro cúbico gracias a las tecnologías de ósmosis inversa que reducen los costes de bombeo del agua de mar (WBCSD, 2006). Globalmente la industria desalinizadora está programada para crecer a un ritmo de aproximadamente el 8,1%

Fig. 3. Distribución de la investigación de tópicos relativos al reciclaje del agua, que se traducen en soluciones para el mercado inmediato (GWRC, 2015).



entre 2014 y 2020, y ello gracias a la existencia de países en Oriente Medio que efectúan grandes inversiones en

plantas desalinizadoras a gran escala (GWI, 2015). La industria posterior relacionada con el recurso hídrico en

torno a estas soluciones se centrará en la ingeniería, la ley, las finanzas y el medio ambiente (WWAP, 2016).

CONTROL AMBIENTAL EN TIEMPO REAL DE FLUJOS DE CAUDAL, NUTRIENTES Y CONTAMINANTES

Un mayor control ambiental es imprescindible para entender la magnitud y el alcance de los factores que atañen a la cantidad y la calidad del agua, sin embargo en muchas partes del mundo las actuales redes de monitorización resultan insuficientes para aportar los datos necesarios. Por ejemplo, en África la distribución de las estaciones de agua de calidad es 100% menor que en otras regiones del mundo (UNEP, 2016), pese a que la pérdida de la calidad de las aguas debido a compuestos orgánicos afecta a la industria pesquera y a la seguridad alimentaria en aproximadamente una séptima parte de todos los tramos de los ríos (ONU Agua, 2016). Una mayor eficiencia en el uso (y la calidad) del agua se producirá a medida que incremente la comprensión de las pérdidas y los flujos ambientales, en particular a medida que las observaciones ambientales en tiempo real orienten cada vez más las operaciones hídricas (Krause *et al.*, 2015; Tranmer *et al.*, en revisión). Una monitorización así en tiempo real a gran escala espacial se ampliará a las aguas fluviales y las aguas grises residenciales, los contaminantes emergentes y los compuestos orgánicos persistentes (WERF, 2016; Furlong *et al.*, 2017), mientras que el análisis a pequeña escala se utilizará para el uso energético e hídrico y los flujos residuales en edificios individuales y estructuras municipales (IBM, 2015; ReNUWIt, 2017). Otra área en rápida expansión es el área de la ciencia ciudadana, en la que las comunidades pueden desplegar sensores de bajo coste para supervisar los parámetros de la calidad de las

aguas, los que pueden contribuir a la gestión del agua e involucrar a las comunidades (Borden *et al.*, 2016).

El rápido incremento en tecnologías de monitorización ha creado flujos de datos que deben ser procesados, verificados, analizados, almacenados de forma segura e interpretados. Ello ha derivado en la necesidad de contar con profesionales y con la infraestructura necesaria para gestionar los datos. Los modelos también tienen un papel cada vez más importante a la hora de recopilar los conocimientos actuales sobre una

LOS AVANCES URBANOS

Los avances en la eficiencia del uso del agua urbana requieren un enfoque multifacético que aborde el control, la planificación, la comunicación y la conciencia social. China acaba de iniciar un ambiguo programa de «Ciudades Esponja» que utiliza una mezcla de soluciones de ingeniería e infraestructura verde para reducir las inundaciones urbanas, incrementar la capacidad de almacenamiento y mejorar la calidad de las aguas en 80% de las zonas urbanas para el año 2030 (NL, 2016). En Estados Unidos la producción de energía termoeléctrica es el mayor usuario individual del agua (~45%) (Maupin *et al.*, 2014; PacInst, 2015); su uso podrá restringirse a medida que las centrales eléctricas sean más eficientes y las centrales de carbón se vayan volviendo obsoletas. Para los usos domésticos e industriales se han producido mejoras en la investigación

y el desarrollo tecnológico en todos los embalses y escalas regionales con objeto de incluir nuevas tecnologías de monitoreo, y optimizar la resolución de datos, las redes inalámbricas de sensores inteligentes y el análisis exhaustivo de grandes volúmenes de datos (IBM, 2015; WERF, 2016; ReNUWIt, 2017). La tecnología de microsensores aporta mejoras en la resolución de componentes ambientales tales como el nitrógeno y el fósforo, y de las rutas hidrológicas que éstos utilizan (Rundel, *et al.*, 2009; Cáceres *et al.*, 2017). El despliegue de redes inalámbricas de sensores inteligentes será cada vez más utilizado para entender la eficacia del transporte y las plantas de tratamiento que presentan problemas ecológicos, tales como las plantas de tratamiento de aguas residuales, los sistemas de alcantarillado y agua de lluvia, la infraestructura verde y los humedales

construidos (Shuster y Rhea, 2013; Hering *et al.*, 2013; EPA, 2015). Los métodos de nueva generación para el tratamiento de las aguas residuales y el monitoreo de bacterias optimizará los esfuerzos de recuperación del recurso hídrico a partir de las aguas residuales incluyendo la reutilización directa del agua potable, la recuperación de los nutrientes y la producción energética (Tchobanoglous *et al.*, 2011; Hering *et al.*, 2013; WERF, 2016). Las nuevas investigaciones para concienciar al público de los datos ambientales en cuestiones de cantidad y calidad del agua también mejorarán las medidas de eficiencia. Las aplicaciones interactivas de la telefonía móvil pueden aportar eficiencias domésticas mediante el control del uso del agua en los hogares utilizando electrodomésticos inteligentes, la humedad del suelo en el paisajismo residencial y comercial, y foros de concienciación social tales como Facebook, Twitter, etc.

Se requerirán mayores planificación, modelado y elaboración de programas a nivel local y estatal tanto para almacenar datos y resultados, como para sintetizar en beneficio del público la información referente a los recursos hídricos disponibles y los esfuerzos de conservación, como por ejemplo el Centro de Intercambio de Datos de California (<http://cdec.water.ca.gov/>). La información pública y los programas educativos pueden suscitar prácticas de conservación sostenibles que incluyan la infraestructura verde, la recolección del agua de lluvia, la recarga de los acuíferos, alternativas de paisajismo, agua saneada para riego, torres de refrigeración y procesos industriales (NRC, 2012; EPA, 2016). Los instrumentos de gestión de cuencas de bajo coste para operaciones hídricas requieren un mayor desarrollo para poder conectar a los organismos del agua de las cuencas vecinas con los usuarios aguas abajo (WERF, 2016). En la actualidad en Estados Unidos se hallan disponibles aplicaciones

gratuitas de base científica para asistir a pequeñas y grandes comunidades en el monitoreo de las aguas de escorrentía y la calidad hídrica aguas abajo, tales como la Caja de herramientas de modelado de infraestructura verde de la EPA (www.epa.gov/water-research/green-infrastructure-modeling-toolkit). Una mayor investigación que incremente la participación de los programas de ciencia ciudadana en torno al recurso hídrico, y que enfatice los procesos incorporados de control de calidad de las aguas, contribuirá a optimizar los programas para la recopilación de datos gubernamentales y a mejorar la divulgación pública y la comunicación con los dirigentes de las

comunidades. Las plataformas de telefonía celular pueden crear una red de control público de bajo coste que permita identificar rápidamente las zonas de preocupación ambiental y aportar información a los responsables del recurso hídrico acerca de cómo responder a los problemas detectados. Por ejemplo, la evaluación in situ de los parámetros de calidad del agua utilizando los indicadores de un teléfono móvil identifica altas concentraciones de bacterias o de metales pesados en el río próximo a la toma de agua municipal, lo que puede alertar a los gerentes de las plantas para que utilicen fuentes de aguas subterráneas hasta haber remediado el problema de contaminación.

LOS AVANCES EN LA AGRICULTURA



En las comunidades rurales y en las naciones en vías desarrollo las prácticas agrícolas y de riego pueden ser modificadas para obtener importantes ganancias. Globalmente el riego supone el 70% del uso del recurso hídrico, y se prevén grandes incrementos en el uso del recurso para la producción industrial y energética a medida que los países se vayan desarrollando (WWAP, 2017). En África la agricultura está basada en técnicas de agricultura de secano y se riega menos del 5% de la tierra cultivada (Banco Mundial, s.f.). En 2010 la población africana superó la cuota de 1 billón, y se prevé que esta cifra se verá duplicada para el año 2050 (AfDB/OECD/UNDP, 2015); por lo tanto, para alimentar a la población creciente pueden efectuarse mejoras en la agricultura nominal de agua de lluvia mediante programas de riego y de reutilización del recurso hídrico. En Estados Unidos se produjo una importante mejora en la eficiencia del riego gracias a la sustitución del riego por inundación por el riego con aspersores de pivote central. Los

programadores de riego funcionan gracias a la optimización del monitoreo y la información en base a un modelo. El monitoreo hidrológico y del suelo se ha ampliado pasando de dispersas estimaciones regionales a partir de perfiles de humedad del suelo, lisímetros y metros de evapotranspiración a microsensores localizados en el campo que informan tanto de las necesidades específicas de los cultivos, como de los parámetros de calidad del agua en el canal de entrada y los efluentes de salida. Controlar la calidad del agua durante el evento de riego aporta una información esencial para monitorear la contaminación de una fuente difusa y aportar alternativas de gestión (WERF, 2016).

Herramientas y modelos adicionales para lograr las mejores prácticas en la gestión agrícola están cada vez más disponibles a través de recursos estatales en Internet. California proporciona el Sistema de información para el manejo del riego de California (CIMIS), que integra información cada hora de la estación

meteorológica por todo el estado con datos de nubosidad por satélite geostacionario que aportan índices de evapotranspiración y ciclos de riego (Hart *et al.*, 2008; www.cimis.water.ca.gov/Resources.aspx). Los nuevos modelos de cultivo pueden prever diversos rendimientos agrícolas y necesidades de riego potencial en base a la variabilidad climática causada por los efectos previstos de Oscilación del Sur–El Niño (Nigoyi *et al.*, 2015). Algunas herramientas de gestión, tales como las herramientas de apoyo U2U (AgClimate4U.org), para la toma de decisiones en las regiones agrícolas van más allá de la eficiencia del uso hídrico, e incluyen inversiones en riego, control de plagas, calidad del agua, selección de cultivos

de cobertura, riesgo de heladas, etc., a fin de proporcionar una completa gestión de campo. Estas crecientes plataformas online de redes hídricas no sólo permiten a los agricultores y socios industriales compartir datos, nuevas tecnologías y fracasos estratégicos, sino también participar en proyectos piloto y de investigación (WERF, 2016).

Además, las masas de agua distribuidoras y receptoras pueden aportar un importante incremento de beneficios en la gestión de la calidad del agua y los nutrientes. La rehabilitación de los corredores fluviales mediante una mayor conectividad entre las llanuras aluviales y los humedales, la restauración de las cañadas y los flujos hiporréicos pueden

disminuir la carga de nutrientes y sedimentos para los usuarios aguas abajo (EPA, 2016; WERF, 2016). Los efectos directos de la rehabilitación de ríos y humedales para la gestión de nutrientes y sedimentos proporcionan resultados dispares que dependen de las cargas entrantes de nutrientes, el clima regional, los factores biogeoquímicos en la zona fluvial y ribereña, además de la composición de los residuos de nutrientes en el suelo debido a su uso histórico (Sharpley *et al.*, 2013; Pinay *et al.*, 2015; Davis *et al.*, 2015). Se necesita más información para identificar los procesos biogeoquímicos y cuantificar los flujos de nutrientes a través de la interfaz acuático terrestre en los humedales y los corredores ribereños.

EL DESARROLLO DE LA FUERZA LABORAL Y LAS COMPETENCIAS EMERGENTES REQUERIDAS EN LAS DISCIPLINAS HÍDRICAS

El 1% de la fuerza laboral mundial trabaja directamente en el sector del agua, y los operadores de las instalaciones de suministro de agua potable y de saneamiento de aguas residuales suponen el 80% de esta fuerza laboral (Estache y Garsous, 2012; UNESCO-UNEVOC, 2012). A su vez, estos puestos asisten aproximadamente a la mitad de la fuerza laboral mundial en industrias dependientes del recurso hídrico, incluidos la agricultura, la silvicultura, la industria pesquera, el transporte, la producción energética, la industria manufacturera que requiere un uso intensivo del recurso, el reciclaje y la construcción (WWAP, 2016). En la actualidad los principales factores que ponen en riesgo la disponibilidad del agua son los recursos hídricos esenciales limitados para unas poblaciones crecientes, la no observación de las políticas de conservación, las estrategias infraexplotadas para el reciclaje del agua y la escasez de profesionales capacitados

para los empleos relacionados con el agua (NRC, 2012; ILO, 2011; UN-WATER, 2014, WERF, 2016). De ahí que, además de los aspectos técnicos de investigación, exista la necesidad de diseñar métodos de formación y herramientas que optimicen la capacitación de los trabajadores y fortalezcan la capacidad de las instituciones gubernamentales, los responsables del recurso hídrico y las organizaciones no gubernamentales (WWAP, 2016).

Desarrollo de la fuerza laboral y centros de investigación: la sostenibilidad es un elemento clave en las instituciones municipales, empresariales y académicas que se centran en los recursos hídricos, la infraestructura verde y la producción energética alternativa. Los puestos de trabajo en sostenibilidad abordan la conservación del recurso, la mejora de la eficiencia, las tecnologías responsables con el medio ambiente, la educación ambiental y social, y la

planificación y el diseño estratégicos. Globalmente la mayor demanda de empleos que requieren expertos en sostenibilidad incluyen (Posibilidades de carrera, 2017):

1. Consultores de sostenibilidad.
2. Científicos ambientales.
3. Ingenieros ambientales.
4. Directores o gerentes de sostenibilidad del campus.
5. Responsabilidad social corporativa/ Profesionales de la sostenibilidad.
6. Profesionales de la ecoconstrucción.
7. Ingenieros y científicos de los recursos hídricos.
8. Científicos de la agricultura y la alimentación.

El campo de la energía renovable (solar, eólica, geotérmica y de biocombustibles) empleó a 8,1 millones de personas en 2015, a los que se suman 1,3 millones en grandes operaciones hidroeléctricas. Sólo China cuenta con la mitad del empleo glo-

Crecimiento laboral estimado en EE.UU. 2014-2024

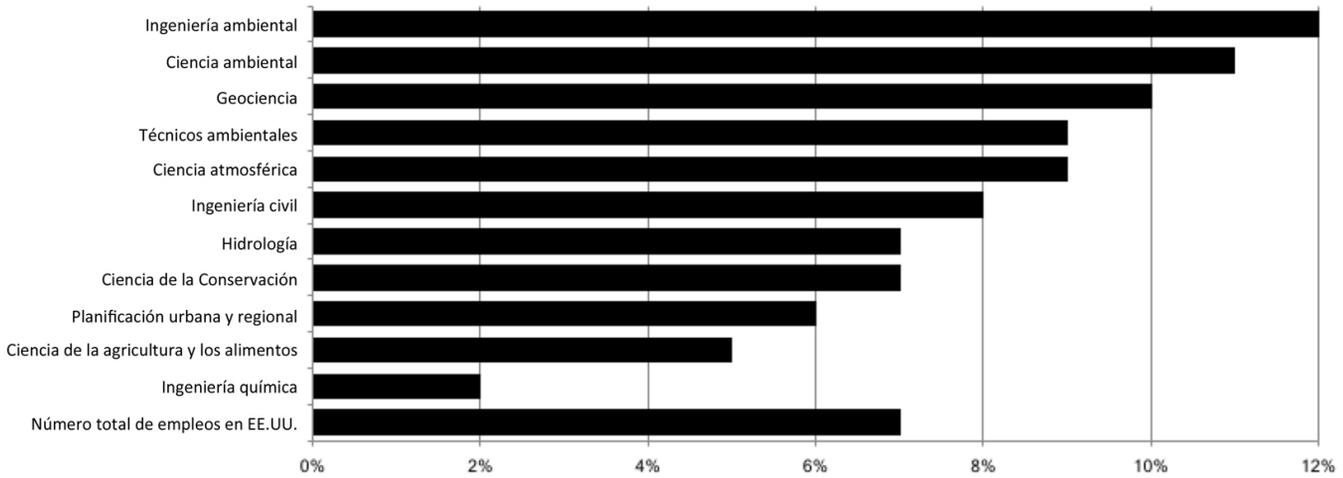


Fig. 4. Previsiones del crecimiento laboral en EE.UU. para el período 2014-2024. Fuente: Oficina de Estadística Laboral de EE.UU., 2016-2017.

bal en hidroeléctricas, con 209.000 personas en los proyectos hidroeléctricos pequeños y 690.000 en los grandes (IRENA, 2016). La mayor cantidad de empleos relacionados con la energía renovable han sido localizados en China, Brasil, Estados Unidos, India, Japón y Alemania. Desde la perspectiva de la sostenibilidad existen grandes solapamientos en recursos hídricos y producción energética. Por ejemplo, en California en torno al 20% de la electricidad es consumida por un uso energético relativo al agua, que incluye almacenamiento de

agua potable, transporte, tratamiento y distribución, además de la captación, el tratamiento y el vertido de aguas residuales (Comisión energética de California, 2005). Una alternativa sería emplear el saneamiento de las aguas residuales para actividades potables en lugares estratégicos del estado, lo que supondría un ahorro de energía neto estimado de 0,7 a 1 TWh / año. Con un costo de energía de \$ 0,075 / kWh, el ahorro sería del orden de 50 y 87 millones de dólares al año (Schroeder *et al.*, 2012). En vista a estas ganancias potenciales,

la Oficina de Estadística Laboral (2016-17) estima que el crecimiento laboral en el campo de la ingeniería ambiental es casi el doble de la media nacional (Figura 4). Otros campos relacionados con el recurso hídrico muestran un crecimiento laboral variable con relación al crecimiento global en Estados Unidos, y se prevé un importante crecimiento en los campos que monitorean, investigan y mejoran la eficiencia de los recursos ambientales e hídricos.

CONCLUSIONES



Este momento histórico presenta grandes retos para los responsables del agua que operan en sistemas socio ambientales complejos y dinámicos. En primer lugar, los efectos del cambio climático, los patrones cambiantes del uso del suelo en las cuencas y el crecimiento o traslado de las poblaciones contribuyen a ejercer una gran presión sobre el suministro y el tratamiento del recurso hídrico, y la infraestructu-

ra para la gestión de inundaciones. En segundo lugar, muchas comunidades reconocen la importancia de contar con un suministro seguro del recurso hídrico, pero también desean asegurarse de que ello se logre en un entorno saludable que preserve la biodiversidad y los rasgos ambientales que protegen la salud humana y apoyan los valores culturales, recreacionales y de provisión alimentaria.

Los recientes y actuales avances tecnológicos y una fuerza de trabajo formada de manera más interdisciplinaria pueden articular, analizar y visualizar futuros alternativos que permitan a las comunidades tomar decisiones fundamentadas en un suministro seguro del agua y en las posibles direcciones en que puede evolucionar el medio ambiente. Las tecnologías emergentes de monitorización, con

frecuencia en tiempo real a través de la teledetección, la distribución de sensores puntuales y el rastreo de biota permiten seguir de forma transparente el progreso o las desviaciones previstas de las condiciones futuras. Estas tecnologías y la síntesis de la

monitorización de datos conforman una gestión adaptable, se ajustan a consecuencias no deseadas, actualizan las previsiones y son capaces de comunicarse de forma clara con el público, y con los responsables y funcionarios electos.

* Peter Goodwin

** Andrew W. Tranmer

*Doctor en Ingeniería Hidráulica

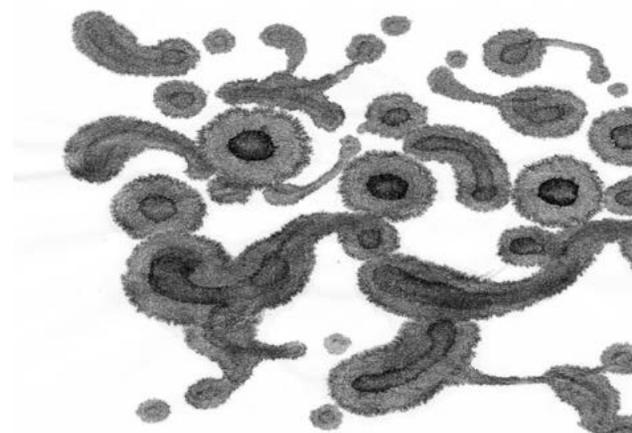
**Doctor en Ingeniería Civil

Centro de Investigación de Ecohidráulica
Universidad de Idaho, EE.UU.

Referencias

- AfDB/OECD/UNDP (African Development Bank/Organisation for Economic Co-operation and Development/United Nations Development Programme). 2015. African Economic Outlook 2015: Regional Development and Spatial Inclusion. París, OECD Publishing. <http://dx.doi.org/10.1787/aeo-2015-en> (visitado el 5 de junio, 2017).
- Allen, M, Preis, A, Iqbal, M, Srirangarajan, S, Lim, HB, Girod, L, Whittle, AJ. 2011. Real-time in-network distribution system monitoring to improve operational efficiency. *J. Am. Water Works Assoc.* 103, 7, 63–75.
- Kunkel, G, Sturm, R. 2011. Piloting proactive, advanced leakage management technologies. *J. Am. Water Work Assoc.* 103, 2, 62–75.
- Asahi Glass Foundation. 2016. Results of the 25th Annual "Questionnaire on Environmental Problems and the Survival of Humankind". <http://www.af-info.or.jp/en/questionnaire/result.html>.
- Borden, J.C., Borden, S., Mistry, P. 2016. Crowdsourcing water quality data: a conceptual framework. Washington, D.C.: World Bank Group. 56 p. <http://documents.worldbank.org/curated/en/136211480682845472/Crowdsourcing-water-quality-data-a-conceptual-framework>.
- Brekke, LD, Kiang, JE, Olsen, JR, Pulwarty, RS, Raff, DA, Turnipseed, DP, Webb, RS, White, KD. 2009. Climate change and water resources management—A federal perspective: U.S. Geological Survey Circular 1331, 65 p. (También disponible online en <http://pubs.usgs.gov/circ/1331/>).
- Bureau of Labor Statistics. 2017. U.S. Department of Labor, Occupational Outlook Handbook, 2016-17 Edition, Environmental Scientists and Specialists. <https://www.bls.gov/ooh/life-physical-and-social-science/environmental-scientists-and-specialists.htm> (visitado el 5 de abril, 2017).
- Carlin, A., 2005. The New Challenge to Cost-Benefit Analysis, U.S. EPA <http://object.cato.org/sites/cato.org/files/serials/files/regulation/2005/9/v28n3-3.pdf>.
- Cloern, J. and A. Jassby. 2012. Drivers of change in estuarine-coastal ecosystems: Discoveries from four decades of study in San Francisco Bay. *Reviews of Geophysics*, 50, RG4001: 33 p.
- DeFries, R, Nagendra, H. 2017. Ecosystem management as a wicked problem. *Science* 356, 6335, 265-270. doi: 10.1126/science.aal1950.
- Degree Prospects. (2017). <http://www.sustainabilitydegrees.com/blog/most-in-demand-sustainability-jobs/> (visitado el 5 de junio, 2017).
- Dettinger, M.D., F.M. Ralph, T. Das, P. J. Neiman, and D.R. Cayan. 2011. Atmospheric rivers, floods and the water resources of California. *Water* 3:445-478.
- Dryzek, John, Richard Norgaard, David Schlosberg. 2013. *Climate-Challenged Society*. Oxford University Press <http://global.oup.com/academic/product/climate-challenged-society-9780199660117?cc=us&lang=en&>.
- Estache, A, Garsous, G. 2012. The Scope for an Impact of Infrastructure Investments on Jobs in Developing Countries IFC Economics Notes. Note 4. Washington, DC, International Finance Corporation (IFC). <http://www.ifc.org/wps/wcm/connect/32da92804db7555c8482a4ab7d7326c0/INR+Note+4+--+The+Impact+of+Infrastructure+on+Jobs.pdf?MOD=AJPERES>.
- Foster, S, Lawrence, A, Morris, B. 1998. Groundwater in Urban Development. World Bank Technical Paper no.390, The World Bank, 1998.
- Furlong ET, Batt AL, Glassmeyer ST, Noriega MC, Kolpin DW, Mash H, Schenck KM. 2017. Nationwide reconnaissance of contaminants of emerging concern in source and treated drinking waters of the United States: Pharmaceuticals, *Science of The Total Environment* 579, 1, 1629-1642. ISSN 0048-9697, <http://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2016.03.128>.
- Gleick PH. 2016. Water strategies for the next administration. *Science* 354, 6312, 555-556.
- Gleick PH. 2014. Water, Drought, Climate Change, and Conflict in Syria. *Weather, climate, and society* 6, 3, 331-340.
- GWI (Global Water Intelligence). 2015. Getting Ready for the Desal Rebound: Urbanisation, Climate Change and a Drop in the Cost of Energy are Set to Spur a Rebirth of the Flagging Desal Market. *Global Water Intelligence Magazine*, Vol. 16, No. 4. <http://www.globalwaterintel.com/global-water-intelligence-magazine/16/4/market-profile/getting-ready-desal-rebound>.
- GWRC (Global Water Research Coalition). 2015. Results "Questionnaire Resource Recovery" summer 2015. pp. 24. http://www.globalwaterresearchcoalition.net/_r1530/media/system/attrib/file/573/Resource%20Recovery%20Inventory%20Sept%202015.pdf.
- Haden, V.R., M.T. Niles, M. Lubell, J. Perlman, and L.E. Jackson. 2012. Global and local concerns: What attitudes and beliefs motivate farmers to mitigate and adapt to climate change? *PLoS ONE* 7(12): e52882. doi:10.1371/journal.pone.0052882.
- Hering, JG, Waite, TD, Luthy, RG, Drewes, JE, Sedlak, DL. 2013. A Changing Framework for Urban Water Systems. *Environmental Science and Technology* 47, 19, 10721-10726.
- Howe, PD, Mildenerger, M, Marlon, JR, Leiserowitz, A. 2015. Geographic variation in opinions on climate change at state and local scales in the USA. *Nature Climate Change* 5, 596–603. doi:10.1038/nclimate2583.
- Hsiang, S, Burke, M, Miguel, E, 2013. Quantifying the Influence of Climate on Human Conflict. *Science* 341, 6151, 1235367.
- IBM. 2017. Smarter Cities: Smarter Building Management. pp12. <https://www-935.ibm.com/industries/government/smarter-building-management-paper/#/the-results-beyond-savings-new-insight-control-and-responsiveness>.
- ILO (Organización Internacional del Trabajo - OIT). 2011. Skills for Green Jobs: A Global View: Synthesis Report based on 21 Country Studies. Geneva, Switzerland, ILO. http://www.ilo.org/wcmsp5/groups/public/-/dgreports/-/dcomm/-/publ/documents/publication/wcms_159585.pdf.
- IRENA (Agencia Internacional de Energías Renovables). 2016. Renewable Energy and Jobs: Annual Review 2016. Masdar City, United Arab Emirates, IRENA. http://www.irena.org/DocumentDownloads/Publications/IRENA_RE_Jobs_Annual_Review_2016.pdf.
- Kliskey, A., L.M. Alessa, S. Wandersee and M. Wipfli, 2016. A science of integration: frameworks, processes and products in a place-based, integrative study. *Sustainability Science*.
- Krause, S, J Lewandowski, CN. Dahm, K Tockner. 2015. Frontiers in real-time ecohydrology – a paradigm shift in understanding complex environmental systems. *Ecohydrology* 8, 529–537.
- LADWP (Los Angeles County Department of Public Works). 2017. Water Resources Division. <http://ladpw.org/wrd/SpreadingGround/index.cfm>.
- Maupin, MA, Kenny, JF, Hutson, SS, Lovelace, JK, Barber, NL, Linsey, KS. 2014. Estimated use of water in the United States in 2010: U.S. Geological Survey Circular 1405, 56 p., <https://pubs.usgs.gov/circ/1405/>.
- Medellín-Azuara, J. et al., 2016. Center for Watershed Sciences, University of California Davies, Integrated Modeling for Adaptive Management of Estuarine Systems. Report of the NSF Workshop May 21-22, 2015. 44p. Disponible en: <integratedmodeling.ucdavis.edu>.
- https://watershed.ucdavis.edu/files/content/files/NSF_Report_Integrated%20Modeling%20for%20Adaptive%20Management_20160229.pdf.
- Milly, PCD, Betancourt, J, Falkenmark, M, Hirsch, RM, Kundzewicz, ZW, Lettenmaier, DP,

