



REPORTAJE

## Planta para el tratamiento conjunto de las aguas residuales industriales del Camp de Tarragona

OPINIÓN  
**Seguridad hídrica: claves y desafíos**

REPORTAJE  
**Un tesoro líquido: el estrecho vínculo entre la economía y el agua**