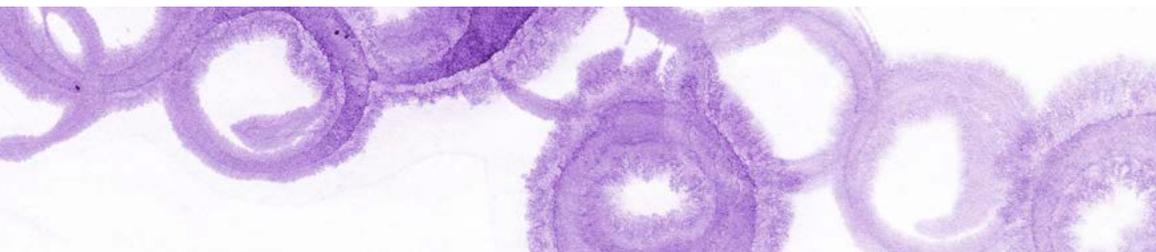
- Stouffer, R.J. 2008. Stationarity Is Dead: Whither Water Management? *Science* 319, 573-574.
- NL (Embassy of the Kingdom of the Netherlands, I&M department). 2016. Factsheet Sponge City Construction in China. pp. 4.
 - National Research Council (NRC). 2012. Water Reuse: Potential for Expanding the Nation's Water Supply Through Reuse of Municipal Wastewater. Washington, DC: The National Academies Press. doi:https://doi.org/10.17226/13303.
 - National Research Council. 2012. Sustainable Water and Environmental Management in the California Bay-Delta. The National Academies Press, Washington, D.C, 260 pp.
 - National Research Council. 2014. Convergence: Facilitating Transdisciplinary Integration of Life Sciences, Physical Sciences, Engineering, and Beyond. Washington, DC: The National Academies Press. 123p.
 - National Science Foundation, 2007. Cyberinfrastructure Vision for 21st Century Discovery, Cyberinfrastructure Council, March 2007.
 - NSF (National Science Foundation), 2016. 10 Big Ideas for Future NSF Investments. <http://www.sciencemag.org/news/2016/05/nsf-director-unveils-big-ideas-eye-next-president-and-congress>.
 - NSF (National Science Foundation, National Center for Science and Engineering Statistics). 2017. Women, Minorities, and Persons with Disabilities in Science and Engineering: 2017. Special Report NSF 17-310. Arlington, VA. Available at www.nsf.gov/statistics/wmpd/.
 - Niyogi, D, Liu, X, Andresen, J, Song, Y, Jain, AK, Kellner, O, Takle, ES, Doering, OC. 2015. Crop models capture the impacts of climate variability on corn yield, *Geophys. Res. Lett.*, 42, 3356–3363, doi:10.1002/2015GL063841.
 - OECD (Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos - OCDE). 2012. OECD Environmental Outlook to 2050: The Consequences of Inaction. París, OECD Publishing. <http://dx.doi.org/10.1787/9789264122246-en>.
 - ONU-AGUA. 2014. A Post-2015 Global Goal for Water: Synthesis of Key Findings and Recommendations from UN-Water.
 - ONU-AGUA. 2016. Towards a Worldwide Assessment of Freshwater Quality A UN-Water Analytical Brief. www.unwater.org.
 - Peckham, S.D., Hutton, E.W.H. and Norris, B. (2013). A component-based approach to integrated modeling in the geosciences: The design of CSDMS. *Computers & Geosciences* 53:3-12.
 - Plotkin, D., 2014. Data Stewardship: An Actionable Guide to Effective Data Management and Data.
 - ReNUWit (Re-inventing the Nation's Urban Water Infrastructure). 2017. Stanford University. <http://renuwit.org/research/>.
 - Rittel, HWJ, Webber, MW. 1973. Dilemmas in a General Theory of Planning. *Policy Sciences* 4, 2, 155-169.
 - Rockaway TD, Coomes PA, Rivard J, Kornstein B. 2011. Residential Water Use Trends in North America. *J. American Water Works Association* 103: 2, 76-89.
 - Rittel, H., and M. Webber. 1973. Dilemmas in a general theory of planning. *Policy Science* 4:155–169.
 - SFEI (San Francisco Estuary Institute), 2012. Sacramento-San Joaquin Delta historical ecology investigation: exploring patterns and process. SFEI Aquatic Science Center, Richmond, California, 408p.
 - SFEI (San Francisco Estuary Institute), 2016. A Delta Renewed: a guide to science-based ecological restoration in the Sacramento-San Joaquin Delta. SFEI Aquatic Science Center, Richmond, California, 143 p.
 - Tchobanoglous, G, Leverenz, H, Nellor, MH, Crook, J. 2011. Direct Potable Reuse; Water Reuse Research Foundation: Alexandria, VA.
 - Teuten, EL, Saquing, JM, Knappe, DRU, Barlaz, MA, Jonsson, S, Bjorn, A, Rowland, SJ, Thompson, RC, Galloway, TS, Yamashita, R, Ochi, D, Watanuki, Y, Moore, C, Viet, PH, Tana, TS, Prudente, M, Boonyatumanond, R, Zakaria, MP, Akkhavong, K, Ogata, Y, Hirai, H, Iwasa, S, Mizukawa, K, Hagino, Y, Imamura, A, Saha, M, Takada, H. 2009. Transport and release of chemicals from plastics to the environment and to wildlife. *Philosophical Transactions of the Royal Society B – Biological Sciences* 364, 1526, 2027–2045.
 - UN DESA (Naciones Unidas Departamento de Asuntos Económicos y Sociales, ONU DAES). 2015a. World Urbanization Prospects: The 2014 Revision. New York: United Nations. <http://esa.un.org/unpd/wup/FinalReport/WUP2014-Report.pdf>.
 - UN DESA (Naciones Unidas Departamento de Asuntos Económicos y Sociales, ONU DAES). 2015b. 2015 Revision of World Population Prospects: Key Findings and Advanced Tables. Working Paper No. ESA/P/WP.241. New York, Population Division, UN DESA. http://esa.un.org/unpd/wpp/Publications/Files/Key_Findings_WPP_2015.pdf.
 - UNEP (Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente - PNUMA). 2011d. Water: Investing in Natural Capital. UNEP, Towards a Green Economy: Pathways to Sustainable Development and Poverty Eradication. Nairobi, UNEP.
 - UNEP (Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente - PNUMA). 2016. A snapshot of the world's water quality: towards a global assessment. United Nations Environment Programme (UNEP), Nairobi, 162 pp.
 - UNESCO-UNEVOC (United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization - International Centre for Technical and Vocational Education and Training). 2012 Skills Challenges in the Water and Wastewater Industry: Contemporary Issues and Practical Approaches in TVET. Bonn, Germany, UNESCO-UNEVOC.
 - Urban, MC, Bocedi, G, Hendry, AP, Mihoub, J-B, Pe'er, G, Singer, A, Bridle, JR, Crozier, LG, De Meester, L, Godsoe, W, Gonzalez, A, Hellmann, JJ, Holt, RD, Huth, A, Johst, K, Krug, CB, Leadley, PW, Palmer, SCF, Pantel, JH, Schmitz, A, Zollner, PA, Travis, JMJ. 2016. Improving the forecast for biodiversity under climate change. *Science* 353, 6304, 1113-aad8466-9. DOI: 10.1126/science.aad8466.
 - USGS (U.S. Geological Survey). 2003. Groundwater Depletion Across the Nation. U.S Geological Survey Fact Sheet 103-03. <https://pubs.usgs.gov/fs/fs-103-03/#pdf>.
 - WBCSD (World Business Council for Sustainable Development). 2006. Water, Facts and Trends. www.wbcsd.org, ISBN 2-940240-70-1.
 - WEF (World Environmental forum). 2016. The Global Risks Report 2016 11th Edition. <http://wef.ch/risks2016>.
 - WERF (Water Environment and Reuse Foundation). 2016. 2016 research products. pp. 9. www.werf.org.
 - Wohl, E. 2016. Messy rivers are healthy rivers: The role of physical complexity in sustaining ecosystem processes. In: *River Flow 2016*, Constantinescu, G, Garcia, M, Hanes, D, (eds), Taylor & Francis Group, London, 24-29.
 - World Bank. n.d. The World Bank website. Cooperation in International Waters in Africa (CIWA). www.worldbank.org/en/programs/cooperation-in-international-waters-in-africa (visited June 05, 2017).
 - WWAP (United Nations World Water Assessment Programme). 2009. The United Nations World Water Development Report 3: Water in a Changing World: Paris, UNESCO and London, Earthscan.
 - WWAP (United Nations World Water Assessment Programme). 2016. The United Nations World Water Development Report 2016: Water and Jobs. Paris, UNESCO.
 - WWAP (United Nations World Water Assessment Programme). 2017. The United Nations World Water Development Report 2017. Wastewater: The Untapped Resource. Paris, UNESCO.
 - Yarnell, S.M., Petts, G.E., Schmidt, J.C., Whipple, A.A., Beller, E.E., Dahm, C.N., Goodwin, P. and Viers, J.H. (2015). Functional Flows in Modified Riverscapes: Hydrographs, Habitats and Opportunities. *BioScience* 65(10):963-972. doi: 10.1093/biosci/biv102.



TRAE CUENTA RECONOCER EL VALOR DEL AGUA

Tomás Ángel Sancho Marco

DESCRIPTORES:
CRISIS DEL AGUA
MEDIO AMBIENTE
CAMBIO CLIMÁTICO
AGUA Y EMPLEO
4IR
SEGURIDAD HÍDRICA



CONSIDERACIONES PREVIAS

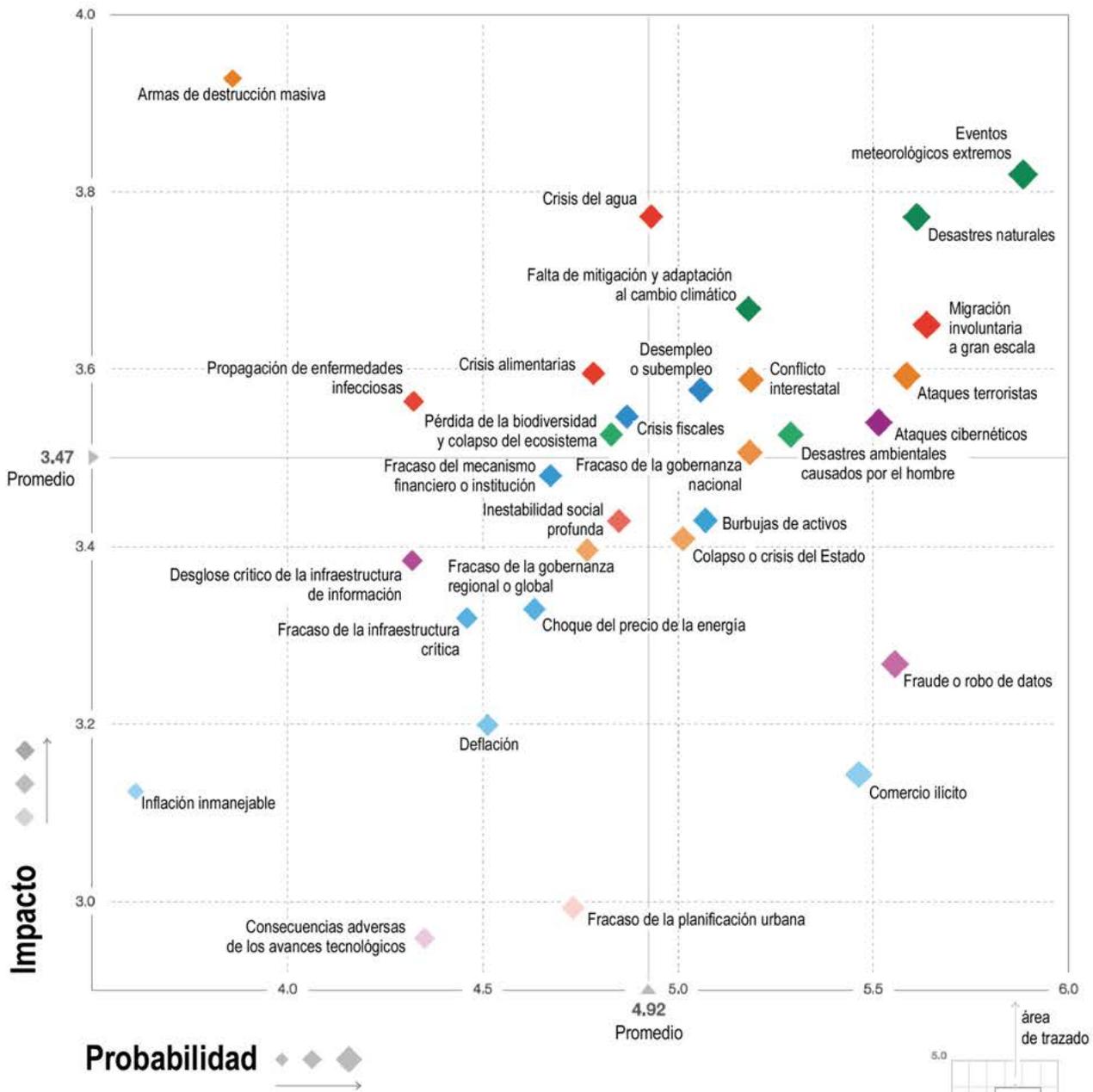
Quizá a consecuencia del sentimiento tradicional de que el agua cae del cielo y el Todopoderoso nos provee de ella, quizá por el sentimiento de humildad asociado al líquido elemento,¹ hasta muy bien entrado el siglo xx el valor económico del agua y su aportación al desarrollo socioeconómico ha sido ignorado. Y qué decir sobre sus valores ambientales y su aportación a los ecosistemas asociados.

Si bien siempre se ha reconocido su importancia,² hemos tenido que esperar a la rápida evolución experimentada en las últimas décadas, donde afortunadamente el agua va tomando un papel central en las reflexiones sobre nuestro futuro. Los sucesivos Informes de Naciones Unidas (World Water Development Reports, comenzados en 2003), la atención de los más relevantes organismos y talleres de opinión, los Foros Mundiales del Agua, y finalmente, la inclusión específica del agua en los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS 6) sin duda han abierto un camino en la dirección correcta, pero aún debe ser profundizado.

El agua, en su relevante papel para la vida y el desarrollo sostenible, permanece en muchas de sus facetas aún en

un sustrato no cuantificado, invisible para buena parte de la población, que aún piensa que sale por los grifos y corre por las conducciones porque sí, sin valorar la ingente tarea, esfuerzo y dedicación que ello supone, y sin reconocerle el valor que tiene. Es así preciso seguir avanzando en el camino emprendido, y asignar al agua el valor que tiene y aporta, explicitándolo en la contabilidad y estadística oficiales de los diversos países y de los diversos sectores productivos. Esto trae cuenta, merece la pena, pues hará posible adoptar las decisiones que se requieren, y que los estudios y reflexiones actuales indican como muy necesarias.

En efecto, resulta muy relevante que en los últimos años se señalen las Crisis del Agua como uno de los principales riesgos que debe afrontar la humanidad en un futuro cercano. El Foro Económico Mundial, en sus informes anuales sobre los Riesgos Globales (GRPS), viene mostrando en sus últimas siete ediciones cómo el agua destaca entre un grupo de riesgos interconectados relacionados con el medio ambiente, incluidos los eventos climáticos extremos y el cambio climático. Los riesgos relacionados con el medio ambiente vuelven a destacar en el paisaje de riesgo global de este año (ver Figura 1), con cada riesgo



Los 10 principales riesgos en términos de **Probabilidad**

- 1 Eventos meteorológicos extremos
- 2 Migración involuntaria a gran escala
- 3 Desastres naturales
- 4 Ataques terroristas
- 5 Fraude o robo de datos
- 6 Ataques cibernéticos
- 7 Comercio ilícito
- 8 Desastres ambientales causados por el hombre
- 9 Conflicto interestatal
- 10 Fracaso de la gobernanza nacional

Los 10 principales riesgos en términos de **Impacto**

- 1 Armas de destrucción masiva
- 2 Eventos meteorológicos extremos
- 3 Crisis del agua
- 4 Desastres naturales
- 5 Falta de mitigación y adaptación al cambio climático
- 6 Migración involuntaria a gran escala
- 7 Crisis alimentarias
- 8 Ataques terroristas
- 9 Conflicto interestatal
- 10 Desempleo o subempleo

Categorías

- ◆ Económica
- ◆ Ambiental
- ◆ Geopolítica
- ◆ Societal
- ◆ Tecnológica

Fig. 1. Panorama de los Riesgos Globales 2017, Foro Económico Mundial.

en la categoría de los ubicados en el cuadrante de mayor impacto y mayor probabilidad. Los riesgos ambientales están también estrechamente interconectados con otras categorías de riesgo. Cuatro de las interconexiones de entre las 10 de mayor riesgo señaladas en el GRPS de 2017 implican riesgos ambientales, siendo los más frecuentemente citados la pareja «crisis del agua» y «fracaso en la mitigación y adaptación al cambio climático».

Esto demuestra que la gestión ineficaz de los «recursos globales comunes» —los océanos, la atmósfera y el sistema climático— puede tener graves consecuencias tanto locales como globales. Por ejemplo, el cambio de patrones climáticos o las crisis de agua pueden desencadenar o exacerbar riesgos geopolíticos y sociales, como conflictos internos o regionales, y la migración involuntaria, especialmente en zonas geopolíticamente frágiles.

En un reciente informe (*High and Dry: Climate Change, Water and Economy*), el Banco Mundial destaca que la escasez de agua, exacerbada por el cambio climático, podría obstaculizar decisivamente el crecimiento económico, causar nuevas migraciones y encender la chispa de nuevos conflictos. Sin embargo, la mayoría de los países puede neutralizar los efectos negativos de la escasez de agua pasando a la acción y haciendo un uso más eficaz de los recursos hídricos.

Principales claves que ofrece el citado Informe:

- La escasez de agua, agravada por el cambio climático, podría costar a algunas regiones hasta el 6% de su PIB.
- Los efectos combinados del crecimiento de la población, el aumento de las rentas y la expansión de las ciudades incrementarán la demanda de agua exponencialmente, mientras que la oferta de abastecimiento será más errática e incierta.
- Si no se toman medidas pronto, el agua se hará escasa en regiones

donde actualmente abunda —como África Central y Asia del este— y la escasez se agravará considerablemente en regiones donde ya la hay, es decir, en lugares como Oriente Medio y el Sahel africano. Estas regiones podrían ver disminuidas sus tasas de crecimiento en un 6% del PIB en 2050 debido a los impactos de la escasez de agua en la agricultura, la salud y otras actividades económicas.

- La inseguridad hídrica podría multiplicar el riesgo de conflictos. Las alzas de los precios de alimentos causadas por las sequías pueden exacerbar conflictos latentes y desembocar en la migración poblacional. Ya hay experiencias que muestran que allí donde el crecimiento económico se ve afectado por lluvias, episodios de sequías e inundaciones, se han generado olas de migración y conflictos violentos.
- Los impactos negativos del cambio climático sobre el agua podrían ser neutralizados con decisiones políticas, y en algunas regiones hay potencial para mejorar sus tasas de crecimiento en un 6% si se aplica una mejor gestión de los recursos hídricos.
- Mejorar la administración del agua rinde altos dividendos económicos. Cuando los gobiernos responden a la escasez de agua con medidas para aumentar la eficiencia y promover la asignación de hasta el 25% del agua para usos de mayor valor, tales como unas prácticas agrícolas más eficientes, las pérdidas económicas pueden disminuir drásticamente, e incluso pueden desaparecer en algunas regiones.
- En las regiones del mundo extremadamente secas son especialmente necesarias las políticas de largo alcance para evitar el uso ineficiente del agua. Y se necesitan reformas políticas más fuertes para hacer frente a la agudización del estrés climático.
- Políticas y planes de inversiones más adecuados en el sector del

agua pueden contribuir a que los países alcancen economías más seguras y resistentes al cambio climático. Esto incluye:

- una mejor planificación para la asignación de los recursos de agua;
- la adopción de incentivos para aumentar la eficiencia del agua;
- y efectuar inversiones en infraestructura para un suministro más seguro de agua y para incrementar la disponibilidad del recurso.

En este contexto, la aportación del WWDR 2016, *Agua y Empleo*, ha contribuido a desvanecer una de las carencias de reconocimiento del valor del agua: su relación con el empleo. El agua es un componente esencial de las economías nacionales y locales, y es necesaria para crear y mantener los puestos de trabajo en todos los sectores de la economía. La mitad de la mano de obra mundial está empleada en ocho sectores que dependen del agua y de los recursos naturales: agricultura, bosques, pesca, energía, producción con uso intensivo de recursos, reciclaje, construcción y transportes.

La gestión sostenible del agua, las infraestructuras del agua y el acceso a un suministro seguro, fiable y asequible del agua y servicios de saneamiento adecuados mejoran el nivel de vida, expanden las economías locales y promueven la creación de puestos de trabajo más dignos y una mayor inclusión social. La gestión sostenible del agua es también un motor esencial para el crecimiento verde y el desarrollo sostenible.

Por el contrario, si no se atienden de inmediato las cuestiones del agua se corre el riesgo de causar un impacto muy negativo en la economía, los modos de vida y las poblaciones, con unos resultados potencialmente catastróficos y extremadamente costosos. Una gestión insostenible del agua y de otros recursos naturales puede causar graves daños a la economía y a la sociedad, virviendo de esta forma

muchos de los progresos realizados con gran esfuerzo en la reducción de la pobreza, la creación de empleo y el desarrollo.

Los análisis realizados en el Informe *Agua y Empleo* han permitido estimar que más de 1.400 millones de puestos de trabajo, es decir, el 42% de la población activa mundial, dependen en gran medida del agua. Se estima además que 1.200 millones de puestos de trabajo, es decir, el 36% de la población activa mundial, son moderadamente dependientes del agua. Se trata en este caso de sectores que no requieren acceso a cantidades significativas de recursos hídricos para llevar a cabo la mayor parte de sus actividades, pero para los cuales el agua es, sin embargo, un componente necesario en una o más partes de sus cadenas de valor. Ejemplos de sectores con puestos de trabajo moderadamente dependientes del agua incluyen la construcción, el ocio y el transporte. Resumiendo, el 78% de los puestos de trabajo que constituyen la mano de obra mundial dependen del agua.

Pero esto está totalmente oculto en las estadísticas oficiales y no se asigna en ningún país ni región porcentaje alguno del PIB al agua... Como el mismo Informe destaca, en términos de puestos de trabajo y empleo hay pocas estadísticas que reflejen la realidad actual del agua y el trabajo. Tienden a simplificar la situación fundamental (a menudo debido a sus objetivos, métodos de medición y marcos conceptuales), lo cual da como resultado una cobertura parcial, un nivel de detalle insuficiente y un análisis incompleto de temas complejos. Uno de los mayores retos consiste en recoger datos e información relacionados con el trabajo informal, a tiempo parcial y/o no remunerado. Otro reto consiste en identificar el nivel de «dependencia del agua» de cada trabajo. Podrían analizarse los datos de la *World Input-Output Database* para ver hasta qué punto depende toda la economía

del suministro de agua y cuántos puestos de trabajo se crean cuando un gobierno aumenta o mejora el suministro de agua, estableciendo las conexiones, tanto pasadas como futuras, de abastecimiento de agua y sectores relacionados con el mismo para calcular los efectos multiplicadores totales de las posibles inversiones en un sector determinado.

Queda pues aún mucho camino por recorrer para reconocer el valor que el agua *realmente* tiene, y sin embargo, trae cuenta aplicarnos a ello, pues de esta manera se adoptarán de manera justificada y aceptada por la sociedad civil decisiones trascendentes para un mejor futuro de la humanidad y de nuestras condiciones de vida.

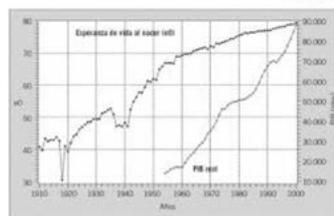
EL AGUA EN ESPAÑA Y SU ESCASO VALOR RECONOCIDO

Según los trabajos recogidos en el Libro Blanco del Agua en España (MMA, 2000), sólo una pequeña fracción de los recursos naturales totales (110.000 hm³/año), del orden del 7%, podría ser aprovechada en la satisfacción de las diferentes necesidades de agua si no se alterase artificialmente el régimen natural. Como consecuencia de la infraestructura de regulación construida en España durante el siglo xx, especialmente en su segunda mitad, se ha producido un apreciable incremento de los volúmenes aprovechables, que se situarían ahora en torno al 36% de las aportaciones naturales frente al 7% anterior.

Este cambio ha favorecido evidentemente el desarrollo de la actividad económica del país, como se puede ver en la Figura 2. Sin embargo, queda pendiente realizar el análisis que cuantifique y evalúe dicha contribución en términos del PIB.

Aunque se empiezan a aportar algunas cifras globales, también está pendiente evaluar y cuantificar con rigor el valor del patrimonio hidráulico en España, lo cual permitiría aproximarse también a la estimación de la inversión necesaria para su mantenimiento. Es patente la necesidad de mejorar el conocimiento en este campo y de aplicar en consecuencia los recursos económicos necesarios

SISTEMA ESPAÑOL DE GESTIÓN DEL AGUA: UN SUEÑO HECHO REALIDAD



- Siglo XX: Población 6, Consumo de agua x24
- Esperanza de vida x 2
- 9ª economía mundial (2007)

- Conseguido con seguridad legal, participación de usuarios, un gran incremento de obras hidráulicas, y la creación de las Confederaciones Hidrográficas

El agua está en la raíz del milagro español:

- En el país más seco de Europa...
- ✓ 3, 5 millones ha de riego
- ✓ 46 millones de habitantes + 64 millones de turistas/año
- ✓ 31780 GWh hidroeléctricos (2000)
- ✓ La más rica biodiversidad de Europa

Fig. 2. El SEGA – Sistema Español de Gobernanza del Agua--: claves y logros.

para mantener en servicio este activo tan importante para nuestro país.

Resulta hoy día incomprensible el despegue de la economía española sin atribuir al agua y su disponibilidad buena parte del mismo. Pero en la contabilidad oficial el agua no aparece, pues en las tablas input-output del sector agroalimentario, o del sector energético, o del sector turístico, o de

otras partes del sector industrial o del sector servicios nada se atribuye al factor agua: sigue dándose por supuesto su disponibilidad. De modo que sólo se puede comprender su importancia económica y social (y de cara a la creación de empleo) si se procede por reducción al absurdo: si regresáramos a las condiciones naturales, a reducir su disponibilidad a ese 7% (menos

de 8.000 hm³/año), ¿cómo sería el escenario económico y de empleo? Los usos urbanos y domésticos ya consumirían más del 60% de esa disponibilidad... ¿Cómo hacer desaparecer sin arruinar la economía nacional y el nivel de empleo el resto de la actividad productiva, de los sectores primario, secundario y terciario?...

Máxime cuando el desequilibrio espacial es tan acusado: en España, la distribución de las precipitaciones entre las distintas regiones es muy irregular y hay que considerar el carácter estacional de las mismas. Coincide, además, que la época de mayor demanda de agua es cuando menos llueve y que las regiones con mayores necesidades de agua son también las más deficitarias. Un claro ejemplo de esto es el caso del turismo de Andalucía en verano o las producciones hortofrutícolas de la zona de Levante, «la huerta de Europa», que pueden ver condicionado su desarrollo por la falta de agua. Si a todo esto le unimos que, debido al cambio climático, se prevé un aumento de las temperaturas y una disminución de las precipitaciones, de mayor incidencia en los territorios más vulnerables, el agua será un factor cada vez más limitante.

España genera la mayor parte de su producto interior bruto en regiones históricamente secas, especialmente en el litoral mediterráneo y las islas.

En 2007, un estudio del Ministerio de Medio Ambiente estimaba que cada metro cúbico de agua que se entregaba a los sectores económicos españoles aportaba 27,50 euros de valor añadido. En 2015, los negocios que más recurren al líquido elemento representaron un 22,7% del PIB y más de un tercio de las exportaciones. En la última Encuesta de Población Activa, uno de cada cinco españoles ocupados lo estaba en un sector intensivo en agua.

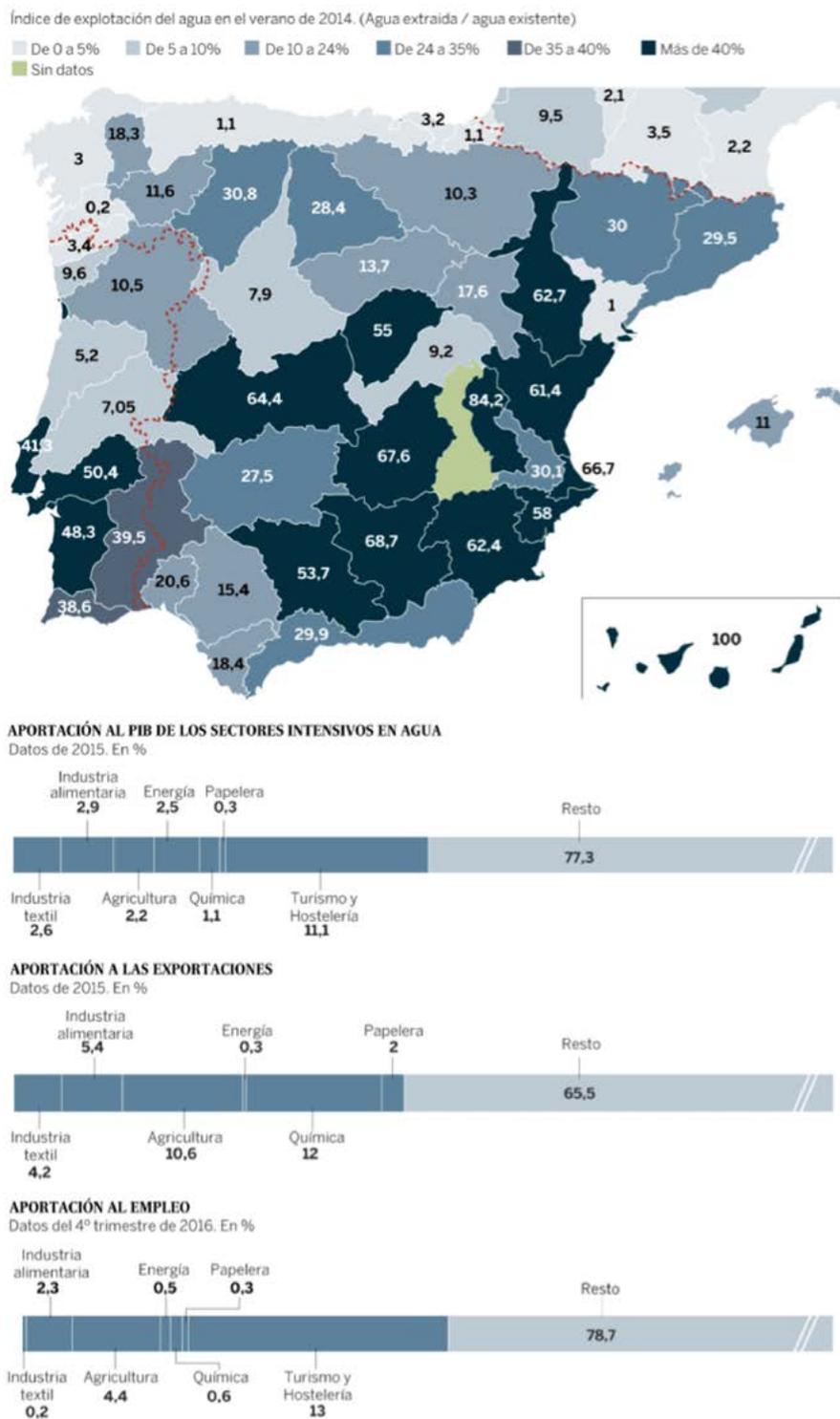


Fig. 3a. Explotación industrial del agua en España. Cuencas hidrográficas y agua reutilizada.

Fig. 3b. Explotación industrial del agua en España. Cuencas hidrográficas y agua reutilizada.

Según la estadística del uso del agua del INE (que mide el balance entre el agua que se extrae del medio ambiente y que se devuelve) la mayoría del líquido elemento que se utiliza en España (del orden del 70%) se destina a la agricultura y la ganadería. Se ha pasado a ser el primer país por superficie con riego localizado y el segundo por porcentaje (después de Israel). De más de la mitad de los riegos por superficie hemos pasado a menos de 27%. El resultado es una eficiencia casi sin parangón. El regadío ocupa el 15% de la superficie agraria útil y representa un 60% de la producción final.

Después de los hogares, la tercera en importancia en el uso del agua es la industria; pero este gasto, en términos de balance de flujo de agua, es solo de un 2,25%. La industria tiene ciclos cerrados para gastar menos, y en buena parte el uso industrial es lo que se llama un uso no consuntivo. El agua para la industria y la energía se acumula, pero no se consume. En todo caso, la experiencia de las factorías españolas en la gestión del líquido elemento lo convierte en destino de campo de pruebas ideal: por ejemplo, la multinacional química estadounidense Dow ha instalado en España su centro de tecnología de agua mundial, con una inversión de 20 millones de euros y 50 empleos.

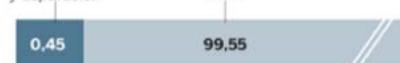
La industria de la alimentación, bebidas y tabaco es el líder en consumo de agua por razones evidentes: rara es la receta que no la incluya en alguna de sus fases. Le sigue en importancia la industria del papel y cartón. En los años sesenta del siglo pasado la cantidad de agua utilizada por este último sector era del orden de 120 m³ por tonelada de papel producido. Hoy, la cifra ronda los 5 m³. Nueve de cada diez litros que utiliza el sector vuelven al medio

LA INDUSTRIA DEL AGUA

En%

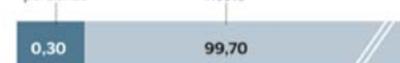
IMPACTO EN EL PIB. 2015

Sin contar saneamiento y depuración



IMPACTO EN EL EMPLEO. 4º Trim. 2016

60.100 personas



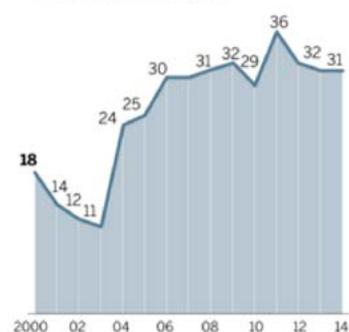
USO DE FUENTES ALTERNATIVAS DEL AGUA

Datos de 2014. En %



VOLUMEN DE AGUA REUTILIZADA

En litros por habitante y día



COSTE UNITARIO

En euros por m³. Datos de 2014



Fuente: INE, OEC. EL PAÍS

ambiente; según la patronal Aspapel, el 95% de esa cantidad regresa depurada. Aspapel también afirma que el sector ha reducido su consumo de agua un 32% en los últimos 15 años, al tiempo que incrementaba su producción un 20%.

La química es otra industria que recoge mucha agua del entorno, y a cuyo tratamiento de las aguas debe

prestarse mucha atención por cuestiones cualitativas y de posible afectación al estado de las masas de agua. Y otro sector industrial muy importante en España, el automovilístico, muy intensivo en empleo, necesita agua de primera calidad (depurada y acondicionada en fábrica) sobre todo para los procesos de pintado, que se hacen con el líquido como aglutinante.

ALGUNAS EXPERIENCIAS VIVIDAS Y LECCIONES APRENDIDAS

Estas son algunas de las experiencias vividas a lo largo de mi carrera profesional:

Cuenca del Guadalopec, margen derecha del Ebro

En los años 70 se aprobó el denominado Plan de Aprovechamiento Integral de la cuenca del Guadalopec, cuyo objetivo es aumentar la regula-

ción del río mediante nuevos embalses y ampliar la superficie de regadío desde las 10.000 ha existentes hasta un total de 30.000 ha en una zona



Fig. 4.- Central térmica Teruel, Andorra.

con buena rentabilidad de los cultivos, especialmente por el melocotón ecológico embolsado (denominación de origen Calanda).

Con posterioridad, y antes de desarrollarse este Plan, se decidió la construcción de la central térmica de carbón Teruel, propiedad de ENDESA, una empresa energética pública. Con ello se revitalizaría la cuenca minera de la provincia de Teruel, zona económicamente deprimida. La central, ubicada en la localidad de Andorra, tomaría las aguas (14,2 hm³/año) del nuevo embalse de Calanda, en el río Guadalope. La concesión de aguas otorgada por el organismo de cuenca a ENDESA fue recurrida por el Sindicato Central de Regantes del río Guadalope, en base a que ese aprovechamiento no estaba contemplado en el Plan de Aprovechamiento Integral.

En paralelo al litigio en sede judicial, los regantes solicitaban una indemnización de 50 millones de pesetas de entonces, pero no encontraron manera de acordarlo con ENDESA.

En 1980, con las obras ya construidas, llegó la sentencia definitiva del Tribunal Supremo, que premió el tesón del Sindicato de Regantes, con su presidente Antonio Soler a la cabeza, y la pericia jurídica de su abogado, el ilustre letrado Eduardo García de Enterría. La solución al asunto consistió en un acuerdo por el que ENDESA financió la parte que correspondía a los usuarios de las obras hidráulicas contempladas en el Plan de Aprovechamiento Integral, revestimiento de las conducciones de riego incluidas, ¡por un monto de más de 1.000 millones de pesetas! La actividad de la década de los 80 fue frenética en cuanto a la construcción de un nuevo embalse, el de Cíván o Caspe, y con la modernización de la red de riego. Se implantaron en la zona empresas de prefabricados de

compuertas metálicas, y además se activó el incremento de regadío y la actividad extractiva del carbón. Notable incremento del empleo y de la renta en la zona... y todo gracias a «santa Endesa», como se dio en llamarle en esa zona.

Lecciones aprendidas: el valor de la planificación, de la organización de los usuarios, de la seguridad jurídica en el campo del agua... y lo relativo del valor del agua: si al principio 50 millones de pesetas (3,52 pta/m³) era una inversión que no se quería asumir para obtener el agua de refrigeración de la central precisa (adicional a la obra de captación y conducción), se acabó asumiendo 25 veces más (por encima de 90 pta/m³), pues sin agua no podría funcionar la central termoeléctrica. ¡Ay! El valor escondido del agua...

Por supuesto que nunca en la contabilidad oficial la producción de la central ha sido contabilizada en el agua, los apuntes se han circunscrito a la actividad energética y minera).



Fig. 5.- Papelera SAICA,
El Burgo de Ebro.

Buscando ubicación para una industria papelera

En los años 90, siendo entonces presidente de la Confederación Hidrográfica del Ebro el presidente de la Comunidad Autónoma de Aragón, Santiago Lanzuela, hombre sensato, cabal y de bien, me pidió opinión y consejo para buscar una ubicación adecuada para una nueva planta papelera de SAICA, que conllevaba una significativa inversión y un buen número de empleos. Su idea era orientarla hacia Teruel, que como se ha dicho es una zona aragonesa escasa en población y con poco impulso económico. No tuve duda, sin embargo, en aconsejarle vivamente que cambiara de idea y la orientara hacia el Ebro aguas debajo de Zaragoza, donde no entraría en conflicto con ningún otro uso, tendría seguridad de abastecimiento y no originaría problemas de calidad del agua. Allí se implantó, efectivamente, el complejo industrial SAICA III, y allí sigue produciendo buenos frutos.

Lecciones aprendidas: las inversiones productivas requieren seguridad hídrica y las industrias deben tener en cuenta la disponibilidad del agua y la necesidad de depurar sus vertidos para decidir su ubicación, que además debe ser compatible con la planificación hidrológica. El inversor huye de cualquier tipo de riesgo, incluido el ambiental. Y los gestores y planificadores del agua deben conocer dónde hay holguras

para poder promover un desarrollo sostenible. Eso es más importante que las posibles subvenciones que puedan darse a las inversiones por ubicarse en zonas deprimidas. Y los diferentes niveles de la administración deben colaborar y entenderse a priori para evitar situaciones de hechos consumados que no sean lógicas ni adecuadas.

Las cuentas del regadío del Segura

Sabido es el alto valor añadido del regadío del Segura, y que su producción hortofrutícola abastece a Europa con frutas y verduras de gran calidad, tanto frescas como en conserva.

Pero no se ha hecho nunca justicia al agua como factor productivo,

pues en las cuentas macroeconómicas el agua no aparece. Y, sin embargo, siempre se presenta el déficit de agua de la cuenca del Segura como un factor de preocupación especialmente para la región de Murcia, que reclama insistentemente resolver



Fig. 6. Huerta de Murcia.

el déficit estructural para no ver disminuido su PIB y sus condiciones socioeconómicas.

Ahora se han presentado algunos trabajos que pueden ir presentando el valor económico del agua, aunque todavía queda explicarlo. En concreto, la Cátedra de Emprendimiento del Sector Agroalimentario de la UCAM, con la colaboración del Banco Santander, ha presentado un trabajo (*Aproximación al dimensionamiento del Sistema Agroalimentario de la Región de Murcia: caracterización, contribución a la economía y al empleo del ámbito agroalimentario y sus sectores auxiliares*) que tiene por objeto poner cifras a la realidad del sector agroalimentario regional. El Estudio, basado en el enfoque «from farm to fork» adoptado por EUROS-TAT, incorpora los bienes y servicios que, a lo largo del ciclo productivo, forman parte (en algún momento) de la cadena de valor.

Como refleja el Estudio, en la Región de Murcia la importancia del sector agrario está basada fundamentalmente en el regadío, siendo la Comunidad Autónoma que más riega de su superficie total (16%) y cuyas

plantaciones aportan más del 90% de la producción final agraria. De ahí la importancia de disponer a corto, medio y largo plazo de recursos hídricos en cantidad y calidad para garantizar el desarrollo de la Región. Sin agua no hay actividad ni los alimentos necesarios para la sociedad. La cuenca del Segura es estructuralmente la más deficitaria de España y requiere aportaciones externas para cubrir sus necesidades.

En cuanto a la caracterización de la agricultura regional, el Estudio recoge que un clima árido con recursos hídricos limitados ha caracterizado desde siempre las bases del sector agrario en la Región de Murcia. Esta circunstancia ha provocado que, gracias a la creatividad y esfuerzo de los murcianos, y en términos de innovación tecnológica, se posicione la agricultura murciana como una de las agriculturas más avanzadas del mundo, con un amplio y variado muestrario de productos y de un alto valor añadido.

Sus características más sobresalientes pueden resumirse en un notable proceso de especialización agrícola, un elevado índice de empleo agrario y una explotación más bien pequeña de tipo familiar que estructura el medio rural, preserva su carácter conservacionista y mantiene a la población que lo sustenta. Es, en

definitiva, un sistema competitivo, poco subvencionado, eminentemente exportador, respetuoso con el medio ambiente y con las máximas exigencias de seguridad alimentaria y calidad posibles.

En cuanto a la cuantificación económica, los datos que el Estudio ofrece, muy sintéticamente, son los siguientes:

- El valor de la producción vegetal de la Región de Murcia alcanzó un promedio anual (2011-2013) de 1.412 millones de €.
- La Región de Murcia posee una amplia especialización productiva en el cultivo de frutas y hortalizas. Representan el 95% del valor de la producción vegetal (40,3% frutas y 54,7% hortalizas). Ambos tipos de cultivos llegan a un valor de producción de 1.341 millones de €.
- La producción de frutas y hortalizas son poco representativas en la Unión Europea, sin embargo en España representan en torno al 60% de la producción vegetal y en la Región de Murcia superan el 90%. De ahí que más del 90% de las exportaciones españolas de frutas y hortalizas se destinen a países de la UE.
- El Valor de la producción de la rama agraria (incorporando la ganadería) asciende a 2.225 millones de €.
- El Valor de la producción de la industria agroalimentaria asciende a 5.438 millones de €.
- El sistema agroalimentario aporta el 27,9% de la ocupación regional (146.700 ocupados) y la contribución al empleo asalariado corresponde al 28,4% (123.200 asalariados).

Lecciones aprendidas: la tecnología ayuda a estirar el agua disponible, sobre todo cuando la rentabilidad que se obtiene es elevada. En base a estos datos, podemos estimar que, de manera conservadora, sin encadenar el

efecto sobre el valor añadido del resto de la cadena productiva agroalimentaria (que, como dijimos, sin agua decae por su base), y sin tener en cuenta que hay otras zonas regables en la cuenca del Segura que no son de la Región de Murcia, la producción agraria, en términos de venta, supone del orden de 1.500 millones de €. La superficie

regable en la cuenca del Segura es de 262.393 ha. Por tanto, la producción por ha es del orden de 5.700 €/ha.

En el Segura la dotación objetivo (PHS) es de 1546 hm³. Por m³, como el consumo medio es de 5.891 m³/ha, supone 0.970 €/m³.

En definitiva, el coste de 0,30 €/m³ que expresan los regantes como

coste asumible medio del agua supone dedicar un 31% de ese valor al agua, lo cual entendemos que es aceptable.

Otra lección: no ofrecer suficiente recurso hace que se emplee de manera insostenible agua subterránea, más barata, provocando problemas ambientales por su sobreexplotación.

HACIA EL FUTURO



Como recoge el Informe citado del Banco Mundial *High and Dry*, se necesitan políticas y planes de inversiones adecuados en el sector del agua que contribuyan a que los países alcancen economías más seguras y resistentes al cambio climático.

Esto incluye:

- una mejor planificación para la asignación de recursos de agua;
- la adopción de incentivos para aumentar la eficiencia del agua;
- y efectuar inversiones en infraestructura para un suministro más seguro de agua y para incrementar la disponibilidad del recurso.

Las soluciones sobre la seguridad hídrica deben ser soluciones a largo plazo, basadas en la gobernanza, que deben abarcar por igual a todos los actores implicados: los sectores público, privado y los agentes sociales. De igual manera es imprescindible coordinar políticas sectoriales para que atender las demandas de un sector concreto no perjudique la gobernanza del agua. Del mismo modo, las decisiones a corto plazo, tomadas por motivos fiscales, ideológicos o de otro tipo, deben ser suplantadas por una visión a largo plazo.

En España, el abastecimiento del agua para el consumo humano está garantizado por ley. Sin embargo, los desafíos radican en aspectos como el tratamiento de aguas residuales, para los que hay carencias tanto de dimensión adecuada de las infraestructuras, como de mantenimiento y también tecnológicas. Todo ello en un contexto de desplome de la inversión en mantenimiento, lo cual es especialmente grave en un país donde las grandes obras hidráulicas deben ser consideradas un patrimonio neto que da tanto, y en el cual a día de hoy la red de distribución de agua y de alcantarillado está obsoleta en aproximadamente un 40%.

También en España, lo anteriormente expuesto pone de manifiesto la necesidad de llevar a cabo una planificación integrada y sostenible de los recursos hídricos, que tenga en cuenta tanto las necesidades de todas las regiones, como los usos que se van a hacer del agua, y que fije como uno de sus objetivos el reparto solidario y equitativo del agua en todo el territorio. Expresamente,

la redacción del artículo 45.2 de la Constitución española se apoya en la indispensable solidaridad colectiva para alcanzar la utilización racional de todos los recursos naturales, con el fin de proteger y mejorar la calidad de vida, y defender y restaurar el medio ambiente.

La equidad, como principio general en la planificación hidrológica, puede interpretarse en su acepción territorial o desde la vertiente de los usuarios. La primera de ellas implica planificar las infraestructuras hídricas, de modo que la asignación de caudales entre las distintas regiones contribuya a reducir las diferencias de renta y calidad de vida entre zonas rurales frágiles, zonas rurales desarrolladas y zonas urbanas. La segunda significa que se debe mantener el equilibrio entre los distintos grupos de usuarios



Fig. 7. La gestión del agua, si es adecuada, tendrá efectos muy beneficiosos (pronóstico del informe del Banco Mundial).

para que los beneficios de unos no afecten negativamente a otros, ni distorsionen los mercados.

Concretamente, las presas y embalses juegan un papel muy importante en la regulación de la disponibilidad del agua, garantizando el abastecimiento en temporadas estivales y épocas de sequía cuando los requerimientos son mayores. En el proceso de planificación de una presa se deben contemplar, por una parte, las necesidades futuras de agua que el desarrollo socioeconómico de la región puede traer consigo y, por otra, la distribución diferencial de los impactos sociales, asegurando que no sean siempre las mismas personas quienes reciban todos los impactos negativos, o positivos, derivados de la ejecución de la infraestructura. Así pues, el principio de equidad se consigue si, por ejemplo, la presa mejora la calidad de vida de los miembros más desfavorecidos de la sociedad o si las personas realojadas desean y logran una mejor posición económica y social en su nueva ubicación.

La situación y la sensibilidad actuales señalan cada vez más claramente la necesidad de abordar prioritariamente, más que problemas técnicos, los relacionados con lo social: es muy necesario transmitir con transparencia y claridad a la sociedad la situación, la problemática y las posibilidades de solución a los problemas del agua (y esto con carácter global, no solo pensando en España). Sin duda, la planificación participativa bien informada es una vía adecuada globalmente reconocida para conducir estos procesos. Se requiere educación, se requiere comunicación.

Aquí, en nuestro país, es obligado aceptar que el agua es un bien público que debe regularse con prontitud y firmeza. Cuanto antes se adecúe la estrategia hídrica a esta realidad, mejor. La adaptación implica adoptar políticas que, en resumen, sigan los siguientes criterios: 1. Evitar el despilfarro del agua con instrumentos como aplicar precios disuasorios

para determinados fines y, en último extremo, aplicar medidas selectivas de racionamiento (en todo caso, no para consumo de boca); 2. Programar inversiones en regadíos, embalses, reciclaje de agua, depuración y desaladoras; las expectativas hídricas a tan sólo cinco años vista aconsejan mantener abiertas todas las opciones tecnológicas; 3. El principio «quien contamina paga» no basta para afrontar el estrés hídrico; hay que impedir la contaminación y el despilfarro.

Por otra parte, en un contexto de economía avanzada y de progreso, con la cuarta Revolución Industrial (4IR) sacudiendo el conjunto interdependiente de las redes de infraestructura física crítica de las que todos dependemos, incluyendo el transporte (carretera, ferrocarril, vías navegables, aeropuertos); la energía (electricidad, calor, suministro de combustible: gas, líquido y sólido); las comunicaciones digitales (telefonía fija, móvil); el agua (tratamiento de residuos, suministro de agua, protección de la inundación); y los residuos (recogida, tratamiento, eliminación) se abre un proceso que trae grandes oportunidades para la innovación, pero también riesgos complejos.

El valor de una red de infraestructura física aumenta con su ámbito de aplicación. En las redes de recursos (energía, agua), conectando a más personas se puede ayudar a construir resiliencia y aprovechar economías de escala.

Con la crisis de las finanzas públicas, los gobiernos y los reguladores tienen que idear mecanismos para aprovechar la financiación privada mientras tratan de evitar la inflexibilidad y la exigencia sobre rentabilidad para el dinero que ha perseguido el financiamiento de la infraestructura pública-privada en el pasado. No está todavía claro cómo van a cumplirse las necesidades de la enorme inversión para algunos tipos de infraestructura.

En el sector del Agua podría darse también la transición de redes centralizadas hacia sistemas más

distribuidos. Los nuevos materiales y tecnologías de sensores permiten un tratamiento a nivel hogar o comunidad, creando oportunidades para «cosechar» agua de lluvia y directamente reutilizar aguas residuales. Por el momento, las economías de escala favorecen todavía plantas grandes centralizadas en las áreas urbanas existentes: también permiten utilidades para monitorear la calidad del agua de manera centralizada y abordar las fallas rápidamente. Dependiendo del almacenamiento de agua localizada también crearía problemas en períodos prolongados de sequía. Pero las redes centralizadas son costosas de crear, y el equilibrio de costos y beneficios está empezando a inclinarse a favor de sistemas distribuidos de agua, siempre y cuando las ciudades puedan planificarse para estos sistemas desde el principio, algo a tener en cuenta en los países en desarrollo y en sus procesos de urbanización creciente.

Los gobiernos están reconociendo cada vez más que un enfoque fragmentario se convierte en no apto en la 4IR. Para las redes interconectadas –por ejemplo, la gestión de la demanda de electricidad y agua– se necesita un enfoque de «sistema de sistemas» para su gobernanza. Requiere el adecuado intercambio de información entre los operadores de red y también requiere de los reguladores la adopción de principios comunes.

Mientras que la 4IR está creando nuevos retos complejos para los planificadores y los reguladores, también ofrece potentes y nuevas herramientas para el seguimiento y el análisis del rendimiento del sistema en escalas espaciales y temporales sin precedentes hasta ahora, así como pruebas de resistencia a través de la simulación. Los modelos de simulación en un ambiente virtual nunca darán resultados infalibles, pero en sí mismo el ejercicio de construir y probar modelos puede ayudar a exponer las vulnerabilidades y medir la resiliencia del sistema. Junto a su tradicional papel de minimizar los efectos nocivos de

los monopolios naturales, los reguladores de la infraestructura en la 4IR deberían prestar más atención a los

riesgos sistémicos, a la construcción de capacidades técnicas y a la creación de estándares para el intercam-

bio de información y las pruebas de esfuerzo. Todo ello en un contexto de adaptación al cambio climático.

CONSIDERACIONES FINALES

En una reciente conferencia sobre la gobernanza del agua en un contexto de cambio climático,³ la política noruega Brundtland, responsable de la introducción del concepto de desarrollo sostenible en la agenda mundial, llamó a una respuesta global y coordinada al desafío que se afronta a nivel mundial: «Para el año 2030 el crecimiento de la población hará que a nivel mundial la demanda de alimentos crezca un 50%; la de energía un 45% y la de agua, un 30%». «El agua es una preocupación común que afectará directa e indirectamente a escala global». De hecho, la experta internacional afirmó que la escasez de agua podría provocar que el PIB mundial experimente una caída significativa, y ha advertido que «el agua es una preocupación común que afectará directa e indirectamente a escala global» hasta el punto de

que existe el riesgo de que «para el año 2025, más de 3.000 millones de personas se vean afectadas por una crisis de agua». En este sentido hay consenso entre los expertos: el desafío del cambio climático hace prioritario garantizar la seguridad hídrica, un tema sobre el que no se ha reflexionado lo suficiente y al que se está llegando al menos 20 años tarde.

Brundtland instó a que todos los países continúen comprometidos en la lucha contra el cambio climático y desarrollen el Acuerdo de París. «Nos debemos tomar muy en serio el compromiso para afrontar el cambio climático, porque el desarrollo económico y el clima tienen que estar unidos», concluyó la política noruega, que señaló que «la relevancia de la ONU está hoy en juego y es más importante que nunca», ya que la respuesta a los desafíos que encierra el

cambio climático solo puede hacerse de una manera efectiva desde una óptica global.

Desde el WCCE, nos sumamos a estas reflexiones y consideramos la importancia de la contribución de la ingeniería al agua, además de colaborar en el efectivo reconocimiento del valor del agua, su disponibilidad y uso eficiente, su planificación y gestión integrada, y su gobernanza. Como socios de UN Water estamos decididos a impulsar una dinámica positiva que haga posible la consecución de los retos del ODS 6 y los Acuerdos de París. En ello estamos realmente comprometidos, ¡está en juego nuestro futuro!

Tomás Ángel Sancho Marco

Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos
Pasado Presidente WCCE
– Consejo Mundial de Ingenieros Civiles –
Director General FYSEG
– Fulcrum y Sers Engineering Group –

Notas

1. *Cántico de las Criaturas* de San Francisco de Asís, siglo XIII: «Y por la hermana agua, preciosa en su candor, que es útil, casta, humilde: ¡loado, mi Señor!»
2. *Carta Europea del Agua*, 1968: «Sin agua no hay vida posible».
3. IV Foro de Economía del Agua, España, 2016.

Bibliografía

- San Francisco de Asís, *Cántico de las Criaturas*, siglo XIII.
- Consejo de Europa, *Carta Europea del Agua*, Estrasburgo, 6 de mayo de 1968.
- 2017 Foro Económico Mundial, *Informe de Riesgos Globales 2017*, 12^{ava} edición, Ginebra. <http://wef.ch/risks2017>

- Banco Mundial. 2016. *High and Dry: Climate Change, Water, and the Economy*. Washington, DC: World Bank. <http://www.worldbank.org/en/topic/water/publication/high-and-dry-climate-change-water-and-the-economy>
- WWAP (Programa Mundial de Evaluación de los Recursos Hídricos de las Naciones Unidas). 2016. Informe de las Naciones Unidas sobre el Desarrollo de los Recursos Hídricos en el Mundo 2016: *Agua y Empleo*. París, UNESCO.
- SPANCOLD, Comité Técnico «Actividad de ingeniería en planificación», *Embalses y planificación hidrológica: grandes cuestiones*, Madrid, 2016.
- Ministerio de Medio Ambiente, 2000, *Libro Blanco del Agua en España*, Madrid.
- Ministerio de Medio Ambiente, 2006, *El agua en la economía española: situación y perspectivas*. Informe integrado del análisis económi-

- co de los usos del agua. Artículo 5 y anejos II y III de la Directiva Marco del Agua. Madrid. Grupo de Análisis Económico. Ministerio de Medio Ambiente.
- Ministerio de Medio Ambiente, 2007, *Precios y costes de los servicios de agua en España*. Informe integrado de recuperación de costes de los servicios de agua en España. Artículo 5 y anejo III de la Directiva Marco del Agua. Madrid, enero de 2007. Grupo de Análisis Económico. Ministerio de Medio Ambiente.
- Cátedra UCAM-Santander de Emprendimiento en el ámbito agroalimentario, 2016, *Aproximación al dimensionamiento del Sistema Agroalimentario de la Región de Murcia: caracterización, contribución a la economía y al empleo del ámbito agroalimentario y sus sectores auxiliares*, Murcia, septiembre de 2016.

The UN WORLD WATER DEVELOPMENT REPORT 2016

WATER and Jobs

Opportunities for **employment growth** and **decent jobs** are reliant on the sustainable management of water resources and the provision of **water supply** and **sanitation services**.

www.unesco.org/water/wwap

UN WATER





United Nations
Educational, Scientific and
Cultural Organization



El 14 de marzo de 2017
el Consejo Mundial de Ingenieros Civiles - WCCE
y
la Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la
Ciencia y la Cultura - UNESCO
firmaron un Acuerdo de Colaboración para contribuir
a la ejecución del
Programa Principal de Ciencias Naturales de la propia UNESCO



Committed
to human
welfare

HACIA UNA GESTIÓN INTEGRADA DE LOS RECURSOS HÍDRICOS:

LA CRECIENTE APUESTA DE CAF POR EL AGUA

Víctor Arroyo



DESCRIPTORES:

DESARROLLO SOSTENIBLE
GESTIÓN INTEGRADA DE LOS RECURSOS HÍDRICOS
INCLUSIÓN SOCIAL
EQUIDAD
SERVICIOS DE AGUA Y SANEAMIENTO
DERECHO HUMANO AL AGUA
PRODUCTIVIDAD
OBJETIVOS DE DESARROLLO SOSTENIBLE
PROYECTOS DE DESARROLLO SOCIAL
GESTIÓN DEL CONOCIMIENTO

El agua es un recurso vital para el desarrollo de actividades productivas como la agricultura, la producción energética, el turismo y la industria. Es un elemento indispensable dentro de las agendas de colaboración de los organismos financiadores y de cooperación con los estados, para fomentar la productividad y contribuir a garantizar el bienestar de las personas. De hecho, la falta de acceso a servicios adecuados de agua potable y saneamiento es uno de los principales factores que acentúan las condiciones precarias en las que todavía vive una buena parte de la población mundial, en especial aquella que habita en zonas rurales o periurbanas. Invertir en agua es una decisión inteligente para fomentar la inclusión social y productiva de los habitantes más desfavorecidos. CAF, como Banco de Desarrollo de América Latina, una de las regiones más inequitativas y desiguales del mundo, tiene como un objetivo prioritario brindar apoyo sus países miembros para aumentar la cobertura de los servicios de

agua y saneamiento, al mismo tiempo que contribuye al fortalecimiento de la institucionalidad y gobernabilidad de las empresas responsables del manejo del agua en la región, para que estos servicios puedan ser sostenibles y permitan inclinar la balanza en favor de la equidad social y económica.

Siendo una entidad que ofrece soluciones financieras y promueve el intercambio de conocimiento para el desarrollo, nuestra visión institucional reconoce la importancia de la estabilidad macroeconómica, la participación activa del sector privado y su estímulo a la eficiencia microeconómica de la región, en un marco de conservación del medio ambiente y que propicie la inclusión social. La exclusión social se ve reflejada principalmente en la falta de acceso a los servicios básicos y especialmente al agua, por lo que facilitar el acceso a este servicio representa uno de los sectores estratégicos de inversión: en los últimos 10 años, se han aprobado más de US\$ 6.000 millones para programas y proyectos de desarrollo en agua y saneamiento.

UNA VISIÓN INTEGRAL DEL CICLO HIDROLÓGICO COMO PUNTO DE PARTIDA

El ciclo hidrológico del agua tiene un carácter único y resulta indispensable para el desarrollo económico y social. El agua es un recurso que se mueve en el espacio

y en el tiempo –en un ciclo continuo de evaporación y precipitación– y que se encuentra sobre la superficie de la tierra y se infiltra. Pero también se almacena en glaciares,



Fig. 1. Beneficiaria del Programa MI AGUA en el Departamento de Pando, Bolivia. Foto de Osvaldo Valverde, CAF.

lagos, humedales y en el subsuelo. Por ello, el aprovechamiento del agua debe entenderse en el contexto de este ciclo hidrológico y de las cuencas hidrográficas, como los espacios geográficos que determinan el escurrimiento superficial, así como de los procesos que gobiernan la química del suelo y las respuestas de los ecosistemas a las señales climáticas. En América latina contamos con más de un tercio de los recursos de agua dulce del planeta, mientras que en la región solamente viven 600 millones de habitantes –menos del 10% de la población mundial–. No obstante, más de 30 millones de latinoamericanos aún no tienen acceso adecuado al agua potable.

La gestión del agua debe seguir la lógica natural del ciclo hidrológico, enmarcada en un enfoque holístico, sistemático y unificador, conocido como la gestión integrada de los recursos hídricos (GIRH).

Este concepto, consagrado en la Declaración de Dublín realizada durante la Conferencia Internacional sobre Agua y Medio Ambiente de 1992, ha sido un catalizador en la formulación de la agenda global de agua y desarrollo. Esto contempla la necesidad de reconocer, por una parte, que el agua dulce es un recurso vulnerable y finito, esencial para sostener la vida, el desarrollo y el medioambiente. Además, asume que la gestión del agua debe estar basada en un enfoque participativo, involucrando a usuarios, planificadores y responsables de la formulación de políticas a todo nivel, y entendiendo que la mujer juega un papel central en la provisión, el manejo y la protección del agua. Por último y no menos importante, tomar como principio que el agua posee un valor económico en todos sus usos competitivos y, por tanto, debe ser reconocido como un bien económico.

Por otra parte, adoptar un enfoque integrado en el desarrollo y gestión de los recursos hídricos es un punto de partida en el camino hacia la consecución de objetivos de reducción de los niveles de pobreza, seguridad alimentaria, promoción del progreso económico y protección de los ecosistemas. La GIRH proporciona un enfoque sustentable para enfrentar los principales desafíos del agua facilitando la toma de decisiones que atiendan las demandas incrementales del agua y los nexos con otros sectores, como la agricultura y energía; adicionalmente proporciona las herramientas para prevenir y controlar los efectos de las inundaciones, la mitigación de los efectos de la sequía, y las enfermedades de origen hídrico. En la práctica, la clave está en conseguir un equilibrio entre la disponibilidad de la oferta del



Fig. 2. Planta de tratamiento de aguas residuales.

recurso hídrico y las demandas de los diferentes usos del agua, mediante una coordinación eficaz y la implementación de las políticas adecuadas que la soportan. Para esto se necesita la participación decisiva desde fuera del sector hídrico, generalmente de legisladores y gestores públicos en las áreas de finanzas, economía y planificación de los gobiernos, ya que estos son actores clave para cualquier agenda transformadora.

Para mejorar la oferta del recurso en América Latina, evidentemente, se deben aumentar los esfuerzos en la construcción de las obras de infraestructura correspondientes. Pero al mismo tiempo, es necesario trabajar en gestionar mejor la demanda para evitar un consumo exagerado, que conlleva a un uso ineficiente de los recursos y de la energía necesaria para producirlos. Confiarse de la abundancia de agua que hay en la región sería un error tremendo, ya

que este recurso no necesariamente está siempre disponible debido a la distribución pluviométrica estacional y la variabilidad climática. Adicionalmente, el recurso, no siempre está disponible cercano a los centros de demanda, al contrario, muchas veces se encuentra alejado o en otras cuencas. En Perú, por ejemplo, 85% de la demanda urbana y productiva está en la costa, que apenas posee un 2% del total de agua del país. En el caso de México, el 80% de la demanda urbana de agua se encuentra sobre cota 1.000, donde solo existe un 20% de los recursos hídricos del país. Desde CAF se han realizado estudios

que estiman que hasta el año 2030 se necesitarán inversiones superiores a los US\$ 250 mil millones para lograr la cobertura universal y sentar las bases para la seguridad hídrica de las ciudades de la región.

En cuanto a la demanda de agua, los niveles de consumo y de pérdidas observados en América Latina son muy elevados comparados con los mejores estándares de la industria, lo cual representa un reto multidimensional que incluye un serio trabajo de educación y de establecer los incentivos apropiados a través de un adecuado manejo de las tarifas y de recuperación de los costos.

EL DERECHO HUMANO AL AGUA, UN PRINCIPIO DE EQUIDAD E INCLUSIÓN SOCIAL



En el año 2010 se declaró el acceso al agua y al saneamiento como Derecho Humano, a partir de un proceso de concertación que se inició en la cumbre de Río de Janeiro en 1992, y que

motivó que los países, particularmente en América Latina, aumentaran en los recientes años las inversiones sectoriales de manera significativa en procura de lograr el mayor acceso

posible a sus habitantes, si bien los avances son disímiles ante un reto todavía mayor. Bajo este enfoque, el derecho humano al agua implica el derecho de todos para su acceso físico y sin discriminación, en disponer de agua en cantidad suficiente, con calidad adecuada, a precios asequibles y bajo criterios tecnológicos aceptables. Por su parte, el saneamiento requiere también que se logre el acceso universal, con disponibilidad de instalaciones sanitarias en el interior o en las inmediaciones de cada hogar, en un entorno de condiciones higiénicas y seguras, igualmente a precios accesibles y con tecnologías acordes con sus costumbres y pautas culturales.

A pesar de que en Latinoamérica se alcanzó la meta de los Objetivos de Desarrollo del Milenio en materia de agua, se ha visto soslayada la inversión en obras de infraestructura de cabecera —como captaciones, conducciones o almacenamientos— que garanticen la seguridad hídrica. Además, es necesario reconocer que todavía no se adoptado del todo un enfoque integral de la gestión del agua que permita el aprovechamiento sostenible del recurso. Por otra parte, si se miran por separado los avances conseguidos en cuanto a las metas en el ámbito urbano y rural, los resultados para las zonas rurales resultan aun insuficientes para reducir la brecha existente.

En materia de saneamiento, una de las grandes tareas pendientes en la región, el objetivo de reducir a la mitad la falta de acceso a los no servidos no ha sido alcanzada por varios países latinoamericanos, lo cual impone un reto más complejo en el que se debe trabajar en diversos ámbitos, incluidos la generación de demanda y los cambios de comportamiento del ciudadano.

Indiscutiblemente, no podemos pensar en un desarrollo sostenible sin una reducción significativa de los niveles de inequidad existentes en América Latina, a pesar de los avances conseguidos en los últimos años

en ese aspecto, reflejados en mejoras en la distribución del ingreso. Con una población que es 80% urbana, la equidad de la región no responde ni a este grado de urbanización ni al nivel de desarrollo económico de sus países, por lo que resulta imperante que se impulsen cambios estructurales en diversos campos, tomando en cuenta que un modelo de crecimiento económico que reduce la pobreza, pero mantiene alta la inequidad, no es sustentable. Es por esto que el capital humano debe ser fortalecido desde el punto de vista de equidad de competencias, así como se deben redoblar los esfuerzos en la generación de empleos dignos y con mayor diversificación. Pero para que se establezca este vínculo entre oferta calificada y empleo digno primero debe haber mejoras en la infraestructura económica y social, especialmente en los servicios públicos, que son la base del desarrollo inclusivo.

El acceso a los servicios de agua y saneamiento es requisito para la garantía de justicia social y dignidad humana, a las que cualquier persona aspira y debería tener. Por la natura-

leza transversal del agua, el acceso a estos servicios favorece directamente la seguridad alimentaria y la salud de las personas, con externalidades positivas para la educación y el empleo, motores del desarrollo económico y humano. El no contar con acceso a estos servicios acentúa los ya altos niveles de vulnerabilidad de algunos habitantes, mayormente de zonas rurales y periurbanas, ante enfermedades como la diarrea y disentería, cuya recurrencia suele afectar la continuidad en la asistencia escolar y la productividad en el trabajo.

Los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) de la Agenda 2030, establecidos por el conjunto de las Naciones Unidas y aprobados por la mayoría de países en septiembre de 2015, establecen un reto significativo acorde con el derecho humano al agua y el saneamiento: la universalidad, orientada no sólo al acceso a ambos servicios, sino en condiciones de equidad y asequibilidad, con higiene adecuada y bajo la concepción del uso eficiente y gestión integrada de los recursos hídricos. Ese es nuestro norte a seguir para los próximos años.

AGUA, EMPLEO Y PRODUCTIVIDAD



El decreto del derecho humano al agua y saneamiento ha sido, entonces, un punto de quiebre en la historia de la provisión de los servicios de agua y saneamiento. Al asumir este importante compromiso, los países han fijado también la meta de alcanzar una cobertura universal de estos servicios tanto en las viviendas como escuelas y en los lugares de trabajo, principal fuente de productividad. El Informe de 2016 de las Naciones Unidas sobre el Desarrollo de los Recursos Hídricos en el Mundo (WWDR, por sus siglas en inglés), señala que *la inversión en agua es una propuesta ganadora desde los puntos de vista económico, social y ambiental*. Si estas inversiones, realizadas por los gobiernos, organismos de coopera-

ción o sector privado, se llevan a cabo en el marco de una gestión integrada de los recursos hídricos, no solo sería posible avanzar con mayor seguridad hacia una economía verde sino que además podría suponer un impulso para el capital humano involucrado en el sector. Especialmente en América Latina, se debe impulsar esta visión con perspectiva de género: incluir a las mujeres en puestos de toma de decisiones con respecto a la gestión del agua, no solo por representar una parte esencial de la fuerza laboral históricamente apartada de este sector profesional, sino porque además podrían liderar el cambio hacia un ejercicio del derecho humano al agua sin discriminación, generando más oportunidades de educación,



Fig. 3. Riego tecnificado por aspersión en el Departamento de Santa Cruz, Bolivia. Foto de Osvaldo Valverde, CAF.

empleo y capacitación para aquellas mujeres que, dedicadas en gran medida a tareas hogareñas relacionadas al agua, son quienes pierden más tiempo a causa de la ineficiencia de los servicios. Esto ayudaría a reducir las desigualdades que todavía persisten en la sociedad latinoamericana, al tiempo que permitiría dar un paso adelante hacia una equidad real y un

mercado laboral más diversificado y mejor capacitado.

Por otro lado, si tomamos en cuenta que América Latina cuenta con el 28% de la tierra con potencial para la agricultura y la tercera parte del agua dulce del planeta, dos grandes privilegios que representan un potencial enorme para incrementar la producción de alimentos; y adicionalmente, ponemos en relieve que las mujeres representan la mitad de la mano de obra en la producción

agrícola y juegan un rol clave en la agricultura familiar de subsistencia, resulta evidente que una mayor equidad de género contribuiría en gran medida a alcanzar la seguridad alimentaria y contribuiría al vasto potencial económico de la región. Incluso más allá de este enfoque de género, el sector agrícola en la región deberá afrontar otro reto importante: contribuir a la producción de alimentos que deberá aumentar en un 60% para satisfacer la creciente demanda, producto del aumento poblacional que llegará a 9.000 millones de personas en el mundo en 2050. Tomando en cuenta que la agricultura irrigada será un elemento clave para que la región pueda aportar su importante contribución para superar este reto, no podemos dejar de lado que se necesitan mayores inversiones para la infraestructura de riego y para garantizar la disponibilidad de agua para la agricultura, así como urge profundizar los esfuerzos en el fortalecimiento de las instituciones que mejore la productividad del agua en la agricultura y conseguir un mayor acceso a mercados internacionales. Un aumento alcanzable del 30% en la productividad del agua podría reducir en gran medida el consumo de agua de los cultivos, disminuyendo también la presión sobre los recursos hídricos, aminorando la degradación ambiental y mejorando las condiciones de seguridad hídrica. Desde gobiernos centrales, locales, sector privado y organismos multilaterales debemos fomentar la innovación e implementación de nuevas tecnologías de riego que contribuyan a esa mejora de la productividad agrícola, a la vez que se genere un impulso para la formación del capital humano del sector, en el marco de los nuevos paradigmas de la agricultura.

Por otra parte, y para comprender mejor la importancia del agua para el empleo, así como la interrelación vital entre estos dos elementos, es oportuno destacar que *el 78% de los puestos de trabajo que constituyen la fuerza*

laboral a nivel mundial dependen del agua, según el WWDR 2016 de las Naciones Unidas. Por esta razón, la falta de acceso y precariedad de los servicios de agua potable y saneamiento son importantes obstáculos para el crecimiento del mercado laboral y, por tanto, frenan el desarrollo económico de los países. Invertir más en agua y gestionar eficientemente los recursos hídricos será, indudablemente, un reto importante para América Latina en los próximos años, así como una oportunidad única de

crecimiento económico y desarrollo social. Según estudios de CAF, la región debe invertir el 0,3% del PIB anual hasta el 2030 –una inversión que sería perfectamente asumible por los países– para mejorar los servicios de agua y saneamiento, cerrar la brecha en esta materia en el medio urbano, mientras que paralelamente se podría avanzar en la rehabilitación de las infraestructuras básicas y expandir las fuentes de abastecimiento para cubrir la demanda adicional para 100 millones de habitantes nue-

vos en las ciudades. Adicionalmente, es necesario mantener los gastos de operación, equivalentes al 0,5% del PIB anual. Desde un punto de vista económico, esta inversión es rentable ya que es menor que el costo que la mala calidad del agua les representa a los países, por ejemplo en Colombia, donde se ha calculado este impacto como el 1% de su PIB anual. Por todo lo dicho, el agua, gestionada eficientemente, debe ser un motor para la productividad y el desarrollo inclusivo de Latinoamérica.

LOS PROYECTOS DE DESARROLLO EN EL SECTOR, LA PRINCIPAL HERRAMIENTA TRANSFORMADORA

Promover la inclusión social en América Latina al aumentar el acceso de la población a bienes y servicios públicos de calidad, como el agua y saneamiento, que contribuyen a mejorar su bienestar y calidad de vida, especialmente a los más necesitados, es uno de los principales objetivos de nuestra institución. A partir de una visión integral del ciclo del agua, CAF apoya a sus países accionistas a través de la preparación y el financiamiento de estudios,

proyectos y programas de inversión que contribuyan a mejorar la calidad de vida de la población, a través de cuatro líneas de acción: manejo y protección de cuencas, servicios básicos de agua potable y saneamiento básico, gestión y control de inundaciones, riego y desarrollo agrícola. Adicionalmente, buscamos generar las condiciones para asegurar la adecuada gestión y sostenibilidad de los servicios básicos, a través del fortalecimiento de la institucionalidad y de

la gobernabilidad de las empresas e instituciones responsables del manejo del agua en la región.

Como organismo multilateral de Latinoamérica, CAF analiza la problemática a nivel regional y país por país, para posteriormente trazar una agenda de colaboración y un plan de acción en asistencia técnica

Fig. 4. Plantas de tratamiento de aguas residuales.



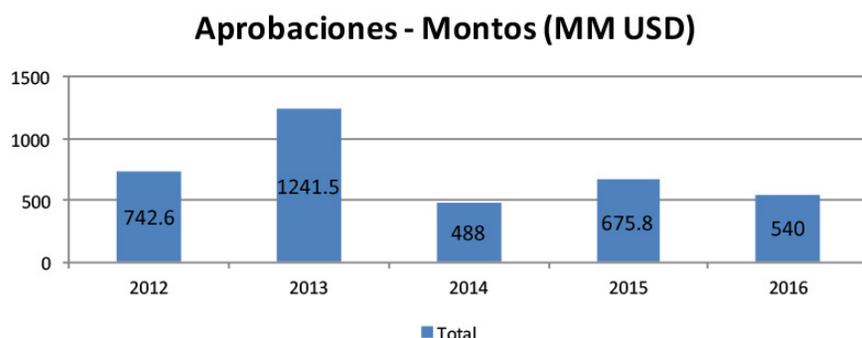


Fig. 5. Montos de las aprobaciones de CAF en proyectos y programas de agua y saneamiento (2012-2016).

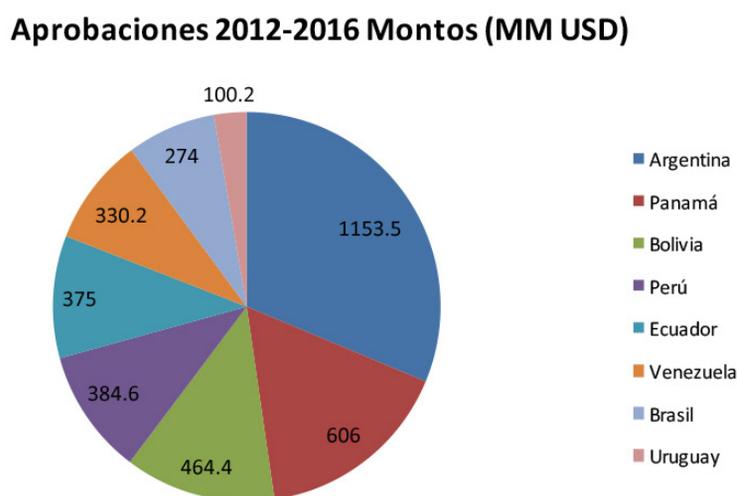


Fig. 6. Montos de las aprobaciones de CAF en proyectos y programas de agua y saneamiento, distribución por países (2012-2016).

y financiamiento, coordinado con las autoridades nacionales, así como identificar posibles aliados que contribuyan a mejorar la ejecución de los proyectos. Bajo este enfoque, se han financiado cerca de 80 programas y proyectos en el sector agua en los últimos 15 años. En un periodo de 5 años, comprendido entre 2012-2016, se han aprobado más de US\$ 3.500 millones para el sector.

En la actualidad, CAF es el principal financiador multilateral en el sector en países como Ecuador, Bolivia, Panamá y Venezuela.

Para apoyar a los países latinoamericanos en la consecución de la meta de acceso de agua y saneamiento, CAF ha instrumentado programas de alcance nacional como Mi Agua en Bolivia, que desde el 2011 ha contribuido a que más de 120.000 familias de zonas rurales tengan acceso a agua y sanea-

miento, y otras 80.000 dispongan de sistemas de riego estables. Liderado por el Ministerio de Medio Ambiente y Agua y ejecutado por el Fondo Nacional de Inversión Productiva y Social, el programa se enfoca en poblaciones rurales de menos de 2.000 habitantes, donde existe una mayor precariedad en las infraestructuras.

En los últimos cinco años Bolivia ha registrado importantes avances en la provisión de servicios, pero todavía queda camino por recorrer para lograr que todos los bolivianos, especialmente aquellos que se encuentran en zonas rurales, tengan un acceso seguro a este servicio básico. En el caso de Mi Agua, una parte de los fondos del programa está destinada a construir –y mejorar– sistemas de riego para aumentar la productividad de pequeños y medianos agricultores. Con esto se pretende incrementar sus

ingresos y mejorar las condiciones de vida de las familias rurales. Desde el año 2009 y hasta la actualidad, se han invertido más de US\$ 600 millones en el sector agua en Bolivia.

Como ya se mencionó anteriormente, un reto de la región es el avance en sistemas de saneamiento. De hecho, aproximadamente 1 de cada 6 latinoamericanos no cuenta con acceso a estos servicios en la actualidad, situación que es aún más crítica en las zonas rurales. La región debe redoblar los esfuerzos para que se reduzca esta brecha, que además de dignificar la calidad de vida de las personas implicará una mejora sustancial en las condiciones estructurales de salud pública.

Añadido a esto, en Latinoamérica el 70% de las aguas residuales son devueltas a la naturaleza sin tratamiento, lo cual tiene un evidente potencial impacto negativo en la salud, la conservación de los recursos naturales, el medio ambiente y el sector productivo, afectando desproporcionadamente a las poblaciones más vulnerables con peor calidad de servicios. Sin embargo, ya existe en la región una mejor conciencia de esta realidad y se están tomando acciones al respecto. Claro ejemplo de esto es el Programa de Saneamiento de Panamá (PSP), el principal proyecto de inversión de saneamiento ambiental que se está ejecutando en el país y que pretende mejorar la salud pública y la calidad de vida de sus habitantes a través de dos estrategias clave. Por una parte, disminuir la contaminación de los cauces y ríos urbanos en las ciudades de Panamá, Arraiján y La Chorrera, mediante la ampliación y construcción del sistema de alcantarillado sanitario; y en segundo lugar, recuperar ambientalmente la Bahía de Panamá, con la construcción y puesta en operación de toda la infraestructura de saneamiento y tratamiento de aguas servidas en las áreas mencionadas.

Un aspecto a resaltar de este programa, que ha recibido aportes e inversión de CAF superiores a US\$

550 millones, es que ha trascendido cambios de gobierno y administraciones, hasta convertirse prácticamente en un programa de Estado, y constituye una concepción integral de un sistema de saneamiento, ya que incluye la recolección de las aguas residuales a través del sistema de alcantarillado,

además de las redes de colectores e interceptores que llevan estas aguas servidas hacia la planta de tratamiento. En el marco del PSP se ha conseguido avanzar en la construcción de obras importantes como la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales Juan Díaz, que permitirá tratar las aguas

servidas de unos 400 mil habitantes. Y con la ampliación de esta planta, se estima que el número de beneficiarios llegaría a un millón. En total, el PSP contempla la construcción de tres plantas, de las cuales se espera que tengan una capacidad de tratamiento de 7 metros cúbicos por segundo.

LA INNOVACIÓN OPERATIVA Y GESTIÓN DEL CONOCIMIENTO COMO COMPLEMENTOS NECESARIOS

Una decisión estratégica que ha tomado la Vicepresidencia de Desarrollo Social de CAF ha sido vincular los programas de financiamiento con la agenda de conocimiento, con el objetivo de mejorar la calidad de los proyectos, tanto en la preparación de los mismos como en su fase de ejecución y operación. El desarrollo de actividades relacionadas con el conocimiento en el sector agua es otra prioridad estratégica para la institución, facilitando que los financiamientos tengan el mayor impacto en el desarrollo de los países.

Este vínculo entre la agenda de conocimiento y las operaciones de crédito persigue el objetivo de ofrecer a los clientes de CAF productos de conocimiento e innovación al más alto nivel de la práctica internacional del desarrollo. En este sentido, se ha trabajado en identificar e implementar acciones con instrumentos para agregar mayor valor a los programas de financiamiento dentro de un proceso de aprendizaje continuo, con base en la evaluación de las operaciones a lo largo del ciclo de los proyectos, así como la internalización sistemática de lecciones aprendidas durante este ciclo.

Gran parte de esta agenda de conocimiento es instrumentada a través de los fondos de cooperación técnica con los que cuenta la institución, que representan préstamos no reembolsables para complementar el apoyo al desarrollo de los países latinoamericanos mediante 5 ejes clave: estudios

de pre-inversión y acompañamiento a operaciones de crédito de agua y saneamiento; conocimiento analítico, que incluye informes, publicaciones, planes estratégicos y análisis sectoriales; emergencias, ayuda humanitaria y planificación de prevención de desastres como sequías e inundaciones; fortalecimiento institucional, que comprende la realización de talleres, formaciones y puesta en marcha de planes estratégicos, operativos y de mejora en colaboración con organismos oficiales; y organización de foros y eventos a escala regional e internacional.

El plan implementado para aumentar y visibilizar la acción de CAF incluye la participación protagonista en los foros internacionales y regionales de mayor influencia e impacto. Internamente, el enfoque ha sido el

de consolidar un modelo de gestión de ciclo de proyectos que busca la mejora operacional de los créditos y el fortalecimiento de las competencias técnicas e institucionales. A nivel comunicacional la estrategia se basa en posicionar los mensajes de la institución, como vocera de la región en distintos espacios, desde una perspectiva cercana y útil para la audiencia especializada y generalista, con la finalidad de incidir en los debates públicos que actualmente acontecen en el ámbito del desarrollo de América Latina.

Cooperaciones Técnicas 2012-2016
Montos (MM USD)

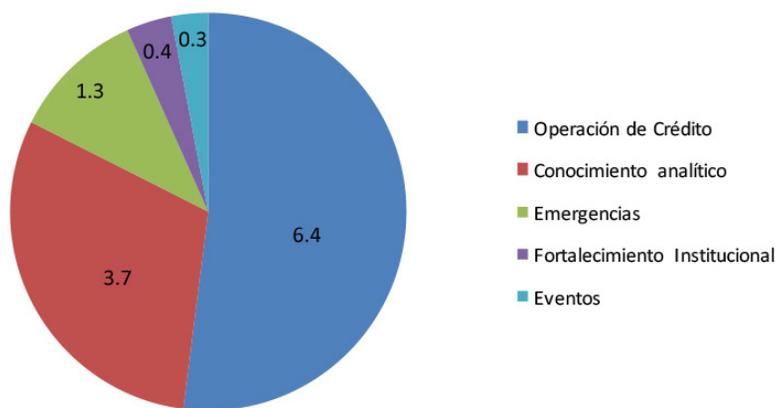


Fig. 7. Montos de las aprobaciones de CAF en Cooperaciones Técnicas para agua y saneamiento (2012-2016).

Víctor Arroyo

Ingeniero Químico

Director encargado de Innovación Operativa

y Gestión de Conocimiento

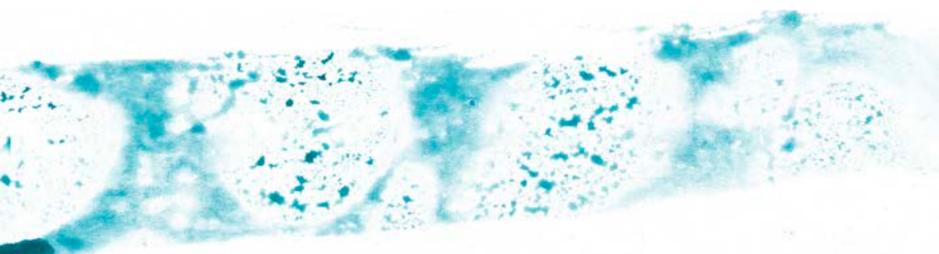
Vicepresidencia de Desarrollo Social

CAF –Banco de Desarrollo de América Latina–

CANAL DE ISABEL II

MODELO DE GESTIÓN PARA EL SIGLO XXI

Belén Benito Martínez



DESCRIPTORES:
SOSTENIBILIDAD
GESTIÓN PÚBLICA
ESTRUCTURA TARIFARIA
CICLO INTEGRAL DEL AGUA
MODELO SUPRAMUNICIPAL

NUESTRA HISTORIA



Canal de Isabel II nació hace 165 años para hacer frente a un reto técnico y social: hacer viable el crecimiento de Madrid como capital del Reino.

A mediados del siglo XIX Madrid dispone de apenas 10 litros diarios por habitante para cubrir todas las necesidades de la población: bebida, aseo, limpieza, riego... era la época de los viajes de agua y de los aguadores. A diferencia de otras capitales europeas, Madrid no disponía de un gran río o un lago que proporcionara una fuente fiable de abastecimiento.

En 1848, Juan Bravo Murillo, ministro de Instrucción, Comercio y Obras Públicas encarga a los ingenieros Juan Rafo y Juan de Ribera el estudio de soluciones de abastecimiento a Madrid, previo análisis de los proyectos redactados en el último siglo.

Rafo y Ribera redactaron la *Memoria sobre la conducción de aguas a Madrid* y, recién nombrado Bravo Murillo presidente del Consejo y ministro de Hacienda, el 18 de junio

de 1851 la Reina Isabel II firma el Real Decreto para la ejecución de las obras necesarias para abastecer la capital. El artículo 3 del Real Decreto supuso la creación del Consejo de Administración y, consecuentemente de la Empresa.

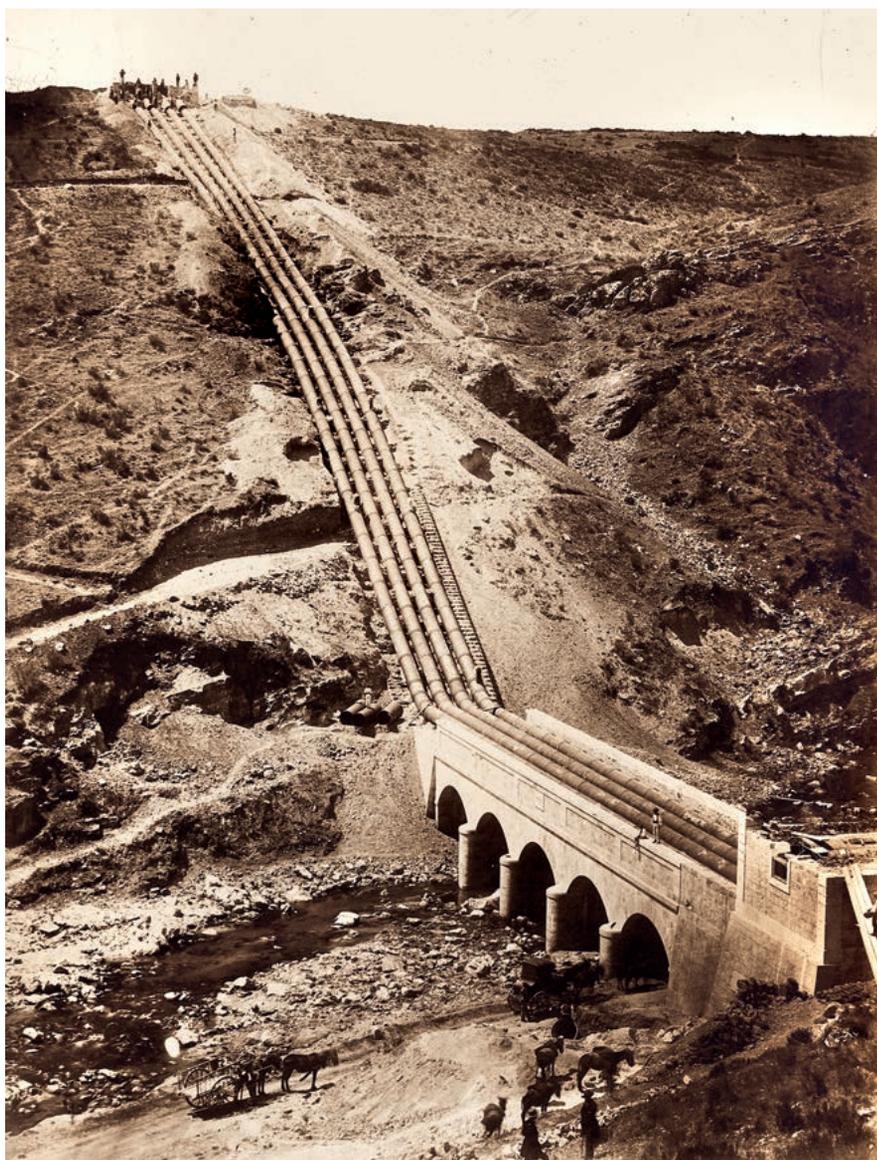
La solución incluía la construcción de una presa en el lugar Pontón de la Oliva, en el río Lozoya antes de su desembocadura en el río Jarama, una conducción de 70 km de longitud y un depósito de regulación capaz de almacenar agua para el consumo de 5 días.

Siete años después del nacimiento de la Empresa, el 24 de junio de 1858, las aguas llegan al depósito del Campo de Guardias.

Los ingenieros diseñaron, y el Gobierno impulsó, unas infraestructuras con capacidad para transportar diariamente 328.000 m³ de agua, con una extraordinaria visión de futuro, o como ahora diríamos: pensando en el largo plazo.

A partir de entonces, comienza una andadura histórica que lleva a Canal de Isabel II a ser la empresa que es hoy.

**Fig. 1. Sifón del Guadalix.
Clifford hacia 1854.**



CANAL DE ISABEL II HOY

En 2012, Canal de Isabel II se constituye como sociedad anónima manteniendo el carácter de empresa pública –en su accionariado está representada la Comunidad de Madrid y ciento once municipios madrileños– asumiendo las competencias y actividades de gestión del Ente Público Canal de Isabel II creado en 1851.

Por tanto, seguimos siendo la empresa pública de la Comunidad de Madrid encargada de la gestión completa del ciclo integral del agua en el territorio madrileño, incluyendo no solo las actuaciones relativas a dicha gestión, sino también la gestión de cobro, inspecciones, prestación de otros servicios a los usuarios y actividad comercial en general.

Con una cifra de negocio en el entorno de los 865 millones de euros y casi 2.600 empleados, presta sus servicios, con distintos alcances, a los municipios que integran la Comunidad de Madrid:

- Abastece a 6,20 millones de habitantes en 170 municipios, lo que supone una cobertura del 96,30% de la población total. En 2016 ha suministrado 491 hm³ para el abastecimiento a esta población.
- Realiza la depuración de las aguas residuales en la totalidad de los municipios de la Comunidad, lo que supone una población servida de 6,43 millones de habitantes. El volumen de aguas depuradas durante los últimos doce meses ha alcanzado los 498 hm³.
- Suministra agua regenerada en 21 municipios, por encima de los 12 hm³ en el año pasado.

Pero además Canal de Isabel II conforma un grupo empresarial de treinta y tres sociedades participadas

que se extiende más allá de la Comunidad de Madrid, con presencia en el resto de España –Cáceres, Lanzarote y La Graciosa– y en Latinoamérica.

El Grupo Empresarial Canal abasteció en 2016 a más de 10 millones de habitantes en cinco países, España, Colombia, Ecuador, Perú y Brasil, y ha prestado servicios comerciales a casi 90 millones de habitantes en España y Latinoamérica.

LA GESTIÓN SUPRAMUNICIPAL

Los 165 años de historia han servido para conformar el modelo de gestión territorial que Canal tiene a día de hoy.

Cuadro 1	
Principales instalaciones de Canal de Isabel II	
Número de embalses	14
Capacidad de los embalses (hm ³)	946
Número de estaciones de tratamiento de agua potable	14
Capacidad global de tratamiento (hm ³ diarios)	4,55
Número de grandes depósitos reguladores	33
Longitud de redes de abastecimiento (km)	17.366
Longitud de redes de saneamiento (km)	14.784
Número de estaciones depuradoras de aguas residuales	157
Longitud de redes de agua regenerada (km)	510
Número de plantas de regeneración de aguas residuales	22

Desde el momento de la presentación del proyecto en 1851, comenzaron las solicitudes de distintos municipios para abastecerse de la



Fig. 2. Distribución de competencias.

futura conducción. Legislación complementaria habilitó que los pueblos situados junto a la traza del canal pudieran abastecerse mejorando la escasez de agua de boca así como sus condiciones higiénicas.

Municipios más alejados de la traza original fueron incorporándose al abastecimiento sucesivamente, lo que exigió la tramitación, financiación y ejecución de numerosas infraestructuras: presas de Puentes Viejas, El Villar, El Vado, Canal del Jarama...

La población abastecida alcanza en 1963 los 2,3 millones de habitantes distribuidos en la capital y en 17 municipios. Para entonces, municipios del entorno metropolitano, como San Sebastián de los Reyes, Alcobendas, Leganés y Getafe, están ya incorporados al «Sistema Canal».

Se agregan más tarde patrimonio, funciones y obligaciones de otros abastecimientos independientes ante la evidencia de las ventajas derivadas de la gestión única.

Es cierto que los titulares de las competencias en cada uno de los servicios prestados son distintos,

razón por la que ha sido necesario articular legalmente una estructura que permitiera a la empresa asumir esas competencias.

Por una parte, resulta fundamental la transferencia a la Comunidad de Madrid en 1984 de Canal de Isabel II, que recordemos había nacido como empresa privada y que desde 1977 era empresa pública dependiente del ministerio de Obras Públicas. En ese año se promulga la Ley 17/84, de 20 de diciembre, Reguladora del Abastecimiento y Saneamiento en la Comunidad de Madrid que establece sus competencias en el ciclo integral del agua y determina entre otras cosas: a) que los servicios de aducción y depuración son de interés de la Comunidad, b) que las tarifas del agua deberán ser iguales en toda la región y c) que las inversiones a realizar en cada municipio puedan ser pagadas a través de una cuota suplementaria en la factura del agua. Esta ley, junto con las posteriores que la enmiendan y modifican, incorpora algunos aspectos innovadores de la gestión del agua entre los que destaca el mandato de establecer una tarifa que sea sostenible.

Por otro lado, la firma de convenios con los ayuntamientos especificando las responsabilidades de cada una de las partes, ha ido sustentando esa estructura legal de colaboración.

La situación de sequía entre los años 1981 y 1983, que inoculó en los municipios madrileños dudas sobre su capacidad para cubrir las crecientes necesidades de agua, la nueva legislación y la reciente incorporación de Canal a la Comunidad de Madrid, propiciaron un crecimiento extraordinario en la suscripción de convenios con los Ayuntamientos: si en 1984 eran 83 los municipios con convenio firmado con Canal de Isabel II, en 2016 son ya 174 sobre el total de 179 que integran la Comunidad.

Conviene señalar que solamente un modelo de convenio suficientemente flexible facilita la adhesión. Los modelos de convenio de Canal de Isabel II con los ayuntamientos lo son en extremo y se adaptan a cada caso dependiendo de las necesidades del municipio; se establecen suministros de agua «en alta», siendo el municipio el encargado de su distribución y comercialización; o convenios comerciales, donde el municipio realiza la distribución y Canal lleva a cabo las actividades de cobro al cliente; o el caso más completo, el de convenios integrales, donde Canal suministra y distribuye el agua, mantiene las redes de distribución y cobra las facturas.

La gestión del ciclo integral del agua requiere fuertes inversiones en infraestructuras, tanto para extender

Fig. 3. Construcción del segundo anillo principal de distribución.



el ámbito territorial del servicio como para atender adaptaciones normativas y renovar y ampliar las instalaciones.

Estas inversiones han de ser planificadas tomando en consideración todas las infraestructuras de la región y de forma coordinada con la planificación urbana y las políticas de desarrollo territorial. Y ello teniendo en cuenta la variable económica en su programación y asegurando la sostenibilidad económico-financiera de la empresa. Sin duda esta coordinación, realizada también por Canal, es más eficaz con un esquema supramunicipal.

Pero además, una actividad intensiva en infraestructuras exige, para ser sostenible y garantizar la prestación correcta del servicio, una potente partida presupuestaria de mantenimiento, tanto correctivo como preventivo, y de reposición.

Un dato: las inversiones para ampliar y mejorar el sistema general de abastecimiento y saneamiento de la región aprobadas para 2017 alcanzan los 184 millones de euros con un incremento del 1,32% con respecto a las realizadas en 2016. Los gastos corrientes previstos en 2017 ascienden a 456 millones de euros (0,4% de crecimiento sobre el año anterior).

La gestión territorial supramunicipal supone un ahorro manifiesto tanto por la posibilidad de que núcleos

diferenciados compartan infraestructuras como por las evidentes ventajas de operación de sistemas compartidos: personal, compras a gran escala, etc.

En resumen, la gestión conjunta de todos los municipios de la región

aporta importantes sinergias y economías de escala que se ponen claramente de manifiesto al efectuar la comparación con otras empresas que prestan sus servicios en municipios dispersos, en otros territorios.

Cuadro 2

Comparación entre operadores

Magnitudes	Acciona Agua	FCC Aqualia	Canal de Isabel II
Población (hab)	780.236	7.919.000	6.209.514
Redes abastecimiento (km)	4.860	36.027	17.366
Número de empleados	2.761	7.329	2.592
Ingresos anuales (mill. €)	114,20	568,66	861,30
Ratios	Acciona Agua	FCC Aqualia	Canal de Isabel II
Habitantes por empleado	283	1.081	2.396
Habitantes por km de red	161	220	358
Ingresos por km de red	23.498	15.784	49.597

Fuente: DBK 2016 con datos al cierre de 2015.

EL CICLO INTEGRAL DEL AGUA



Abastecimiento



Si bien en sus comienzos el servicio prestado por Canal de Isabel II se ceñía a la traída y distribución de agua, en el desarrollo histórico fueron incorporándose otros adicionales surgidos tanto de las necesidades de

dotar de mayor calidad al agua distribuida, como de las de realizar una higienización de las aguas antes de su devolución al cauce.

Así Canal comenzó a construir las primeras plantas potabilizadoras,

Torrelaguna, Majadahonda, Bodonal, Jarosa y Navacerrada en los años 60 del siglo pasado, hasta el número de 14 que en la actualidad aseguran el correcto tratamiento del agua para consumo humano.

Difícilmente un número tal de estaciones de tratamiento de agua potable sería suficiente para abastecer a una población de más de 6 millones de habitantes en una extensión de 8.000 km², sin un modelo supramunicipal como el ya mencionado.

Saneamiento



Superada la época del «agua va», desarrolladas algunas redes de saneamiento de forma local y agotada en muchos casos la capacidad de depuración de los cauces, en el decenio 1980-1989 Canal ejecutó las primeras instalaciones de depuración de aguas residuales. El crecimiento urbanístico y el endurecimiento del marco legal han obligado a que el número de instalaciones haya seguido creciendo hasta las 157 que a día de hoy integran el parque de depuración gestionado por Canal de Isabel II. En este caso, la unificación de vertidos procedentes de distintos núcleos de población

en instalaciones comunes deviene complicada, por la natural gestión por cuencas de las aguas residuales, pero incluso en este ámbito no es despreciable el número de instalaciones que depuran aguas de varios municipios. En todo caso, la gestión completa de tan elevado número de depuradoras optimiza los costes operativos, volviendo a apoyar los beneficios del modelo territorial descrito.

Reutilización



Cerrando el círculo, hemos dotado en los últimos años dos docenas de instalaciones de depuración con tratamientos terciarios para regenerar las aguas residuales depuradas y reutilizarlas en usos secundarios, urbanos e industriales. Canal considera que la reutilización del agua residual depurada es un componente esencial de la gestión integral del recurso y contribuye al incremento neto de disponibilidad de agua en las regiones donde

se presta este servicio. La inclusión de esta tercera fase, no siempre considerada en la gestión del ciclo del agua, permite reservar el recurso tradicional para los usos de boca, sustituyéndolo en los casos en los que la legislación así lo permite para riegos, baldeos, y aguas para procesos industriales.

Lodos y residuos



Pero el ciclo del agua, tal y como lo concibe Canal de Isabel II, es todavía más. Lodos, Residuos y Energía constituyen parte fundamental, inseparable de la gestión del ciclo, y contribuyen de manera notable a la eficiencia en términos económicos.

La actividad propia del abastecimiento y el saneamiento genera una gran cantidad de residuos y lodos de cuya gestión eficiente también nos ocupamos. Residuos no peligrosos o reciclables y residuos peligrosos; lodos de EDAR y ETAP aptos para agricultura; lodos no aptos; y resi-

Fig. 4. EDAR del Arroyo Culebro.



duos de pretratamiento conforman la panoplia de «subproductos» a los que da lugar el ciclo del agua.

La retirada y, en su caso, tratamiento conjunto de residuos y lodos producidos en los dos centenares de instalaciones que operamos supone, nuevamente, la posibilidad de racionalizar costes operacionales y de inversión. Supone además la posibilidad de consolidar políticas de Reciclado, Recuperación y Reutilización. En definitiva, se trata de aplicar una gestión eficiente de los residuos en el marco de la Economía Circular.

Es cierto que actualmente alrededor del 99% de las más de 433.000 toneladas de lodos generados en depuradoras y potabilizadoras son aptas para valorización agronómica. Pero no es menos cierto que las tendencias normativas que llevan años en maduración endurecerán las condiciones para aplicación agrícola, siendo posible la prohibición completa de esta práctica.

En este marco, Canal puso en funcionamiento en el año 2010 la Unidad de Procesamiento de Lodos de Loeches; en ella se tratan mediante secado térmico una parte de los lodos producidos gracias al calor procedente de la refrigeración de los motores de cogeneración, y se genera energía eléctrica para su propio consumo y venta a red. Otra parte se procesa, para obtener finalmente de compost, producto utilizado en jardinería, agricultura y recuperación paisajística.

En 2016 la planta recibió 51.000 toneladas de lodo. De ellas, 42.000 se trataron en las instalaciones de secado térmico. A partir de ellas, se han producido 7.500 t de lodo seco apto que se ha comercializado como fertilizante y 540 toneladas de lodo seco no apto cuyo destino ha sido la valoración energética en cementera. Las otras 9.200 toneladas restantes fueron compostadas.

Como instalación anexa a la planta de secado Canal dispone de un vertedero para residuos de pretratamiento. En 2016 se colocaron casi 8.700 t de

residuos de pretratamiento de diversas EDAR en la celda, con el consiguiente ahorro de tasas de entrada en otros vertederos de la Comunidad.

Energía

En el campo de la Energía, es cierto que los vaivenes normativos de los últimos años podrían haber atenuado la tendencia que Canal inició en el último cuarto del siglo xx. Sin embargo, persuadidos de que el binomio agua-energía no puede disolverse, nuestra empresa sigue apostando por aprovechar el recurso energético que el ciclo integral del agua nos brinda.

Actualmente Canal de Isabel II es la empresa de la Comunidad de Madrid con mayor potencia instalada para la generación eléctrica: 84 megavatios. Hasta noviembre de 2016, la generación de energía eléctrica ha superado los 230.000 MWh, lo que equivale al algo más del 60% de la energía consumida en el mismo periodo. Esta generación ha logrado evitar la emisión de 56.000 de toneladas CO₂ a la atmósfera.

Ocho centrales hidroeléctricas, la primera de ellas construida en 1912, y cuya potencia instalada total supera los 37 megavatios, operan durante casi todo el año de manera coordina-

da con las necesidades del abastecimiento a la población; mensualmente se establecen las pautas de derivación y turbinación con los criterios de satisfacción de las demandas, minimización de los vertidos y maximización de la producción hidroeléctrica.

Además Canal ha apostado por la instalación en las conducciones de abastecimiento de microturbinas, ocho a día de hoy, con el fin de aprovechar las diferencias de presión entre los puntos de origen y los de suministro. Dos miniturbinas más, instaladas en este caso en el punto de vertido al cauce del efluente tratado en una depuradora, completan estos pequeños aprovechamientos hidroeléctricos.

El biogás generado en las depuradoras que disponen de tratamientos de digestión anaerobia es utilizado, además de para el proceso de calentamiento del lodo, para alimentar motogeneradores y producir energía eléctrica. Actualmente hay trece instalaciones en funcionamiento con 25 MW de potencia instalada, si bien conforme a nuestra planificación energética este número será aumentado.

Por último, la planta de cogeneración (19,8 MW) asociada a la ya citada Unidad de Procesamiento de Lodos de Loeches, vertió en 2016 a red 72.790 MWh, lo que supone el 18 % de nuestro consumo eléctrico total.

Fig. 5. Intercambiadores de calor UTL Loeches.



EL MODELO TARIFARIO

La estructura tarifaria implantada por Canal incluye, desde hace casi una treintena de años, dos componentes principales recogidos en la Directiva Marco del Agua: el componente de financiación de los servicios, que busca asegurar que se recuperan todos los costes fijos y variables del servicio, y el componente de cambio de comportamiento, que traslada un incentivo al usuario para cumplir los objetivos medioambientales. Estos últimos se concretan en a) incentivar el ahorro de un recurso limitado como es el agua, *Quien más ahorra, menos debe pagar* y b) establecer una proporcionalidad según el nivel de contaminación generado, *Quien contamina, paga*.

Además, toma en consideración otros principios básicos: bienestar social (equidad), responsabilidad de

puntas, simplicidad o transparencia, igualdad y unidad.

Aplicando estos principios, la tarifa establecida por Canal de Isabel II se caracteriza por:

1. Ser universal, idéntica para todos los municipios servidos en el ámbito de la Comunidad Autónoma, rompiendo además las diferencias entre el ámbito rural y el ámbito urbano.
2. Cubrir los costes de cada uno de los servicios del agua: aducción, distribución, alcantarillado, depuración y, en su caso, reutilización.
3. Disponer de estructura de bloques a los que se aplican importes crecientes (gradualidad) y distintos en función al periodo del año (estacionalidad).

4. Diferenciar el distinto uso –doméstico, comercial, industrial– del recurso que realizan y la contaminación que pueden introducir en el sistema.

5. Ser de estructura binómica, compuesta por un término fijo (cuota de servicio) y otro variable en función del volumen de agua consumido (cuota de consumo).

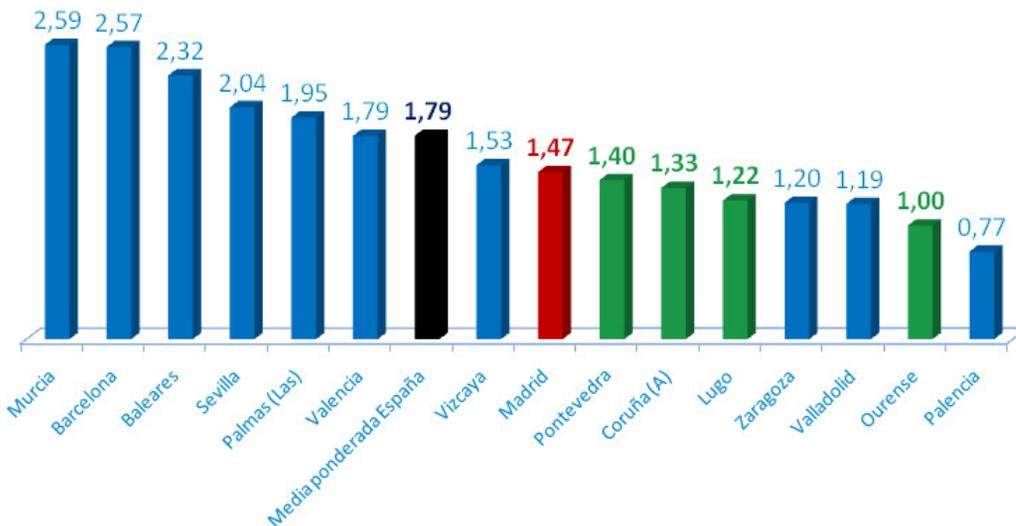
6. Ser sensible a las situaciones de *pobreza hídrica* (valga la similitud con el término *pobreza energética*), atendiéndolas mediante una tarifa social, cuyo cliente objetivo se ha ido ampliando en los últimos años.

Estamos persuadidos de que solamente un modelo territorial y de servicios similar al descrito hasta aquí puede permitir una concepción de tarifas como la citada.

LOS RESULTADOS

Sería absurdo propugnar y defender el modelo, sin indicadores que avalaran los resultados satisfactorios

Fig. 6. Precio de los servicios de gestión del agua (abastecimiento y saneamiento) para clientes domésticos en algunas provincias españolas en 2016 (€/m³ sin IVA). Fuente: Estudio nacional de tarifas del agua AEAS-AGA (2016).



de su aplicación. Estos resultados se manifiestan en aspectos diversos.

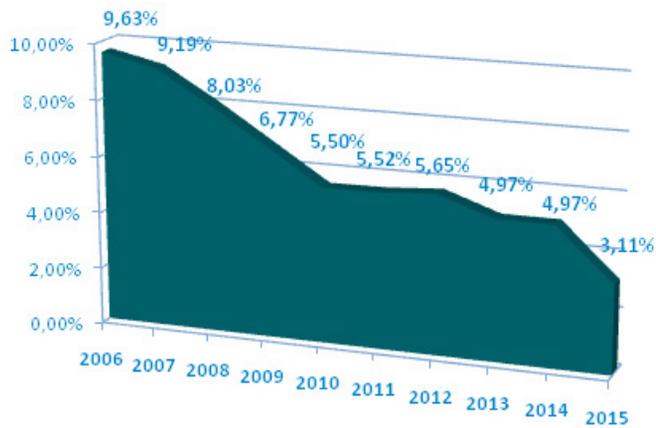
En términos de satisfacción del cliente, por ejemplo, además de las evaluaciones mediante encuestas de satisfacción –en la última de las cuales la puntuación ha sido de 7,8– una referencia es que Madrid es la comunidad autónoma con menor consumo de agua embotellada.

En relación a los precios proporcionados, el siguiente gráfico es elocuente:

Por último, dos indicadores de eficiencia: las pérdidas ocultas y las roturas en red, cuya disminución en los últimos diez años debe ir claramente asociada al mantenimiento del ritmo de inversión y gasto de las infraestructuras.

Pérdidas ocultas en red de distribución

(% sobre agua derivada para el consumo)



Índice de roturas por km.de la red

(número de roturas anuales por km de red)

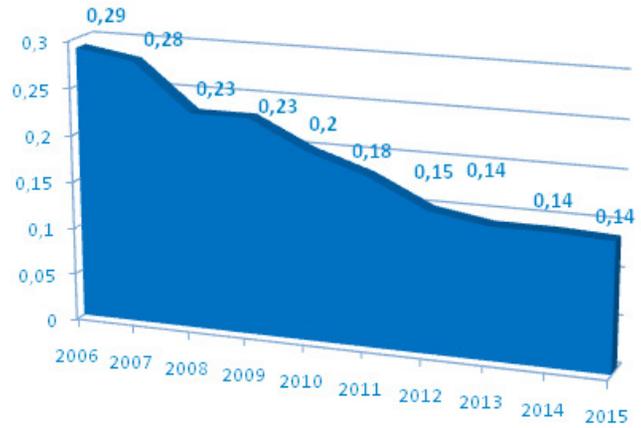


Fig. 7. Indicadores de eficiencia.

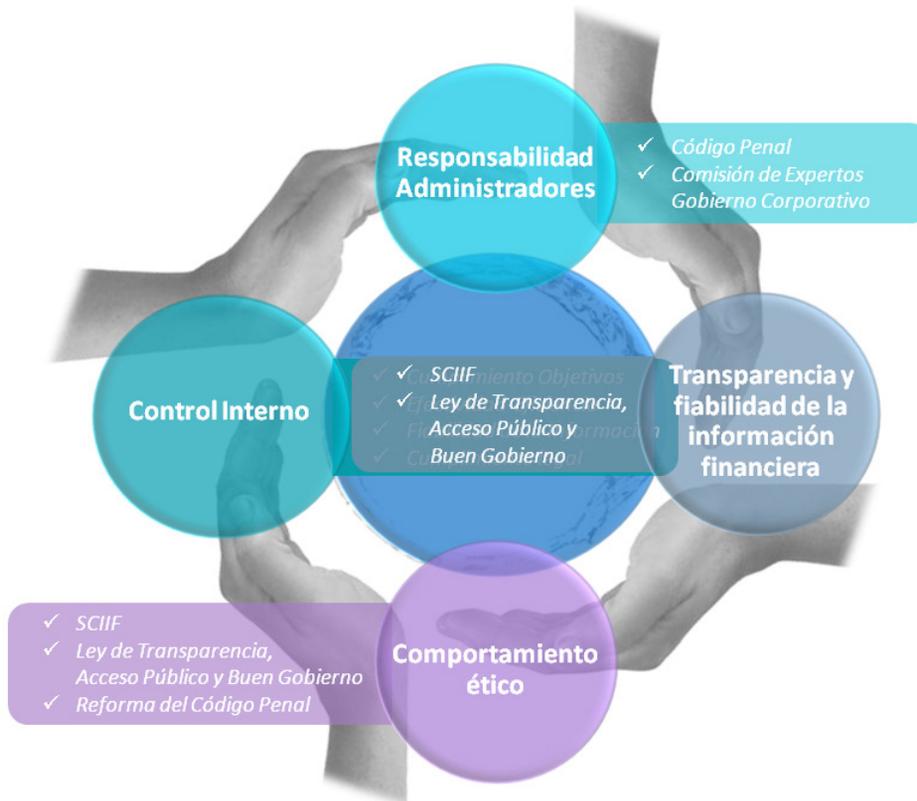
GOBERNANZA

Canal de Isabel II ha reforzado en los últimos años su estrategia de Buen Gobierno. Responsabilidad de los administradores, comportamiento ético, transparencia y fiabilidad de la información financiera, y control interno orientan esta estrategia.

El objetivo de transparencia y eficiencia en la organización y gestión, nos ha llevado a la incorporación progresiva de mejores prácticas que exceden de los estándares exigibles a empresas no cotizadas como por ejemplo el sistema de control interno

de la información financiera, la función de Auditoría Interna, la creación de la Comisión de Auditoría, o el Sistema de Gestión de Riesgos.

Fig. 8. Gobierno corporativo.



Organización societaria y órganos de gobierno

La organización societaria y los órganos de gobierno de Canal de Isabel II responden fundamentalmente a los requisitos derivados de su naturaleza jurídica como sociedad anónima desde su creación en junio de 2012.

Los órganos rectores de Canal son la Junta General, en la que están representados todos los accionistas (Ente Público Canal de Isabel

II, Ayuntamiento de Madrid y restantes Ayuntamientos), y el Consejo de Administración. La propiedad del Ente Público Canal de Isabel II es 100% de la Comunidad de Madrid, y depende de la Consejería de Presidencia, Justicia y Portavocía del Gobierno.

Por las características del accionariado de la sociedad, cien por cien

pública, la composición del Consejo de Administración obedece en su mayoría a dicha naturaleza con seis consejeros dominicales y tres independientes. Los consejeros no pueden incurrir en incompatibilidades, lo que garantiza la mayor transparencia y evita la aparición de potenciales conflictos de interés.

Comportamiento ético

En línea con la estrategia mencionada, venimos desarrollando en el último quinquenio un proyecto para reforzar nuestro compromiso con los principios éticos y de integridad mediante la incorporación de las

mejores prácticas, aspirando a que nuestros principios de actuación y valores constituyan en el futuro un marco de integridad y buen gobierno que garantice la responsabilidad en la gestión. Con el fin de orientar y

fomentar las prácticas profesionales éticas, Canal dispone de un Código de Conducta de obligada aplicación y cumplimiento para todo el personal en el que se recogen los valores y principios de la misma.

Transparencia y Control interno

En cumplimiento de lo dispuesto en la Ley 19/2013 de 9 de diciembre de Transparencia, acceso a la información pública y buen gobierno, hemos promovido en 2015 el portal de transparencia, que contiene toda la infor-

mación exigida por la ley relativa a la publicidad activa, así como los medios para garantizar el ejercicio del derecho de acceso a la información pública.

Como refuerzo y mejora del control interno de la organización y

la incorporación de nuevas prácticas en materia de gobierno corporativo, iniciamos en 2013 la implantación del Sistema de Control Interno de la Información Financiera.

Defensor del Cliente

Canal es la primera empresa española dedicada a la gestión del ciclo integral del agua que cuenta con la figura del Defensor del Cliente. Su creación

supone la voluntad de mejorar la atención y el servicio que prestamos a nuestros clientes, ofreciéndoles una oportunidad más para que se analice

y estudie su caso nuevamente y puedan solventar aquellos desacuerdos que no hayan sido resueltos por la vía ordinaria.

Gestión de riesgos

El Sistema de Gestión de Riesgos en Canal tiene por objeto asegurar el conocimiento y control de las actividades de la organización, así como minimizar el impacto económico, social y medioambiental de la empresa y garantizar el cumplimiento de los objetivos estratégicos establecidos. Este Sistema incluye tanto los riesgos financieros como los no financieros

A este sistema se añade la creación de la Comisión de Auditoría, órgano delegado del Consejo de Administración, que tiene la responsabilidad

de supervisar la política de control y gestión de riesgos. En paralelo se ha considerado la conveniencia de

contar con una Función de Cumplimiento como un refuerzo de las líneas de defensa de la organización.

EL CANAL DEL FUTURO: NUEVOS RETOS

El principal reto de futuro para Canal probablemente sea mantener la sostenibilidad de su modelo de gestión, adaptándose a la evolución del entorno. Son componentes de esta evolución el cambio climático, la creciente escasez del recurso

natural, las metas medioambientales a alcanzar, la vertiginosa renovación tecnológica, las nuevas necesidades de los usuarios.

El agua es un recurso natural estratégico y limitado. Garantizar el acceso de todos al recurso, en cantidad



Fig. 9. Los tres Canales: Jarama, La Parra y Atazar.

y en calidad, es uno de los principales desafíos a los que nos enfrentamos.

Las características climáticas en nuestra zona de operación son la irregularidad y la escasez de precipitaciones. La media de las aportaciones naturales de los ríos a nuestros embalses desde 1993-1994 es casi un 18% inferior a la serie histórica que manejamos (desde 1913) mientras que nuestra población abastecida ha pasado de 5,5 millones de habitantes en el año 2003 a los 6,2 millones actuales.

La tendencia a futuro es que aumente la demanda de agua, probablemente de manera más contenida que en la década anterior y que, sin embargo, sea cada vez más costoso mantener la oferta, debido a los efectos del cambio climático sobre las aportaciones. Igualmente la presión sobre el recurso deteriorará su calidad

y deberemos abordar la permanente actualización y adaptación de las instalaciones de tratamiento para seguir manteniendo un suministro con la misma calidad que caracteriza al que proporcionamos en la actualidad.

En el ámbito del desarrollo sostenible el mayor reto en el que ya viene trabajando Canal es culminar el cumplimiento de los objetivos de calidad establecidos por la Directiva Marco del Agua. Se trata de un reto que exige elevado esfuerzo técnico y económico, ya que requiere la ejecución nuevas infraestructuras de depuración y la mejora y ampliación de las ya existentes.

Relacionado con este mismo ámbito, pero también con el de acceso universal al agua, hemos de seguir aumentando el recurso disponible, empleando el desarrollo tecnológico para la regeneración de aguas resi-

duales de cara a su posterior reutilización, no solo a nivel urbano, sino también en el campo industrial.

Los desafíos de mañana requieren hoy planificar de forma ordenada y mantener adecuadamente las infraestructuras necesarias, para lo cual resulta vital mantener el esfuerzo inversor suficiente.

Estos retos podrán afrontarse si seguimos manteniendo el nivel de capacitación y de excelencia de los profesionales que integran Canal de Isabel II.

Belén Benito Martínez

Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos
Directora de Operaciones de Canal de Isabel II

ANÁLISIS DE LA EFICIENCIA EN LA PRESTACIÓN DEL SERVICIO DEL CICLO INTEGRAL DEL AGUA: EL CASO ESPAÑOL

Lorenzo Dávila Cano

DESCRIPTORES:
EFICIENCIA
COBERTURA DE COSTES
REGULACIÓN UNIFICADA
AUTOFINANCIACIÓN
DE SERVICIOS
COBERTURA DE INVERSIONES

INTRODUCCIÓN



Dos de los retos más importantes a los que se enfrentan actualmente las empresas prestadoras de servicios de agua potable y alcantarillado (públicas, privadas o mixtas) es lograr los objetivos de autofinanciación a través de los propios ingresos de las empresas, así como lograr una estructura de costes eficientes que se definen como los costes mínimos de operación para alcanzar determinado nivel de cobertura, calidad y retribución adecuada de los factores de producción (Capital y Trabajo).

Para analizar los avances y logros tanto en materia de Costes Eficientes, como de Autofinanciación, es necesario revisar previamente la teoría sobre eficiencia y productividad con el propósito de comprender los reconocidos criterios de eficiencia para empresas prestadoras de servicios públicos: (i) Nivel de Cobertura, (ii) Calidad en los servicios prestados y productos suministrados, (iii) Costes Eficientes y (iv) Grado de Autofinanciación. Es necesario además reconocer las relaciones que existen entre los criterios mencionados a fin de establecer pautas que ayuden a conseguir los objetivos planteados para cada uno. Dichas relaciones generan impactos que deben cuantificarse para

poder determinar el nivel de transferencia a los usuarios (en cuanto a calidad y precios asequibles) que ha alcanzado la empresa prestadora de servicios gracias al logro de sus objetivos en materia de eficiencia.

El presente documento busca principalmente describir y analizar el comportamiento de la autofinanciación y los costes eficientes en los últimos 12 años, teniendo en cuenta que las empresas públicas, privadas y mixtas se han visto afectadas por la situación de crisis que vive la economía española desde mediados de 2007. Cabe resaltar que la industria del ciclo integral del agua es una de las más intensivas en capital. Debido a sus particulares características, la infraestructura necesaria para cumplir con los estándares regulatorios exige grandes inversiones tanto en OPEX (gastos incurridos en el curso ordinario de la actividad), como en CAPEX (nuevas inversiones y reposiciones), que abordaremos durante el desarrollo de este documento para determinar la evolución de la inversión y su impacto en la eficiencia en los próximos años.

Los criterios de eficiencia son aplicables a cualquier tipo de modelo (público, privado o mixto) utilizado para la prestación del servicio integral del agua, puesto que toda

ineficiencia se traduce en mayores tarifas. Si bien por las características de monopolio natural que presenta este sector, se presupone una falta de incentivos para mejorar en cuanto a costes de eficiencia y autofinanciación, es en este aspecto donde el regulador ejerce sus competencias a fin de compensar este fallo de mercado (derivado del

poder de mercado que tendría el operador por su condición de monopolio), dirigiendo a las empresas para que incorporen en sus políticas la gestión de los criterios de eficiencia como si se operara en un mercado de competencia perfecta. Para esto es necesario contar con una regulación que preste apoyo continuo en lo que se refiere a la

medición de la eficiencia en el sector, promoviendo la adecuada recopilación de información, la selección y calibración de los modelos de medición, que permiten establecer comparaciones entre los operadores bajo cualquier modelo de prestación del servicio integral del agua e identificar así los niveles de eficiencia de cada uno.

La eficiencia en los servicios públicos

El concepto de eficiencia ha venido cobrando fuerza en los últimos años a medida que los prestadores de servicios públicos se han ido adaptando a las circunstancias políticas, macroeconómicas y sociales, y principalmente, a medida que el concepto de «Agua Potable» como producto, y no como recurso natural, ha cobrado relevancia en las políticas económicas y sociales de los Estados. El consumo de Agua, siendo indiferente su uso, es solo una

parte de lo que se conoce como Ciclo Integral de Agua, que se define como el recorrido de este elemento desde su captación en estado bruto del medio ambiente hasta su disponibilidad potabilizada en los hogares, cerrándose en sentido inverso para reintegrarse, una vez depurada, a la naturaleza.¹ Las fases que conforman el ciclo son la captación, la potabilización, el suministro, el saneamiento (alcantarillado) y la depuración.

La inadecuada prestación de este servicio (Ciclo Integral del Agua) tendrá repercusiones sociales y económicas, con un catalizador de poder de mercado como lo es el escenario de monopolio natural en que operan estas empresas, por lo que hace necesario un sistema regulatorio dotado de las herramientas necesarias para apoyar a los operadores en la Gestión de la Eficiencia, que definiremos a continuación.

El concepto de eficiencia

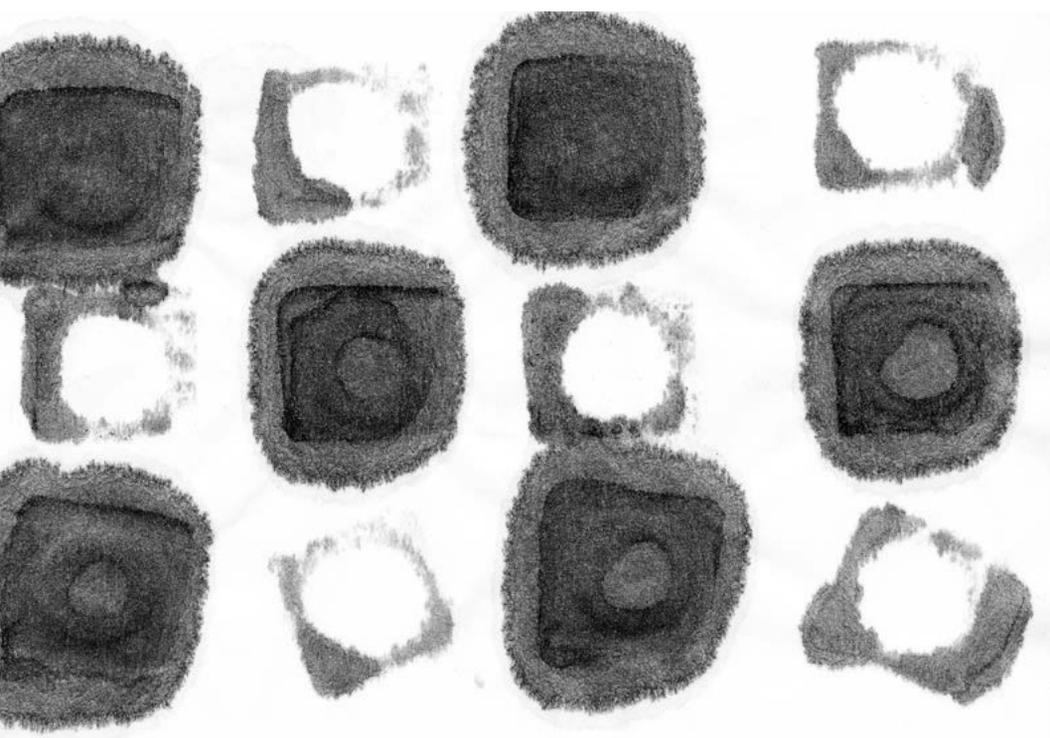
Conceptualmente la eficiencia es llegar a un objetivo al menor coste (cualquiera que se determine Ej.: social o económico). La minimización del coste presupone su posibilidad de medición a efectos de verificar el logro del objetivo de eficiencia. En lo que respecta a los servicios públicos, y en especial al del Ciclo Integral del Agua, lo que se persigue al exigir eficiencia a un operador, bien sea público, privado o mixto, es que provea el servicio al mínimo costo, con un determinado nivel de calidad, determinados objetivos de cobertura y un grado adecuado de autofinanciación.

La división de recursos naturales de la CEPAL (Comisión Económica para América Latina y el Caribe) ha realizado diversos estudios sobre experiencias de la prestación del servicio integral del agua² en los que se ha avanzado hacia la identificación y sistematización de factores determinantes en cuanto a eficiencia, determi-



Fig. 1. Criterio de Eficiencia.

Fuente: Elaboración propia a partir de Hantke-Domas & CEPAL, 2011.



nando en ellos que la prestación del servicio con eficacia se puede hacer a diversos niveles de coste posible.

La minimización del costo para llegar a una determinada meta requiere criterios de medición de desempeños. Desde el punto de vista práctico no hay un criterio absoluto de eficiencia, sino que lo que se hace es primero buscar unidades de decisión que hagan cosas parecidas y establecer las mejores prácticas por comparación, y luego usar esas mejores prácticas como guía para la acción de las unidades de decisión que están siendo relativamente menos productivas o más costosas.

En los costos, como en la producción, hay mejores y peores prácticas.

Hay malas prácticas que vendrán de arrastre de decisiones productivas: un despilfarro físico de insumos acarrea mayores costos. Pero otra parte de la tarea es estrictamente económica. Supóngase que no hay desperdicio físico, pero que se toman malas decisiones de compra. En tal caso, habrá ganancias posibles de eficiencia asignativa. Las mejores prácticas, en materia de costos, tienen que ver con mirar las señales de precios y realizar asignaciones eficientes del dinero como respuesta a esos estímulos.

Entonces si se tiene un concepto de eficiencia productiva (uso de insumos físicos –se mide mediante las Funciones de Producción–) y uno de eficiencia asignativa (uso de estímulo

los económicos o «precios relativos», sustituir lo caro con la barato – se mide mediante las Funciones de costo –), la suma de ambos conceptos nos lleva a la noción de Eficiencia Total (Productiva mas Asignativa) (Ferro, 2011).³

En la práctica la medición de la eficiencia se puede desarrollar mediante la comparación, técnica que no ha cambiado, pero sí la forma de medir los factores que afectan a la eficiencia, tanto técnica como asignativa. Por lo anterior se define el Benchmarking como un proceso sistemático y continuo para evaluar comparativamente productos, servicios y procesos referidos a unidades de decisión. Para el sector se trata de obtener las mejores prácticas de un conjunto de competidores para usar como referencia dicha mejor práctica. Los objetivos, por tanto, del Benchmarking están encaminados a aumentar la eficiencia, la calidad y la transparencia en la industria.

Sin embargo el uso de indicadores de productividad parcial y costes medios no es la única herramienta ni la más precisa utilizada para el desempeño e identificación de señales de unidades menos productivas. De hecho, *en el mercado español nos encontramos con determinadas características estructurales, que definimos como «retos respecto a la eficiencia»* (expuestos a continuación), *y que nos llevan a utilizar técnicas econométricas más sofisticadas, donde nos encontramos con el uso de fronteras eficientes*, tal y como desarrollamos más adelante en este artículo.

Retos del mercado español respecto a la eficiencia

En este apartado se tratarán algunos aspectos fundamentales para entender cuáles son los retos a los que se enfrenta el sector del agua en España para lograr un modelo de prestación de servicios eficiente en materia de costes, calidad y autofinanciación.

Si bien, en principio, estos desafíos no dependen de un tipo de modelo público, privado o mixto, sino más bien de las condiciones institucionales y estructurales del entorno, lo cierto es que las empresas públicas no cuentan con una autonomía de

gestión que les permita avanzar en cuanto a eficiencia y conviven con el lastre de los subsidios, los que a su vez pueden encubrir ineficiencias que transmitan señales erróneas al mercado y afecten negativamente la demanda del servicio. Estos aspectos son:

La descentralización



En el contexto español existe una sobre atomización de prestadores del servicio integral del agua, lo que puede dificultar la promoción de servicios de calidad, y sobre todo, de recuperación de costes, lo que limita la posibilidad de garantizar a los inversores la recuperación de las inversiones en las reposiciones o nuevas infraestructuras que exige el servicio. Es más, la descentralización puede atraer objetivos políticos que se sobrepongan a los criterios de eficiencia, por ejemplo usando las tarifas como mecanismo de atracción de electores con cargo a los presupuestos públicos y generando tensiones presupuestarias.

La descentralización también complica las labores de regulación, y este servicio en particular debe tener una regulación específica, adaptada a los principios de un servicio de interés general, como la cobertura universal, la calidad y la autofinanciación. Con esta estructura no es factible que un regulador pueda controlar a más de 2.000 operadores, y menos en situaciones jurídicas específicas debido a la legislación propia de cada autonomía. El ejercicio de transparencia en el que se fundamentan los criterios de eficiencia no puede lograrse con este esquema, porque la información está muy segregada y la afectan distintas presiones políticas, lo que genera una dispersión de estándares y no permite el uso comparativo de la información para obtener beneficios en materia de eficiencia.

Es decir, que frente a experiencias significativas como las llevadas a cabo en Chile o en Inglaterra, entre otros, donde las actuaciones están encaminadas a la centralización de las actividades regulatorias en materia de tarifas, nos encontramos en España en el caso contrario, con un alto grado de descentralización en materia tarifaria y una politización evidente de las empresas locales de carácter público.

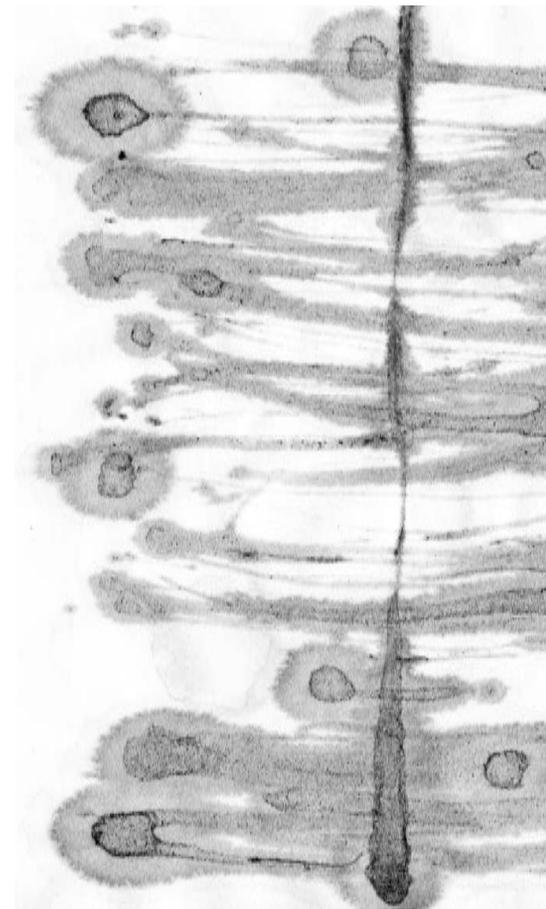
La regulación económica



La lógica estructura de prestación del servicio, donde no es eficiente la prestación del mismo servicio por dos empresas en el mismo ámbito geográfico, puesto que conllevaría a la duplicidad ineficaz y antieconómica de dos redes de agua potable y alcantarillado cuyo coste sería inasumible, converge en un monopolio natural para este servicio. Por esta razón es necesaria una regulación económica eficaz para intervenir ante este fallo de mercado que no presenta un mercado perfecto.

En estas circunstancias la regulación económica se establece con el propósito de controlar el poder de mercado del monopolio, y es aquí, mediante el diseño de políticas de eficiencia, que en España la existencia de un regulador unificado podría presionar a la empresa prestadora del servicio para que funcionase en alineamiento con un mercado abierto, respetando los principios de universalidad y calidad del servicio en particular.

Si revisamos los principios legales comunes en los sistemas regulatorios más avanzados (USA & UK),



observamos que se han decantado por unos principios básicos aplicables a los procesos regulatorios:

- Protección de los derechos de propiedad y expectativas de inversores. Los inversores privados, al invertir y disponer de su propiedad, lo hacen con el especial y legítimo interés de obtener cierto beneficio. La regulación económica debe cuidar de no sobrepasar los límites legales que protegen la propiedad, porque así elimina los incentivos y derechos de los inversores.
- Retorno razonable sobre la inversión. Las decisiones regulatorias no pueden afectar a la entidad prestadora de forma que irracionalmente se impida su suficiente compensación económica. (Se basa en: (i) equilibrio financiero; (ii) atracción favorable a capitales; (iii) beneficios comparables).
- Precios de transferencia. Las transacciones entre una entidad prestadora y sus empresas relacionadas deben ser realizadas a precio de mercado.

La Información



Para cualquier modelo regulatorio es fundamental que las empresas mantengan unos niveles de transparencia en materia de información económica muy elevados. El problema a solucionar aquí es la asimetría de información que se presenta entre el regulado y el regulador para poder ejercer una estra-

tegia de control con datos precisos que estimulen a los operadores y logren el máximo de eficiencia en su operación.

La unificación de información contable propuesta por las NIIF's (Normas Internacionales de Información Financiera) y NIC's (Normas Internacionales de Contabilidad)

apoya a nivel internacional el reforzamiento en materia de información financiera con el propósito no solo de poder comparar el desempeño en un entorno local, sino de que pueda llevarse a cabo en países comparables y permita analizar y aprender de otras empresas con mejores desempeños.

Economías de escala



En un sector tan atomizado como se da en España es evidente que un proceso de integración vertical (donde se asocian empresas que se dedican a diferentes etapas del proceso productivo, de manera que la empresa resultante obtiene unas ventajas comparables sobre prestadores diversos dentro del mismo proceso) presentaría grandes ventajas. De hecho, las economías de escala hacen que el elevado costo de las inversiones, operaciones y el mante-

nimiento en plantas y redes pueda ser transferido a los usuarios a precios o tarifas notablemente más reducidas en comparación con cualquier otra tecnología de prestación.

En el caso español nos encontramos con que existen distintos operadores, en distintas fases del ciclo, que proporcionan financiación a distinta escala en base a sus necesidades de infraestructura y operación. Esto dificulta la tarea de recopilación de información por parte del regulador

que le permite llevar a cabo acciones que faciliten el progreso de los prestadores en modelos de eficiencia. Desde el punto de vista operativo es evidente que un proceso de integración vertical aportaría primero un ahorro en cuanto a la gestión general del ciclo integral del agua, y después, muy probablemente, generaría más economías de escala que permitan alcanzar el objetivo de autofinanciación.

CRITERIOS DE EFICIENCIA FINANCIERA EN ESPAÑA



España presenta actualmente un problema de recuperación de costes, el cual se ha identificado en trabajos realizados por distintos autores.⁴ En la actualidad debido al grado de descentralización y diversidad dentro de los prestadores de servicios no es posible determinar exactamente cuál es el grado de recuperación de costes. Dependiendo de la tipología de empresa se maneja una horquilla entre 52% y 96%, situando un 80% de media. Esto implica que para lograr una recuperación de los costes las tarifas tendrían que incrementarse entre un 5% y un 96%.

Está claro que la solución más rápida y menos compleja sería transmitir toda la diferencia a los usuarios mediante el incremento de precios, pero se debe tener en cuenta que la es-

tructura del ciclo integral del agua en España es capaz de alcanzar mejoras en cuanto a eficiencia en distintos aspectos (financiero, operativo, tarifario, entre otros). Ello permitiría operar a unos costes eficientes, que llevarían a los prestadores a reducir la brecha tarifaria en España actualmente. De esta forma el esfuerzo vendría tanto de parte de la demanda como de la oferta, y no se pondría todo el déficit tarifario en un lado de la balanza como ocurre

Inversión y facturación



Según la última Encuesta Nacional de Suministro de Agua Potable y Saneamiento en España 2010,⁵ se facturaron 4.582 hm³, lo que repre-

ahora mismo, cubierto a cuenta de los presupuestos públicos.

Si revisamos el comportamiento de algunas cifras actuales en España observamos que hay mucho por hacer en cuanto a eficiencia, tanto por parte del regulador y su estructura, y de las empresas (especialmente las de gestión públicas claramente más ineficientes, tal y como demostraremos más adelante), como por parte de la demanda.

sentó un incremento anual del 4.6% de media respecto a 2008, donde se facturaron 4.198 hm³.

Si proyectamos el agua facturada a 2020 en base al crecimiento anual compuesto (3,2% anual) de los últimos años, podemos apreciar un incremento de la demanda de agua en torno al 38,6% respecto a 2010. Comportamiento similar al que pre-

sentó en el período 2004-2010, con un incremento del 34,8% respecto a 2004. Podemos asumir el incremento de la facturación en hm³ como un indicador de demanda y compararlo con las inversiones necesarias para atender los niveles resultantes.

Las inversiones necesarias para mantener este nivel de facturación (demanda) según las necesidades de inversión histórica arrojan un total de 12.000 millones de euros para el periodo 2015-2020.

Inversión y pérdidas reales

Las pérdidas reales, junto con las pérdidas aparentes, forman parte del Agua No Registrada. Las pérdidas reales, como porcentaje del agua suministrada a la red, son un indicador de eficiencia económica ampliamente utilizado por los operadores en su gestión. Este indicador agrupa las pérdidas por fugas en la red de distribución y las acometidas, y las pérdidas por roturas en las conducciones.

Según los capítulos VI y VII de los Presupuestos Generales del Estado, las inversiones reales se han visto restringidas debido a los ajustes realizados por el Gobierno central con el propósito de disminuir el déficit público, consecuencia de las distintas crisis que ha pasado la economía española desde 2007. Esta desviación (proyectada) para los próximos años trae consecuencias operativas relevantes, como es el caso de las pérdidas reales de agua.

Se puede observar en la Figura 2 como durante los años 2007 a 2011 los descensos de las inversiones han afectado negativamente el volumen de pérdidas reales de agua, evidenciando una relación inversa de estas variables. La disminución de las inversiones afecta principalmente el mantenimiento de la red de distribución y avances en las campañas de detección de fugas y fraudes.

Es en este tipo de aspectos, donde el regulador y las empresas prestadoras de servicios deben avanzar de forma conjunta, estableciendo líneas de actuación que permitan alcanzar niveles de eficiencia operativa mayores a los actuales, con el propósito de

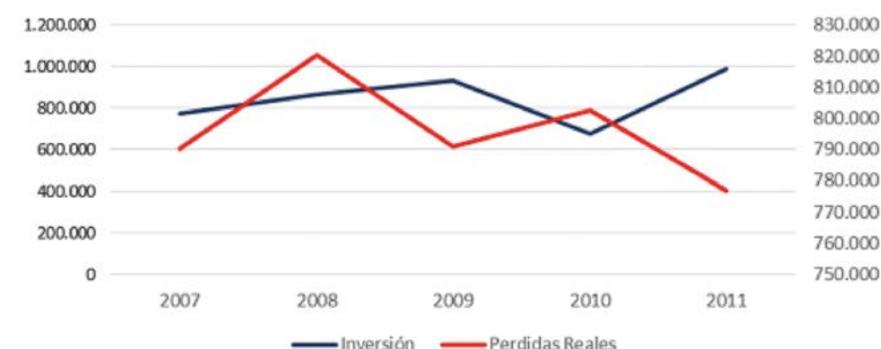


Fig. 2. Pérdidas reales e inversión.

Fuente: Elaboración propia a partir de datos INE – AEAS.

Cuadro 1						
Comparación de pérdidas reales frente a inversión y facturación						
Concepto	Total 2007-2011	2007	2008	2009	2010	2011
Pérdidas reales (miles m ³)	3.980.993	790.169	820.398	791.029	802.502	776.895
Precio medio (€/m ³) facturación agua registrada	1,38	1,17	1,24	1,37	1,50	1,61
Tasa recuperación (40%) (miles m ³)	1.592.397	316.068	328.159	316.412	321.001	310.758
Recuperación (miles €)	2.193.801	370.108	407.275	434.907	480.588	500.923
Porcentaje / facturación	9,0%	8,4%	8,8%	9,0%	9,5%	9,2%
Porcentaje / inversión (cap. VI-VII PGE)	41,0%	30,9%	26,0%	30,1%	48,6%	69,7%

Fuente: Elaboración propia a partir de datos INE.

aportar por el lado de la oferta a la autofinanciación del servicio basado en un modelo de costes eficientes.

Pensemos que una reducción del 40% en las pérdidas reales de 2011

supondría un 9,2% del total facturado por suministro de agua y un 69,7% de las inversiones realizadas, tanto en suministro como en saneamiento (según datos cuentas del INE).

Relación precio / inversiones

Observando los datos que arroja la Fig. 3, las inversiones realizadas por m³ registrado y servido en la red observamos la participación de la reposición de las inversiones en el precio del ciclo integral del agua. Tomando los datos de la última encuesta AEAS

(Asociación Española de Abastecimientos de Agua y Saneamiento) 2010, el precio del m³ medio en España se situó en 1,83, según los datos calculados 0.198 € corresponderían a la devolución de estas inversiones (10,9% del precio 2010). Según los

datos de proyección esta participación tendría que alcanzar los 0.45 €/m³ en el 2020, lo que supone un incremento

anual compuesto del 8,56%, lo que necesariamente supondría un incremento de las tarifas, de no conseguir un modelo

de gestión que promueva la eficiencia por parte del regulador, lo que pasamos a analizar a continuación.

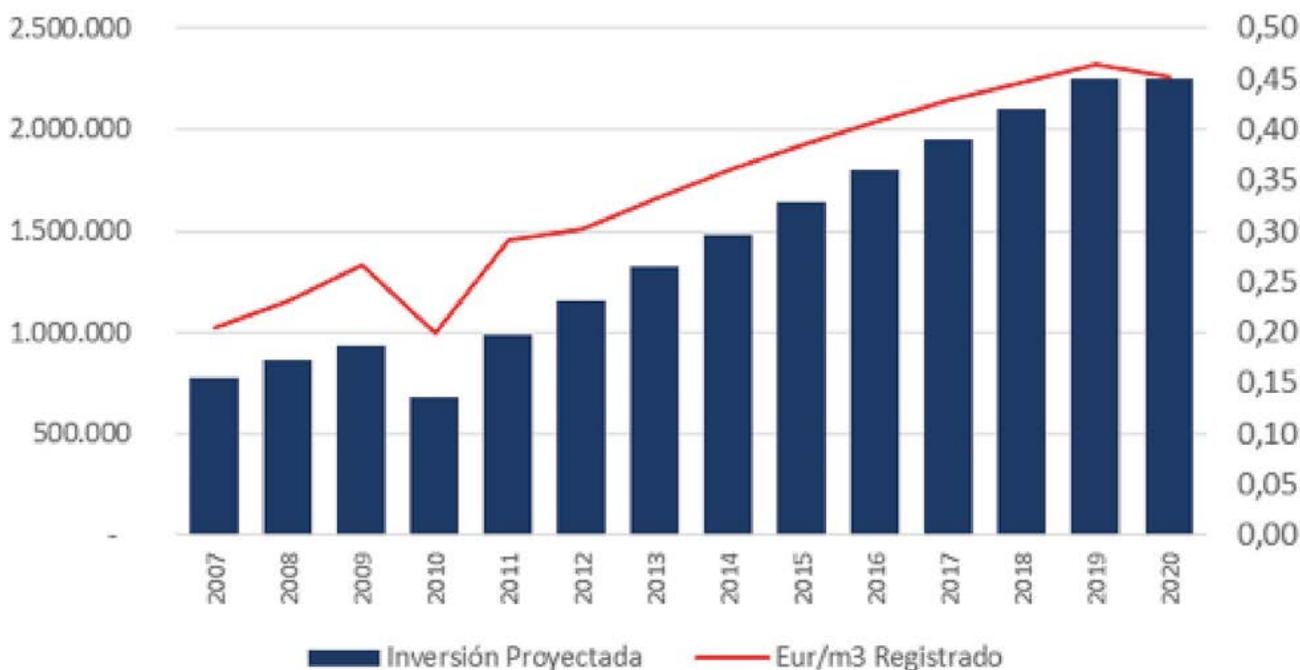


Fig. 3. Estimación de la participación del retorno de inversión en el precio (€/m³).

Fuente: Elaboración propia a partir de datos INE – AEAS – Presupuestos Generales del Estado.

ANÁLISIS DE LA EFICIENCIA MEDIANTE MODELOS ECONÓMICOS

En el siguiente apartado se ha querido contrastar mediante modelos econométricos la relación que existe entre el modelo de gestión y la variable de producción de cada compañía frente a los recursos de capital,

trabajo y consumos intermedios. La información ha sido obtenida de la base de datos SABI.⁶

Como primera aproximación se ha tenido en cuenta la estimación mediante la función Translog,

previa contrastación con la función típica de eficiencia Cobb-Douglas, la cual es muy utilizada por su fácil interpretación, pero en este caso se rechaza en la medida en que no se adecua correctamente.

Función de frontera de producción estocástica con efectos de eficiencia tecnológica – Translog

Los efectos de la eficiencia tecnológica de la frontera de producción estocástica están modelizados en términos de variables de gestión del agua, tales como el tipo de gestión y la experiencia. Consideramos la frontera estocástica Translog con progreso tecnológico neutral en la que la eficiencia técnica esta modelada mediante datos de panel (desbalanceados).

Seguimos los modelos de especificación de Battese y Coelli (1995) y Huang y Liu (1994), que estiman los niveles de ineficiencia de los diferentes agentes económicos y explican su ineficiencia en términos de posibles variables explicativas. Algunas ventajas de esta aproximación son que, primero, evita los problemas de inconsistencia que se generan en el

modelo de dos etapas empleado en otros estudios empíricos a la hora de analizar los determinantes de la ineficiencia y, segundo, permite introducir dos tipos de errores no correlacionados, de manera que uno de ellos permite la presencia de medidas de error y otras formas de ruido en el modelo, mientras que mediante aproximaciones no paramétricas se asume

que son debidas a la ineficiencia (el estudio de Murillo-Zamorano (2004) es un excelente estudio de las fronteras eficientes). El modelo puede ser expresado de la siguiente manera (1):

$$\gamma_{it} = \exp(f(x_{it}, \beta) + V_{it} - U_{it}); i = 1, \dots, N, t = 1, \dots, T$$

donde Y_{it} es el logaritmo de la función de producción de la empresa i -th en el período t -th. $f(x_{it}, \beta)$ es una función dada del vector $k \times 1$ de (transformaciones de) x_{it} factores de producción del i -th en el período de observación t -th y un vector de parámetros desconocidos, β . V_{it} es un vector de variables aleatorias para medir el error estadístico de la producción, asumiendo que se encuentran *iid*, ($V_{it} \sim N(0, \sigma_v^2)$) y son independientes de U_{it} , donde U_i es una variable aleatoria entendida como la ineficiencia técnica en la producción y, siendo *iid* truncada en cero, $U_i \sim N^+(z_{pit}\delta, \sigma_u^2)$.

El modelo general sigue la siguiente fórmula (2):

$$\gamma_{it} = \beta_0 + \beta_k k_{it} + \beta_l l_{it} + \beta_m m_{it} + \beta_{kk} k_{it}^2 + \beta_{ll} l_{it}^2 + \beta_{mm} m_{it}^2 + \beta_{kl} k_{it} l_{it} + \beta_{km} k_{it} m_{it} + \beta_{ml} m_{it} l_{it} + \beta_t t + V_{it} - U_{it}$$

donde k_{it} es el (log del) stock de capital, l_{it} es el (log del) trabajo y m_{it} es el (log del) recurso. t es la tendencia del tiempo; en otras palabras, es la variable introducida para medir el cambio tecnológico neutral de Hicks. De acuerdo con estos modelos, la ineficiencia técnica se define como (3):

$$U_{it} = z_{pit} \delta + W_{it} = \delta_0 + \sum_{n=1}^N \delta_p z_{pit} + \delta t + W_{it}$$

donde, z_{pit} es el vector $1 \times m$ de ineficiencia técnica de las variables explicativas en un período de tiempo i ; δ es un vector $m \times 1$ de coeficientes desconocidos; y W_{it} es un término de error aleatorio que se

asume como independientemente distribuido y truncado hacia una normal con media cero y varianza σ_w^2 , siendo el punto de truncamiento $-z_{pit} \delta$. Por ello, la eficiencia técnica se define como: $TE_{it} = \exp(-U_{it}) = \exp(-(\delta_0 + \sum_{p=1}^N \delta_p z_{pit} + \delta_{it} t + W_{it}))$. Dadas las asunciones del modelo, las predicciones de las eficiencias técnicas de los agentes individuales están calculadas mediante sus expectativas condicionales: $TE_{it} = E[\exp(-u_{it}) | \varepsilon_{it}]$. Las medidas de eficiencia técnica relativa a la frontera de la función de producción en el año t -th puede ser expresada como: $TE_i = E(Y_i^* | U_i, X_i) / E(Y_i^* | U_i = 0, X_i)$.

Los parámetros del modelo han sido estimados mediante el método de Maximun-Likelihood (ML). Por ello, hemos empleado la parametrización de Battese and Corra (1977), reemplazando σ_v^2 y σ_u^2 por $\sigma^2 = \sigma_v^2 + \sigma_u^2$ y $\gamma = \sigma_u^2 / (\sigma_v^2 + \sigma_u^2)$. El parámetro γ tiene que estar entre 0

y 1, donde el valor inicial puede ser obtenido empleando un proceso de maximización iterativo.

Para medir el resultado, la producción de bienes y servicios, se ha considerado la suma de las ventas de cada una de las empresas analizadas. Las variables de producción son el coste intermedio incurrido por la empresa en el proceso de producción. Para medir el trabajo se han empleado los costes salariales. La variable trabajo es más problemática debido a que no se dispone de información en diferentes años. Esta variable productiva es una aproximación para cuantificar el trabajo. La medida del capital son los costes fijos. Estas tres variables productivas representan la cantidad de trabajo, capital y consumo empleado en cada uno de los sectores para la generación de ingresos. Estas variables han sido convertidas a euros reales empleando los deflatores del Instituto Nacional de Estadística (INE).

RESULTADOS

El Cuadro 3 muestra los resultados del modelo estimados de manera simultánea de acuerdo al método de estimación ML (Maximum Likelihood - ecuaciones 2 y 3). Los datos empleados, como se ha mencionado anteriormente, son datos de panel desbalanceados en el periodo 1991-2016:

Como se mencionó en la sección previa, los resultados presentados en el Cuadro 3 asumen una función de producción estocástica Translog, además hemos verificado la significatividad de esta especificación con la especificación de Cobb-Douglas ($H_0: \beta_{kk} = \beta_{ll} = \beta_{mm} = \beta_{kl} = \beta_{km} = \beta_{ml} = 0$) y se ha rechazado ($\chi^2(6) = 591.34$) al 1% significatividad.

Los factores que explican los cambios en el modelo de ineficiencia tecnológica se encuentran también en el Cuadro 3, donde los signos negativos de las estimaciones implican que la variable tiene un efecto positivo sobre la eficiencia.

Cuadro 3		
Resultados de la estimación. Translog		
Frontera de producción	Coefficiente estimado	Error estándar
β_k	0,115	(0,034) ***
β_l	0,338	(0,076) ***
β_m	0,511	(0,060) ***
β_{kk}	0,021	(0,002) ***
β_{ll}	0,114	(0,013) ***
β_{mm}	0,102	(0,005) ***
β_{kl}	-0,021	(0,008) ***
β_{km}	-0,028	(0,006) ***
β_{ml}	-0,186	(0,014) ***
β_t	-0,001	(0,001)
β_0	0,967	(0,198) ***
Ecuación U_{it}		
δ_1 (Experiencia)	-0,270	(0,055) ***
$\delta_{2,1}$ (Privado)	-4,039	(0,737) ***
$\delta_{2,2}$ (Mixto)	-3,122	(0,691) ***
δ_3 (Tendencia)	-0,097	(0,031) ***
δ_0	1,228	(0,564) **
Ecuación V_{it}		
δ_{v0}	-3,886	-0,055 ***
σ_v	0,143	-0,004 ***
Logaritmo de verosimilitud	347,55	
Empresas N.	47	
Observaciones N.	832	
$\delta_{2,3}$ = ficticio omitido: público; niveles significativos = ***1%, **5%, *10%.		
Fuente: Elaboración propia a partir de datos SABI.		

Por lo tanto, tenemos los siguientes resultados destacables:

1. La variable *experiencia* indica que *un incremento en la experiencia incrementa la eficiencia técnica en todas las empresas.*

2. Es importante observar también el efecto del tipo de gestión sobre la eficiencia, *teniendo significativamente un efecto positivo en términos de eficiencia de la gestión privada respecto a la gestión pública y a la gestión mixta.*

La Figura 4 muestra las predicciones de la eficiencia técnica para la experiencia y el tipo de gestión.

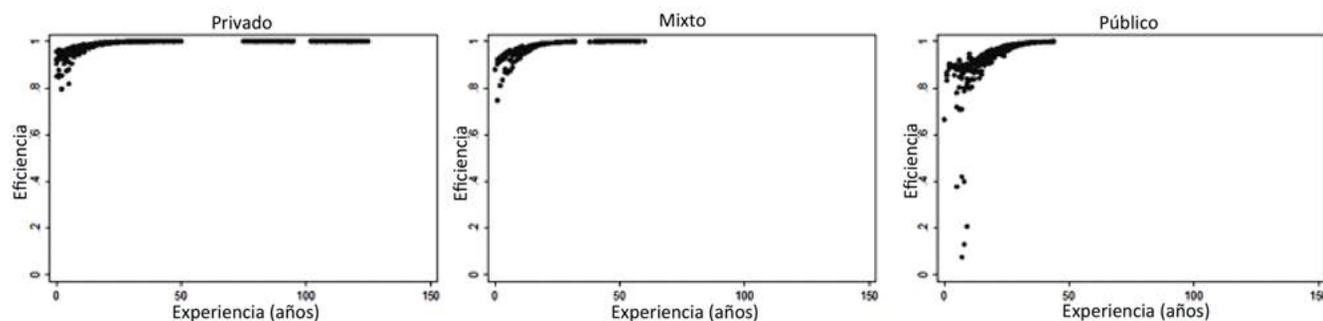


Fig. 4. Predicción de la eficiencia técnica para la experiencia y tipo de gestión.

Fuente: Elaboración propia a partir de datos SABI.

CONCLUSIONES

Comparando los modelos de gestión que actualmente se consideran avanzados, se encuentra una clara divergencia con las políticas nacionales. Mientras otros estados están en la línea de unificación de tarifas y la gestión bajo criterios de eficiencia, España se encuentra sumergida en una estructura administrativa densa, la cual no permite, en primera instancia obtener la información necesaria para desarrollar modelos que permitan la comparabilidad, vital para palear las condiciones de monopolio natural bajo las que opera el sector.

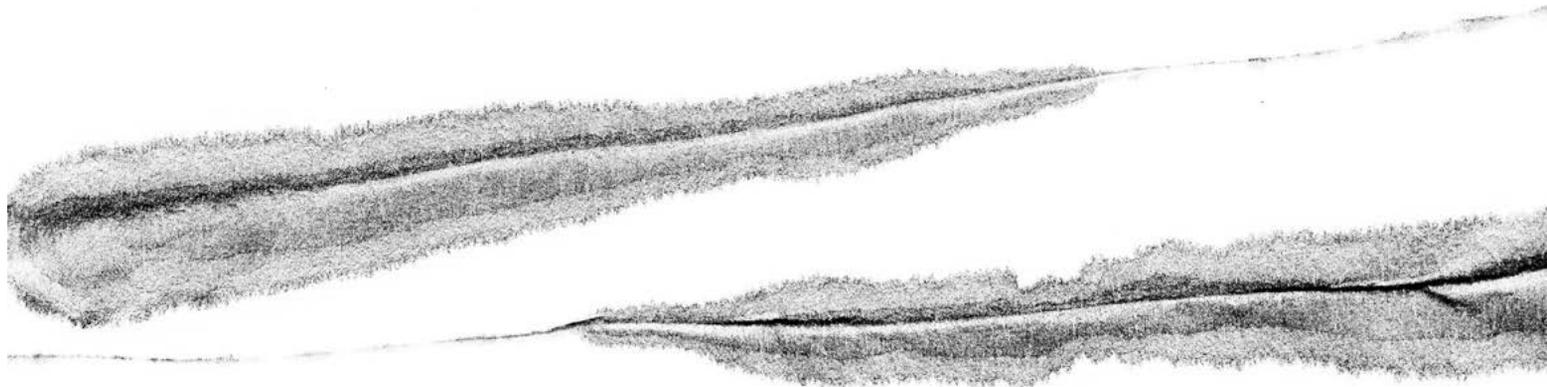
La distribución de competencias (estatales, autonómicas y locales), presenta en segunda instancia un problema para intentar atender las políticas de la Directiva Marco del Agua en cuanto a autofinanciación. Se observa que las tarifas que se manejan en España no cubren el 100% de los costes, lo que implica que el regulador debería adoptar modelos regulatorios que incentiven a los operadores a buscar una gestión eficiente que contribuya positiva-

mente al actual déficit tarifario, que trate de trasladar un coste efectivo a los usuarios, que sirva como estímulo a una demanda racional: porque si se presentan ineficiencias en el modelo regulatorio y en la gestión, cubiertas a cargo de los presupuestos públicos, se está emitiendo una señal errónea a los usuarios vía precio. Por su parte el usuario no debería cargar con un sobrepeso debido a las ineficiencias mencionadas. Por lo tanto, el ajuste del precio debe contar con la participación de los tres actores del mercado: el regulador, la oferta y la demanda.

La Directiva Marco del Agua supone un reto para el sector en España. En primer lugar debe dar cumplimiento al Artículo 9, que se refiere a la recuperación de costes de los servicios relacionados con el agua; en segundo lugar debe asumir responsabilidad sobre la conservación del medio ambiente y llevar a cabo planes para concientizar a los usuarios de que «quien contamina paga»; en tercer lugar debe desarrollar un análisis económico amplio y

suficiente que contenga las previsiones de oferta, demanda e inversión a largo plazo, como se indica en el Anexo III de la Directiva 2000/60/Ce Del Parlamento Europeo Y Del Consejo; por último, debe obtener desde el punto de vista económico un precio que envíe las señales correctas a los usuarios para que se racionalice y optimice el uso del agua por parte de la demanda.

Lorenzo Dávila Cano
 Doctor en economía
 Socio de INEO CORPORATE



Notas

1. Boletín Informativo del INE 1/2008.
2. La CEPAL ha impulsado el estudio y el fomento de la eficiencia en el sector del agua. Entre los principales estudios figuran: *Fomento de la eficiencia de las empresas estatales de agua potable y saneamiento* (Fernandois, 2009); *Lineamientos de política pública para el sector de agua potable y saneamiento* (Hantke-Domas y Jouravlev, 2011); *Eficiencia y su medición en prestadores de servicios de agua potable y alcantarillado* (Ferrero et al., 2011).
3. Ferro, G. (2011). *Eficiencia y su medición en prestadores de servicios de agua potable y alcantarillado*. Santiago de Chile: Naciones Unidas.
4. Martínez, A.; Albiol, C. et al. (2010), *La financiación del ciclo del agua en España. Problemática y retos de futuro*. Secretaría General de Presupuestos y Gastos. Gómez, C. (2009), *La eficiencia en la asignación del agua: Principios básicos y hechos estilizados en España*. ICE, Economía y Medio Ambiente. Albiol, C. et al. (2013), *Estudio sobre el precio del agua en España*. AguaPaper No. 1. Fundación Aqualogy.
5. Encuesta bianual elaborada por la Asociación Española de Abastecimientos de Agua y Saneamiento (AEAS). Se puede consultar en www.aeas.es
6. Sistema de Análisis de Balances Ibéricos, de la cual se ha seleccionado una muestra de 43 empresas, clasificadas bajo CNAE 2009 (sólo códigos primarios): 3.600 - Captación, depuración y distribución de agua, que operan en poblaciones de más 50.000 habitantes incluyendo todas las capitales de provincia, con más de 40 trabajadores y que estén en la península, para un periodo de tiempo comprendido entre 1991 y 2013.

Bibliografía

- Ministerio de Hacienda y Administraciones Públicas. (28 de Septiembre de 2014). *Secretaría del Estado de Presupuestos y Gastos*. Obtenido de www.sepg.pap.minhap.gob.es
- Asociación de Entes Reguladores de Agua Potable y Saneamiento de las Américas. (2012). *Informe Anual ADERASA 2012 - Grupo de Trabajo de Benchmarking*. Buenos Aires (Arg): ADERASA.
- Asociación Española de Abastecimiento de Agua y Saneamiento, AGA. (2006). *Suministro de agua potable y saneamiento 2004. IX Encuesta Nacional*. Madrid: AEAS - AGA.
- Asociación Española de Abastecimiento de Agua y Saneamiento, AGA. (2008). *Suministro de agua potable y saneamiento 2006. X Encuesta Nacional*. Madrid: AEAS - AGA.
- Asociación Española de Abastecimiento de Agua y Saneamiento, AGA. (2010). *Suministro de agua potable y saneamiento 2010. XI Encuesta Nacional*. Madrid: AEAS - AGA.
- Asociación Española de Abastecimiento de Agua y Saneamiento, AGA. (2012). *Suministro de agua potable y saneamiento 2010. XII Encuesta Nacional*. Madrid: AEAS - AGA.
- Battese, G., & Coelli, T. (1995). A Model for Technical Inefficiency Effects in Stochastic Frontier Production Function For Panel Data. *Empir Econ*, 20, 325-332.
- Battese, G., & Corra, G. (1977). Estimation of a Production Frontier Model: Whit Application to the Partoral Zone of Eastern Asutralia. *Aust. J. Agric Econ*, 21, 169-179.
- Fernandois, R. A. (2009). *Fomento de la eficiencia de las empresas estatales de agua potable y saneamiento*. Santiago de Chile: Naciones Unidas.
- Ferro, G. (2011). *Eficiencia y su medición en prestadores de servicios de agua potable y alcantarillado*. Santiago de Chile: Naciones Unidas.
- Giannakas, K., & Tzouvelekas, V. (2003). On the Choice of Functional Form in Stochastic Frontier Modeling. *Empir. Econ*, 28, 75-100.
- Gómez, C. M. (2009). *La Eficiencia en la Asignación del Agua: Principios Básicos y Hechos Estilizados en España*. Madrid: ICE-Economía y Medio Ambiente.
- Hantke-Domas, M., & CEPAL. (2011). *Lineamientos de política pública para el sector de agua potable y saneamiento*. Santiago de Chile: Naciones Unidas.
- Huan, C., & Liu, J. (1994). Estimation of a Non-Neutral Stochastic Frontier Production Function. *J. Prod. Anal*, 5, 171-180.
- INE. (2008). *Estadísticas e indicadores del agua*. Madrid.
- Instituto Nacional de Estadística - INE. (2013). *Indicadores Económicos*. 7: Octubre.
- Instituto Nacional de Estadística. (2011). *Notas de Prensa Encuesta Sobre Suministro y Saneamiento de Agua 2011*. Madrid: INE.
- Maite M. Aldaya, E. C.-G. (2012). *El Agua en España: Bases Para un Pacto Futuro*. Madrid: Fundación Botín & Maite M. Aldaya / M. Ramón Llamas.
- Ministerio de Medio Ambiente. (2007). *Precios y Costes de los Servicios de Agua en España*. Madrid: Ministerio de Medio Ambiente.
- Murillo-Zamora, L. (2004). Economic Efficiency and Frontier Techniques. *J. Econ. Surv*, 18, 33-77.
- OFWAT - The Water Services Regulation Authority UK. (2011). *Capex bias in the water and sewerage sectors in England and Wales - substance, perception or myth?* London (UK): OFWAT.
- Parlamento Europeo y Consejo de la Unión Europea. (2000). *Directiva 2000/60/CE Del Parlamento Europeo y del Consejo*. Bruselas: Parlamento y Consejo UE.
- Price Waterhouse Cooper Madrid. (2014). *La gestión del agua en España, análisis de la situación actual del sector y retos futuros*. Madrid: PWC.
- Requeijo, J., Irazando, J., Predrosa, M., Solis, J., Izquierdo, G., Moral, J., ... Arranz, N. (2008). *Economía Española* (Primera Edición - Tercera Impresión ed.). Madrid: Delta Publicaciones.
- The united Nation World Water Development Report 2014. (2014). *The United Nation World Water Development Report 2014: Water and Energy*. Paris (FR): UN Water.
- VHL & The Netherlands Office for Science and Technology NOST. (2013). *The Water Technology Sector in the United States*. Washington, D.C.: Hogeschool VHL University of Applied Sciences.
- Zellner, A., Kmenta, J., & Dréze, J. (1966). Specification and Estimation of Cobb-Douglas Production Function Models. *Econometrica*, 34, 784-795.

PAPEL Y RESULTADOS DEL ANÁLISIS ECONÓMICO EN LOS PLANES DE CUENCA EN ESPAÑA

Josefina Maestu y Alberto del Villar

DESCRIPTORES:
PLANES HIDROLÓGICOS
ANÁLISIS ECONÓMICO DEL AGUA
FINANCIACIÓN
DEL PROGRAMA DE MEDIDAS
COSTE DE LOS SERVICIOS
DEL AGUA
RECUPERACIÓN DE COSTES

EL PAPEL DEL ANÁLISIS ECONÓMICO EN LOS PLANES DE CUENCA EN EUROPA

La economía del agua tiene un papel importante en los procesos de planificación en Europa desde el año 2000 cuando se aprobó la Directiva Marco del Agua. La Guía de WATECO elaborada en el contexto del proceso común de implementación enumera y desarrolla los diferentes análisis económicos que son necesarios en el contexto del proceso de Planificación.

En términos generales los análisis económicos que es necesario realizar son los siguientes:

- Análisis de los servicios del agua (Oferta de Agua). Este se recoge en el Informe de Recuperación de Costes de los Servicios de Agua (artículo 9 de la DMA, artículo 11 y Anejo III). Incluye el análisis de los costes ambientales y del recurso y considera el análisis de la oferta de servicios de agua y sus previsiones (Anejo III DMA).
- Análisis económico de los usos del agua según Artículo 5 de la DMA y Anejo III. Se analiza la Demanda de agua y los factores determinantes en los escenarios de planificación para poder realizar las previsiones de de-

manda así como para hacer hipótesis sobre las presiones de los usos a futuro.

- Análisis Coste eficacia de los Programas de Medidas de acuerdo con el Artículo 11 de la DMA y su Anejo III. Así como el Análisis de Costes Desproporcionados según artículo 4 de la DMA. De acuerdo con la Directiva Europea los criterios económicos de decisión son necesarios para la selección de medidas del plan, y para establecer exenciones en la consecución de los objetivos ambientales, así como para clasificar las aguas como muy modificadas o artificiales.
- Establecer la estrategia de Financiación que aunque no se menciona explícitamente en la Directiva se relaciona con los análisis de recuperación de costes de los servicios del agua, y con las decisiones sobre objetivos ambientales y la selección de medidas.

El *análisis económico de los servicios del agua* se realiza en el Informe de Recuperación de Costes de los servicios del agua y a través de este análisis se caracteriza la oferta de los servicios de agua.

En el informe de recuperación de costes se analiza la estructura de costes e ingresos de cada uno de los servicios del agua, así como sobre la estructura de financiación de las inversiones por parte de diferentes agentes públicos y privados y los flujos financieros entre ellos. La Directiva establece también la necesidad de realizar un análisis del efecto incentivo de los precios de los servicios del agua de acuerdo con la elasticidad de la demanda, así como la forma en la que el sistema de precios tiene en cuenta los costes ambientales y del recurso. Esta información y análisis sirve para incorporar los instrumentos económicos como medidas (Artículo 11 DMA) y analizar su coste-eficacia en comparación con otras medidas que afectan a las presiones que ejercen los usos del agua.

El *análisis económico de los usos del agua* trata de caracterizar la «demanda/ uso del agua» por diferentes actividades socio-económicas (usos). Las previsiones de demanda siempre han sido esenciales para determinar que obras era necesario realizar para poder dar servicios a los usos previstos (regadíos, abastecimientos, ocio, energéticos). En el contexto de la Directiva Marco del Agua conocer los factores determinantes y su evolución previsible permite hacer hipótesis sobre las presiones a futuro de los usos del agua lo que sirve para estimar la brecha entre el estado previsible de las masas de agua y el buen estado como objetivo, en el horizonte de planificación. El análisis del valor económico que obtienen los usos del agua (regadío, industria, turismo, energía) por la utilización del recurso es una información esencial para conocer los impactos reales de las medidas de los planes sobre la actividad económica, información que se ha de utilizar en la selección de medidas, en las decisiones sobre exenciones al logro de los objetivos y en las decisiones sobre la viabilidad económica de nuevas medidas de oferta.

El *análisis coste-eficacia y el análisis de costes desproporcionados* son herra-

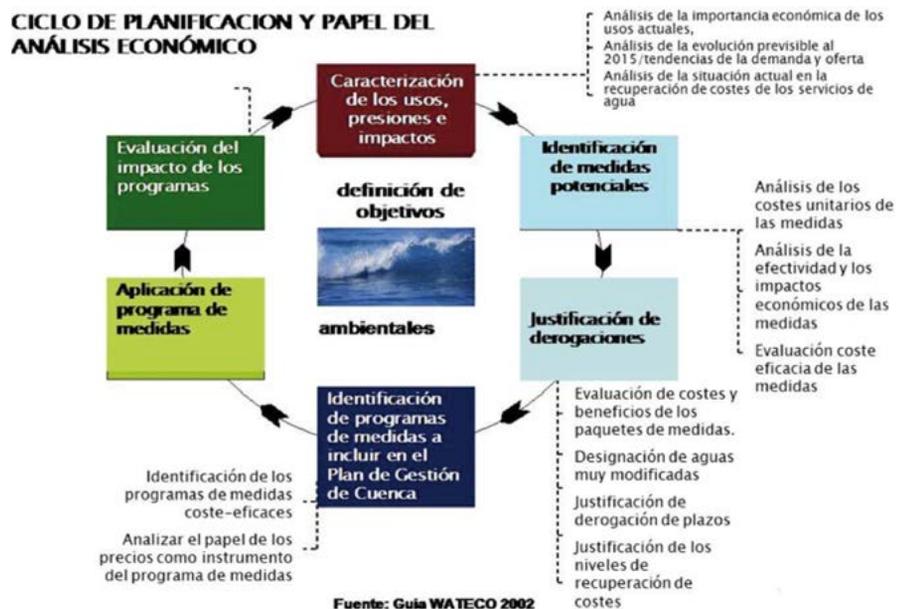


Fig. 1. El papel del análisis económico en el ciclo de planificación.

Fuente: Guía WATECO 2002.

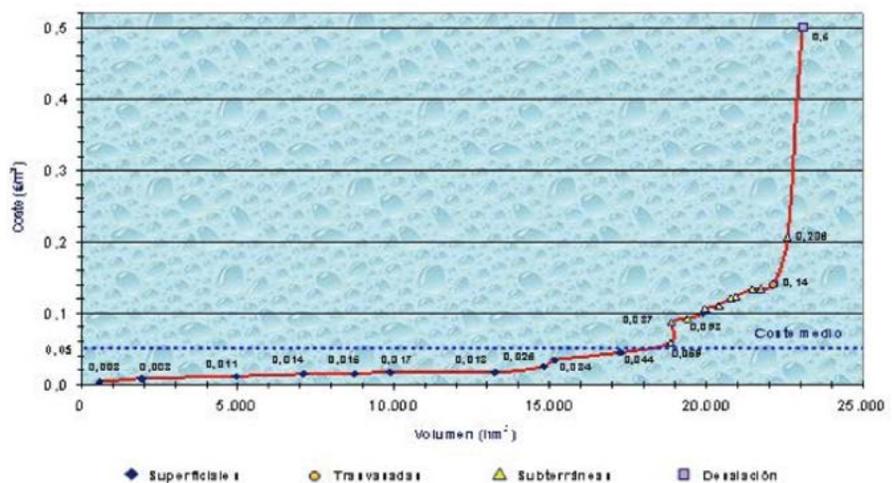


Fig. 2. Estructura de la oferta del agua (Año 2008). Fuente: MIMAM (2007a).

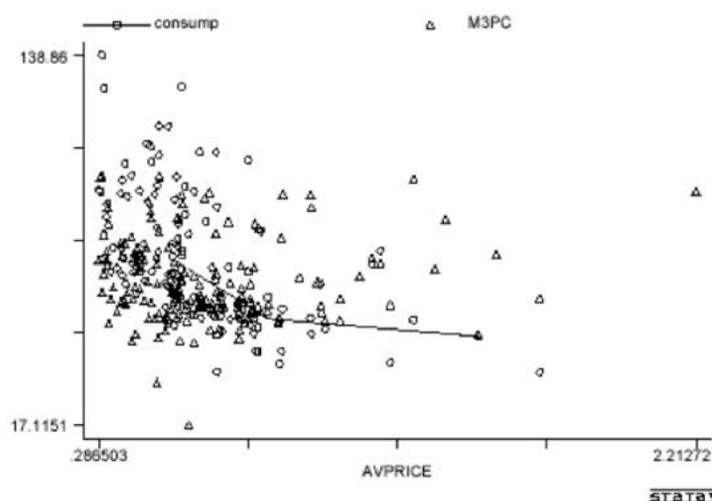


Fig. 3. Curva de demanda de agua (Año 2007). Fuente: MIMAM (2007a).

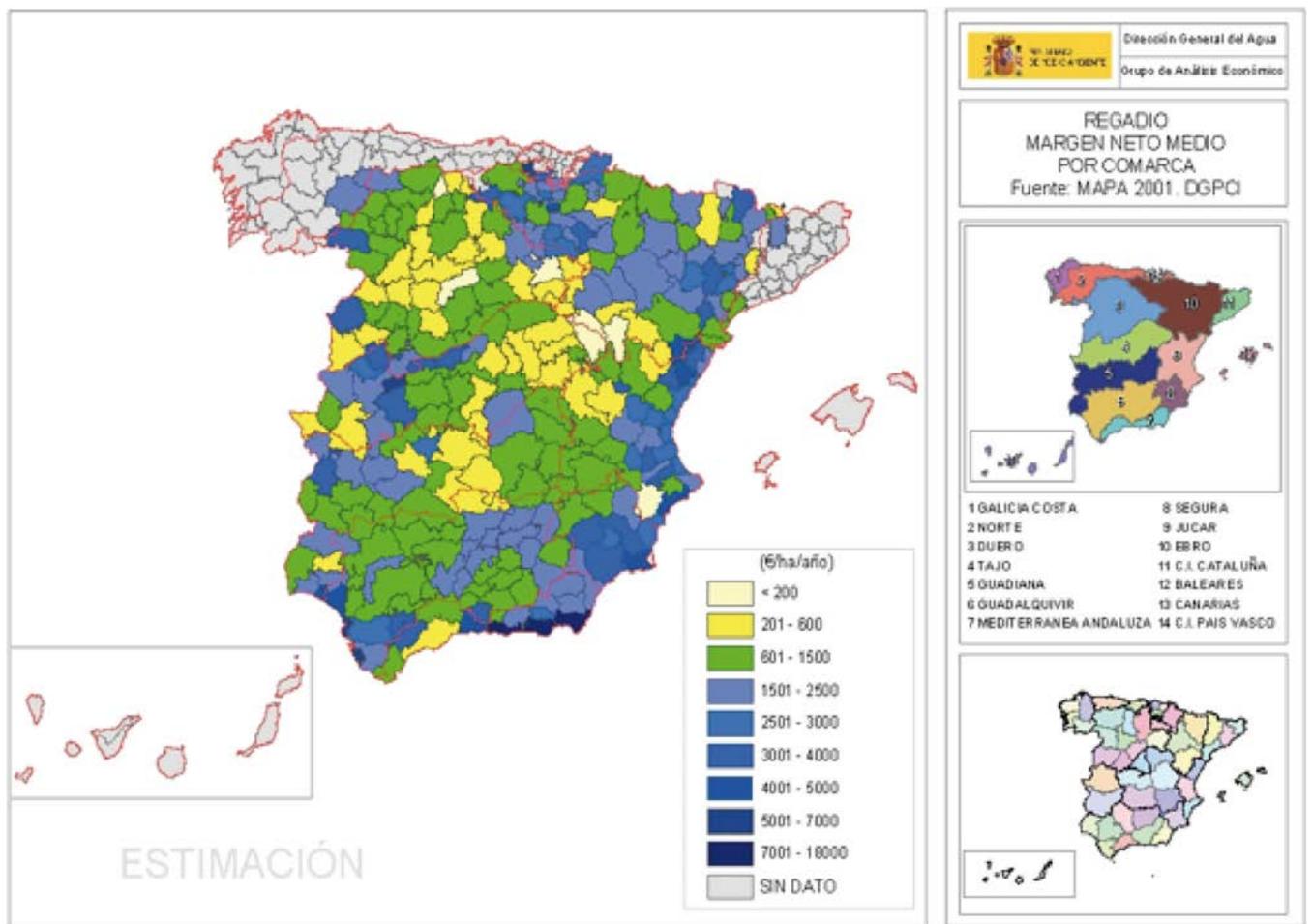


Fig. 4. Margen neto medio de los cultivos de regadío por comarca. Fuente: MIMAM (2007b).

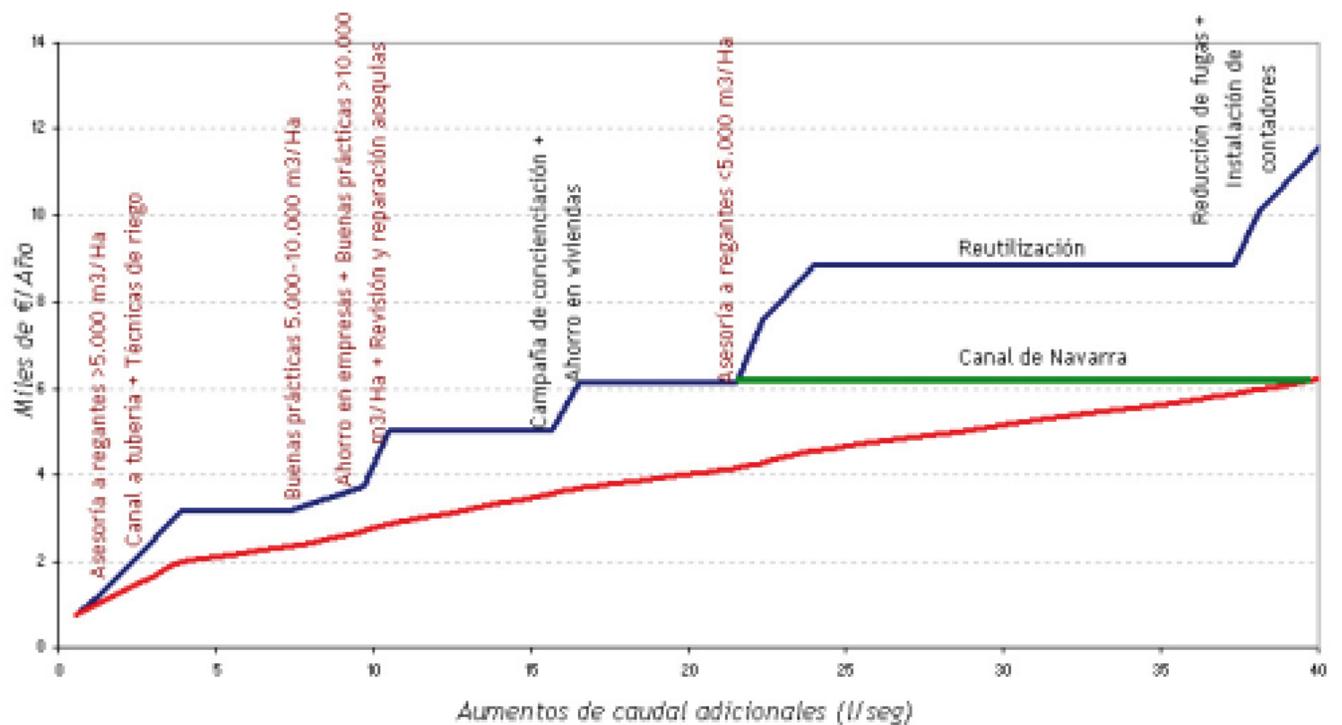


Fig. 5. Análisis Coste-Eficacia cuenca del río Cidacos. Fuente: MIMAM (2007b).

mientas de apoyo a la decisión. Sirven para priorizar aquellas medidas que pueden servir para la consecución de los objetivos ambientales ya que se eligen las que tienen menos coste. También sirven para fijar el nivel de los objetivos ambientales ya que permite justificar objetivos menos ambiciosos

por razones de falta de capacidad de pago, y/o por su impacto económico y social y/o porque los beneficios no justifican los costes.

Los planes incluyen la programación de las inversiones de las medidas seleccionadas. La *estrategia de financiación de los planes* se realiza conside-

rando las capacidades financieras de los diferentes responsables públicos y privados, así como considerando otras oportunidades adicionales de financiación, especialmente para aquellas medidas cuyos costes se pueden recuperar a través de los instrumentos de precios.

¿QUÉ SABEMOS SOBRE EL USO DEL AGUA EN ESPAÑA?

El agua es un input vital para el funcionamiento de la economía, el crecimiento económico y el bienestar individual y colectivo de las personas. El agua es indispensable para el bienestar humano y en los procesos productivos, no sólo en las actividades agrícolas de regadío, sino también en las actividades industriales, incluyendo las energéticas. El agua es vital para el mantenimiento de los ecosistemas.

La lógica de la Directiva Europea es que estas demandas de servicios de agua conllevan presiones que causan impactos significativos y ponen en peligro la conservación de las masas de agua, de cuyo buen estado dependemos. Esto pone en riesgo la sostenibilidad de las actividades y condiciona además la capacidad de los ecosistemas de producir servicios ambientales no asociados a los usos del agua (tales como la contención de los procesos de erosión, desertificación, mantenimiento de la biodiversidad, servicios recreativos y de ocio, etc.).

De acuerdo con la información de los planes hidrológicos de segundo ciclo en España (2015-2021) se usan unos 26.960 hectómetros cúbicos de agua (datos de 2015) en todas las demarcaciones hidrográficas (sin contar con las Cuencas Internas de Cataluña, y los dos archipiélagos). Esto significa como media por habitante y año de unos 745 metros cúbicos.

El uso de agua por habitante presenta variaciones considerables según la demarcación y se explica por

Demarcación	Volumen de agua (miles m ³)				
	Urbana	Industria	Agrario	Otros	Total
Cantábrico Oriental	233.870	35.610	2.840	700	273.020
Cantábrico Occidental	256.000	128.100	74.700	2.750	461.550
Galicia Costa	225.760	56.000	31.190	32.747	345.697
Miño Sil	97.990	17.280	319.710	1.030	436.010
Duero	287.100	163.420	3.871.810	7.910	4.330.240
Tajo	602.610	181.250	1.929.370	86.780	2.800.010
Guadiana	166.080	48.600	1.915.770	0	2.130.450
Tinto, Odiel y Piedras	49.421	41.722	171.279	2.255	264.677
Guadalquivir	379.450	43.400	3.356.770	35.840	3.815.460
Guadalete-Barbate	107.943	17.200	306.387	6.240	437.770
Cuencas Mediterráneas Andaluzas	344.900	28.800	989.300	29.700	1.392.700
Segura	231.700	9.000	1.545.900	11.300	1.797.900
Júcar	524.700	123.370	2.580.660	12.080	3.240.810
Ebro	70.700	29.100	5.084.900	48.600	5.233.300
Total	3.578.224	922.852	22.180.586	277.932	26.959.594

Fuente: Elaboración propia a partir de los Anejos de los Planes de cuenca. Cifras en miles de metros cúbicos. No incluye las demarcaciones de Cuencas Internas de Cataluña, los dos archipiélagos y las dos plazas africanas. Otros usos, según demarcación, se corresponden con usos recreativos (campos de golf) y usos energéticos consuntivos.

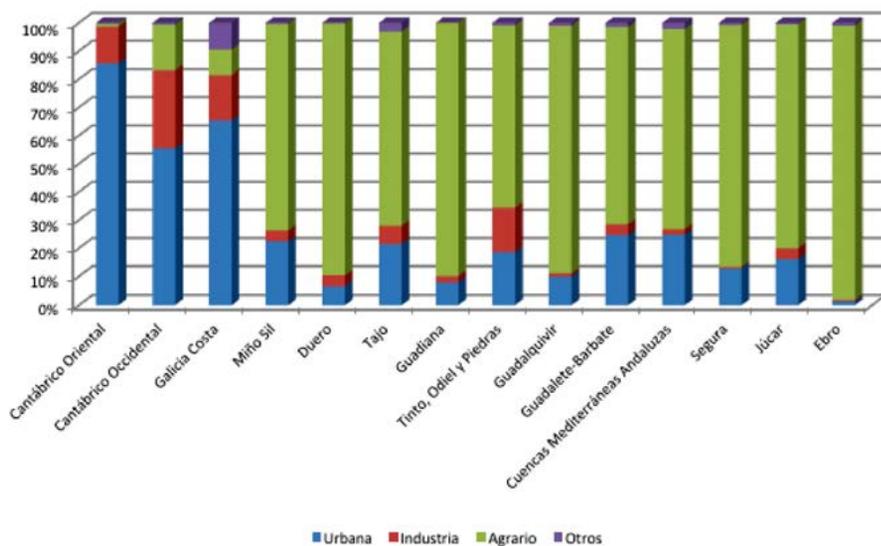


Fig. 6. Volumen de agua por usos asociados en porcentaje. Fuente: Elaboración propia a partir de los Anejos de los Planes de cuenca. No incluye las demarcaciones de Cuencas Internas de Cataluña, los dos archipiélagos y las dos plazas africanas. Otros usos, según demarcación, se corresponden con usos recreativos (campos de golf) y usos energéticos consuntivos.

la importancia de los usos de regadío y energéticos en algunas de ellas tal y como queda representado en la Figura 6. Es mayor en las Demarca-

ciones de Duero, Guadiana y Ebro, con 1.998, 1.478 y 1.642 metros cúbicos por habitante y año. En el otro extremo, las demarcaciones del

norte peninsular y del Tajo el uso per cápita es mucho más reducido (entre 143-360 metros cúbicos por habitante y año).

¿QUÉ SABEMOS SOBRE EL COSTE DE PRODUCIR SERVICIOS DEL AGUA Y LA RECUPERACIÓN DE COSTES DE DICHS SERVICIOS EN ESPAÑA?

Los servicios de agua de acuerdo con la Directiva Marco del Agua incluyen:

- Servicios de captación y almacenamiento de aguas superficiales (embalses y otras obras de regulación o producción de agua mediante desalinización o reutilización).
- Extracción de aguas subterráneas (pozos y bombeos).
- Servicios de transporte de agua (canales principales y secundarios).
- Servicios de distribución de agua a los usos domésticos, industriales y de regadío (potabilización y redes de distribución en baja).
- Servicios de recogida (alcantarillado), tratamiento (depuración) y vertido de aguas residuales.

El marco institucional de la prestación y financiación de estos servicios del agua en España es muy complejo y hay diferentes agentes que participan en la prestación o la financiación de cada uno de estos servicios a todos los niveles administrativos.

De acuerdo con la información recogida en los planes del segundo ciclo, en 2012 los costes totales de todos estos servicios del agua en España ascendieron a 12.623 millones de € (10.763,23 millones de € de costes financieros y 1.859,56 millones de € de costes ambientales). Esta cifra viene a representar un coste por habitante de unos 270 € anuales y supone un 1,21% del Producto Interior Bruto. Los ingresos estimados que los diferentes agentes han obtenido por la prestación de los servicios del agua ascendieron a 8.575,07 millones de € por todos los servicios, por lo que una parte de los costes se subvencionan o simplemente (en el caso de los costes ambientales) no se repercuten a los usos que los causan.

De acuerdo con la información de los planes en España los niveles de recuperación de costes de los diferentes servicios son, en general, elevados. Los planes muestran que en la mayor parte de los servicios analizados los niveles de recuperación de costes financieros son superiores al 70% y, en algún caso, están próximos al 100% (para los que se prestan en régimen de auto-servicio). La recuperación de costes es menor para los servicios en alta, sobre todo donde se usan recursos no convencionales (desalinización y reutiliza-

Cuadro 2		
Marco institucional de los servicios del agua en España		
Servicio	Agentes (competentes o financiadores de infraestructuras)	Instrumentos de «recuperación de costes»
Embalses y transporte en alta (aguas superficiales)	Organismos de Cuenca, Sociedades Estatales y otros agentes	Canon de Regulación
Aguas subterráneas	Organismos de Cuenca, colectivos de riego y usuarios privados (autoservicios)	Las fijadas por los ayuntamientos Las fijadas por las CCR
Abastecimiento urbano	Ayuntamientos, Mancomunidades, Comunidades Autónomas y otros	Tarifa de abastecimiento
Recogida de Aguas Residuales Urbanas	Ayuntamientos, Mancomunidades, Comunidades Autónomas y otros	Tasa de Alcantarillado
Tratamiento de Aguas Residuales Urbanas	Ayuntamientos, Mancomunidades, Comunidades Autónomas y otros	Canon de Saneamiento Tarifas Servicio
Distribución de agua de riego	Comunidades de Regantes y otros colectivos de riego	Derramas y tarifas/cuotas de los colectivos de riego (Que incluyen el importe del pago de Canon y Tarifa a los Organismos de Cuenca)
Control de vertidos	Organismos de Cuenca	Canon de Control de Vertidos

Fuente: Ministerio de Medio Ambiente (2007).

Cuadro 3						
Síntesis Recuperación Costes Servicios del Agua en España por servicio (2012)						
Servicios	Costes			Ingresos	Recuperación	
	Financieros	Ambientales	Totales		Financieros	Total
Servicios de agua superficial en alta	1.032,12	285,79	1.317,91	711,40	69%	54%
Servicios de agua subterránea en alta	310,41	33,94	344,34	274,53	88%	80%
Distribución de agua para riego en baja	911,55	238,80	1.150,35	550,24	60%	48%
Abastecimiento Urbano	3.163,38	43,18	3.206,56	2.625,57	83%	82%
Autoservicios	2.238,40	503,76	2.742,16	2.129,11	95%	78%
Reutilización	59,46	11,94	71,40	35,01	59%	49%
Desalinización	148,75	9,00	157,75	101,53	68%	64%
Recogida y depuración fuera de redes públicas	253,42	45,43	298,85	222,98	88%	75%
Recogida y depuración en redes públicas	2.645,74	687,71	3.333,45	1.924,69	73%	58%
Total	10.763,23	1.859,56	12.622,79	8.575,07	80%	68%

Fuente: Elaboración propia a partir de las Memorias de los II Planes de Cuenca (2016-2021). Cifras en Millones de € y en porcentaje.

ción). Los niveles de recuperación de costes también son más reducidos en los servicios de distribución de agua para riego agrícola ya que ha habido una importante inversión pública en actuaciones para reducir las pérdidas de las redes de distribución.

Los costes más importantes son los de los servicios de distribución en baja, sobre todo de los servicios urbanos, aunque también de los servicios de agua de riego. Así aunque los niveles de recuperación de costes de los servicios del agua en alta son más reducidos esto no afecta en la misma medida al ratio global de recuperación de costes. Solo representan un 10% del coste financiero total y los ingresos obtenidos por la prestación de estos servicios representan un 8% del total de los ingresos por la prestación de servicios de agua.

Así aunque los mayores usuarios de agua en España son los usos de regadío la realidad es que cuando nos referimos a los costes de prestación de servicios las proporciones cambian. Los costes de prestación de servicios de agua para los usos urbanos (en alta y en baja -incluyendo los servicios de saneamiento y depuración-) repre-

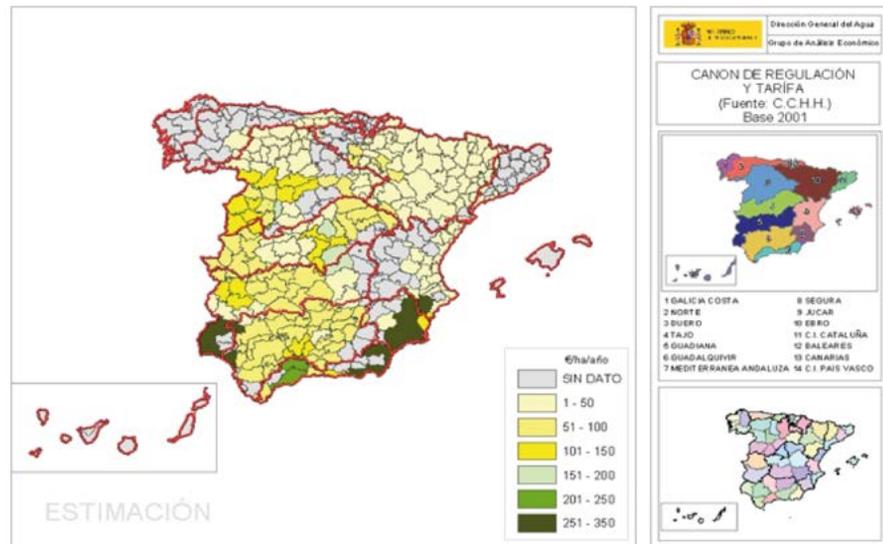


Fig. 7. Importe medio del Canon de Regulación y la Tarifa de Utilización de Agua. Fuente: Ministerio de Medio Ambiente (2007).

sentan el 53% de los costes totales, mientras que los costes de prestación de los servicios de agua para los usos agrícolas suponen un 30% de los costes totales.

En lo que se refiere a la estructura de costes, de acuerdo a las cifras reportadas en los planes hidrológicos de II ciclo, hay que destacar que para los usos urbanos, los servicios

de captación y transporte apenas representan un 22% de sus costes totales, frente a los servicios en baja que suponen un 78%. En el caso de la estructura de costes de los servicios de agua de riego los servicios de captación y transporte significan un 67% de sus costes totales, mientras que los servicios en baja suponen la tercera parte de los costes totales.

¿QUÉ SABEMOS SOBRE EL VALOR DEL AGUA EN LAS ACTIVIDADES PRODUCTIVAS EN ESPAÑA?

La forma de medir el valor que obtenemos por el uso del agua es a través del cálculo de su productividad aparente: esto es el *rendimiento medio –en términos de valor añadido bruto– de una unidad de volumen de agua aplicada en los diferentes procesos productivos*.

En la agricultura de regadío y en la producción de energía hidroeléctrica, sobre todo, el uso del agua es determinante en gran medida del valor de la actividad por lo que la medición y la comparación del VAB obtenido por cada m³ (productividad aparente)

y su comparación con las actividades de secano, por ejemplo, es relevante. Sin embargo, en una parte importante de las actividades industriales y en las de servicios este no es el caso por lo que lo importante para la gestión del agua y la planificación es saber cuál es la intensidad de uso del agua, esto es los m³ utilizados, para obtener un determinado nivel de producción. Esto sería el resultado de una apuesta por una estructura productiva con mayor peso de determinados sectores de actividad más o menos consumidores de agua.

La información recogida en los planes hidrológicos de España muestra el valor añadido generado por cada actividad económica en cada demarcación (excluyendo las cuencas internas de Cataluña y las Islas Canarias) que en términos agregados es de 743.859 millones de €. El sector servicios es el más importante en España con un 70% del valor de la producción, seguido del sector industrial con un 16%, el sector agrario con un 3% del total. Otros sectores aportan el 11% restante del VAB.

Cuadro 4					
Valor Añadido Bruto por sectores en cada demarcación (2012)					
Demarcación	VAB (M€)				
	Servicios	Industria	Agrario	Otros	Total
Cantábrico Oriental	32.754	14.001	386	4.248	51.389
Cantábrico Occidental	21.196	6.756	583	3.188	31.723
Galicia Costa	36.701	7.736	1.621	3.469	49.527
Miño Sil	9.545	3.173	710	1.709	15.137
Duero	27.488	6.884	2.735	5.703	42.810
Tajo	150.000	25.000	1.700	23.000	199.700
Guadiana	13.955	3.859	1.340	2.465	21.619
Tinto, Odiel y Piedras	5.482	1.724	469	721	8.396
Guadalquivir	48.581	6.901	2.961	7.718	66.161
Guadalete-Barbate	13.919	2.777	507	1.853	19.056
Cuencas Mediterráneas Andaluzas	32.173	3.253	1.866	4.546	41.838
Segura	22.416	5.713	1.506	2.733	32.369
Júcar	61.555	14.391	2.155	10.561	88.662
Ebro	47.891	18.735	2.327	6.519	75.472
Cuencas Internas de Cataluña	n/d	n/d	n/d	n/d	n/d
Islas Baleares	n/d	n/d	n/d	n/d	n/d
Melilla	n/d	n/d	n/d	n/d	n/d
Ceuta	n/d	n/d	n/d	n/d	n/d
Islas Canarias	n/d	n/d	n/d	n/d	n/d
Total	523.655	120.904	20.866	78.433	743.859

Fuente: Elaboración propia a partir de los Anejos de los Planes de cuenca. Cifras en millones de €. No incluye las demarcaciones de Cuencas Internas de Cataluña, los dos archipiélagos y las dos plazas africanas.

Considerando los volúmenes de agua utilizados se puede estimar que la productividad media aparente de cada metro cúbico de agua en España sería de 27,59 €. El sector industrial obtiene como media 131,01 € por cada metro cúbico utilizado mientras que el sector primario solo obtiene

como media 0,94 € por cada metro cúbico utilizado.

Las demarcaciones del norte peninsular, al utilizar una menor proporción de agua en actividades del sector primario, tienen una productividad aparente del agua más elevada que el resto, en las que la participa-

ción de la agricultura en los usos del agua es más significativa. La demarcación donde la productividad aparente es más elevada es la del Cantábrico Oriental, en la que se obtienen 188,22 € por cada m³ utilizado, casi siete veces la media nacional.

En el lado opuesto, están las demarcaciones de Duero y Guadiana que obtienen como media 9,89 € por m³ y 10,15 € por m³ respectivamente. En el caso de la cuenca del Tajo la agricultura utiliza casi el 70% del uso total del agua (y supone el 0,9% del VAB de la demarcación), pero la productividad media en la cuenca es, a pesar de ello, relativamente elevada, ya que alcanza los 71,32 €/m³.

La información de la productividad aparente en los usos de regadío y en otros usos nos permite conocer cuál es la capacidad de pago por los servicios de agua en determinadas zonas regables (de acuerdo con su estructura de cultivos), y el impacto económico que podría significar determinadas medidas que afecten a los diferentes sectores. Para ello es necesario ir más allá de los datos a escala de cuenca y conocer la productividad aparente a escala local (ver Cuadro 6).

Cuadro 5				
Productividad aparente media del agua por sector y demarcación (2012)				
Demarcación	Productividad aparente media uso del agua			
	Industria	Agrario	Resto	Conjunto
Cantábrico Oriental	393,18	135,92	157,74	188,22
Cantábrico Occidental	52,74	7,80	94,24	68,73
Galicia Costa	138,14	51,97	155,39	143,27
Miño Sil	183,62	2,22	113,65	34,72
Duero	42,12	0,71	112,51	9,89
Tajo	137,93	0,88	250,95	71,32
Guadiana	79,40	0,70	98,87	10,15
Tinto, Odiel y Piedras	41,33	2,74	120,04	31,72
Guadalquivir	159,02	0,88	135,57	17,34
Guadalete-Barbate	161,44	1,66	138,12	43,53
C M Andaluzas	112,96	1,89	98,02	30,04
Segura	634,82	0,97	103,50	18,00
Júcar	116,65	0,84	134,35	27,36
Ebro	643,81	0,46	456,08	14,42
Total	131,01	0,94	156,14	27,59

Fuente: Elaboración propia a partir de los Anejos de los Planes de cuenca. Cifras en €/m³. No incluye las demarcaciones de Cuencas Internas de Cataluña, los dos archipiélagos y las dos plazas africanas.

Cuadro 6								
Hectómetros cúbicos usados por rangos de rentabilidad por m ³ (Margen Neto) (78% de las hectáreas de regadío)								
Demarcación	<0,02 €/m ³	0,02 - 0,20 €/m ³	0,20 - 0,40 €/m ³	0,40 - 0,60 €/m ³	0,60 - 1,00 €/m ³	1 - 3 €/m ³	>3 €/m ³	Total general
	Duero	495	1.202	334	113	11	1	0
Ebro	401	1.499	768	675	45	23	0	3.410
Guadalquivir	733	1.151	1.012	443	155	21	16	3.532
Norte	1	2	0	8	0	0	0	12
Guadiana	1.001	496	78	256	62	157	0	2.051
Júcar	119	581	391	583	206	12	8	1.900
Segura	54	272	174	271	171	51	19	1.013
Cuencas Mediterráneas Andaluzas	97	42	38	11	39	11	93	331
Tajo	299	463	16	47	24	104	0	954
Islas Canarias	7	1	0	0	36	32	0	76
Total general	3.208	5.710	2.812	2.407	751	412	137	15.437
& Uso	21%	37%	18%	16%	5%	3%	1%	100%
& VAB pm	1%	11%	17%	28%	12%	15%	16%	100%

Fuente: Elaboración propia (GAE), MIMAN 2007 b. Nota: Guadiana incluye el Ámbito TOP.

¿QUÉ SABEMOS SOBRE EL COSTE – EFICACIA DE LAS MEDIDAS EN LOS PLANES?

Las medidas aprobadas en los planes de cuenca de España tiene unos costes de inversión totales en los diferentes ciclos de planificación de inversión de unos 65.957 millones de €, de los que 39.378 millones de € son medidas relacionadas con la consecución de los objetivos ambientales y el resto, por valor de 26.580 millones de €, son medidas de provisión de servicios de agua. Hay una parte de

estas inversiones ambientales que ya ha sido ejecutada con anterioridad al 2015 (alrededor de 11.924 millones de €), y otra parte que está pendiente entre el 2016 y el 2033 (27.453 millones de €).

Si consideramos los costes totales de las 11.815 medidas ambientales en todos los ciclos de planificación su importe total es de unos 39.377 millones de €. La inversión media por

medida es de unos 3,33 millones de € a nivel nacional, pero con una amplia variabilidad según las demarcaciones.

El indicador promedio del coste eficacia de alcanzar los objetivos ambientales es de unos 11,91 millones de € de media por mejorar cada masa de agua, con una variación entre demarcaciones considerable (entre 2,9 y 107 millones de €, según demarcación).

¿QUÉ CUESTAN LOS PROGRAMAS DE MEDIDAS Y CÓMO LOS VAMOS A FINANCIAR?

La estrategia de financiación permite programar las inversiones y asegurar su viabilidad y ejecución en los plazos previstos. Hay que considerar que influye en el propio proceso de planificación ya que influye en la selección de las medidas que es posible ejecutar considerando los techos presupuestarios y, por tanto, en las decisiones sobre si se va a poder conseguir los objetivos ambientales.

En los planes se considera que la responsabilidad de la financiación de las diferentes medidas en los planes de cuenca de España recae sobre diferentes agentes públicos y privados. Cada uno de ellos tiene responsabilidad de ejecución de determinadas medidas y un presupuesto asignado para sus inversiones.

Se puede destacar que dentro de la Administración General del Estado, el MAGRAMA es el prin-

cipal agente inversor. De forma directa se responsabiliza del 19% de la financiación total de los planes (9.927 millones de €), y a través de sus OOAA de otros 9.475 millones

de €, a los que hay que añadir los correspondientes a las SSEE (SEIH y SEIASA) por importe de 2.121 millones de € (4% del total).

CONCLUSIONES

Los análisis económicos son una parte importante del proceso de planificación. La escala a la que se realicen estos análisis va a determinar su utilidad dentro del proceso de planificación, tanto para analizar cuál es la efectividad de los instrumentos de precios, para mejorar la eficiencia en el uso del agua, como para considerar cuál es el valor que obtenemos por el uso del agua y a qué coste. La selección de las medidas más coste eficaces conllevará que las medidas relativamente más caras puedan

quedar relegadas o, en su caso, que se considere que tiene unos costes desproporcionados, especialmente si conllevan un impacto negativo en las actividades socio-económicas.

Josefina Maestu

Coordinadora de Análisis Económico del Agua.
Ministerio de Agricultura, Pesca, Alimentación
y Medio Ambiente

Alberto del Villar

Profesor Departamento de Economía
y Dirección de Empresas. Universidad de Alcalá

Referencias

- MAPAMA (2016), Planes hidrológicos de demarcación (2016-2021). Madrid.
- MIMAM (2007a), Precios y costes de los Servicios del Agua en España. Informe integrado de recuperación de costes de los servicios de agua en España. Madrid.
- MIMAM (2007b), El agua en la economía española: Situación y perspectivas. Informe integrado del análisis económico de los usos del agua. Madrid.
- WATECO (2002), Economics and the environment the implementation challenge of the water framework directive. A guidance document. Brussels.

Cuadro 7

Financiación de los PdM por tipo de agente 2002-2033 (euros)

Organismo / Agente	2002-2008	2009-2015	2016-2021	2022-2027	2028-2033	Total
MAGRAMA	0	262.077.961	4.063.617.161	3.318.085.338	2.283.003.840	9.926.784.301
Otros AGE	0	11.245.000	25.725.187	14.371.973	0	51.342.160
Organismos autónomos (MAGRAMA)	2.101.623	1.099.722.726	2.139.150.753	1.942.050.302	4.291.927.320	9.474.952.724
SEIH Y SEIASA	28.987.970	454.138.103	1.025.556.585	546.485.855	65.600.000	2.120.768.513
Comunidades Autónomas	47.349.609	2.520.607.287	8.597.641.358	5.678.059.756	1.606.908.085	18.450.566.094
Entidades Locales	186.403	458.077.948	1.769.006.263	1.644.908.416	208.025.945	4.080.204.976
Otros	0	928.836.665	2.229.894.145	1.746.176.551	1.940.862.459	6.845.769.820
Total	78.625.604	5.734.705.690	19.850.591.452	14.890.138.192	10.396.327.649	50.950.388.587

Fuente: Elaboración propia a partir de los Anejos de los Planes de cuenca.



TRIB AGUA

Con
el apoyo
institucional de
CODIA
–Conferencia
de Directores
Iberoamericanos
del Agua–



International Association
for Hydro-Environment
Engineering and Research

Supported by
Spain Water and IAHR, China



REVISTA IBEROAMERICANA DEL AGUA

www.tandfonline.com/loi/trib20



SERIE WATER MONOGRAPHS

El Consejo Mundial de Ingenieros Civiles, las Naciones Unidas y la Fundación AquaE firmaron un acuerdo para publicar una serie de monografías sobre los temas elegidos cada año para conmemorar los "Años Internacionales del Agua" declarados por la ONU durante el trienio 2013 - 2016.

LA COOPERACIÓN EN LA ESFERA DEL AGUA

La monografía analiza, entre otras cosas: la importancia de la cooperación de agua a niveles regional y global; los retos pendientes de cooperación en agua, energía y tratamientos; el derecho humano de acceso universal al agua y saneamiento sin discriminación y la necesidad de abordar los temas de cooperación en una manera regular.



AGUA Y ENERGÍA

La monografía analiza, entre otras cosas: la importancia del binomio Agua-Energía; las respuestas políticas transfronterizas al binomio, el papel de la agencia ONUDI, los retos del conocimiento para abordar políticas hídricas y energéticas de manera integrada del agua y la energía junto con soluciones e iniciativas de las Naciones Unidas sobre el tema.



AGUA Y DESARROLLO SOSTENIBLE

La monografía presenta, entre otras temas, la importancia de la Gestión del Agua en el Desarrollo Sostenible, la Evaluación del Riesgo de los Sistemas Hídricos para el Desarrollo Sostenible de las Comunidades, las Iniciativas Sostenibles en el Sector Agua: los Premios Agua para la Vida.



#todoesagua

Apuesta por
el futuro.
Cuida el agua.



Participa en FundacionAqua.org y en   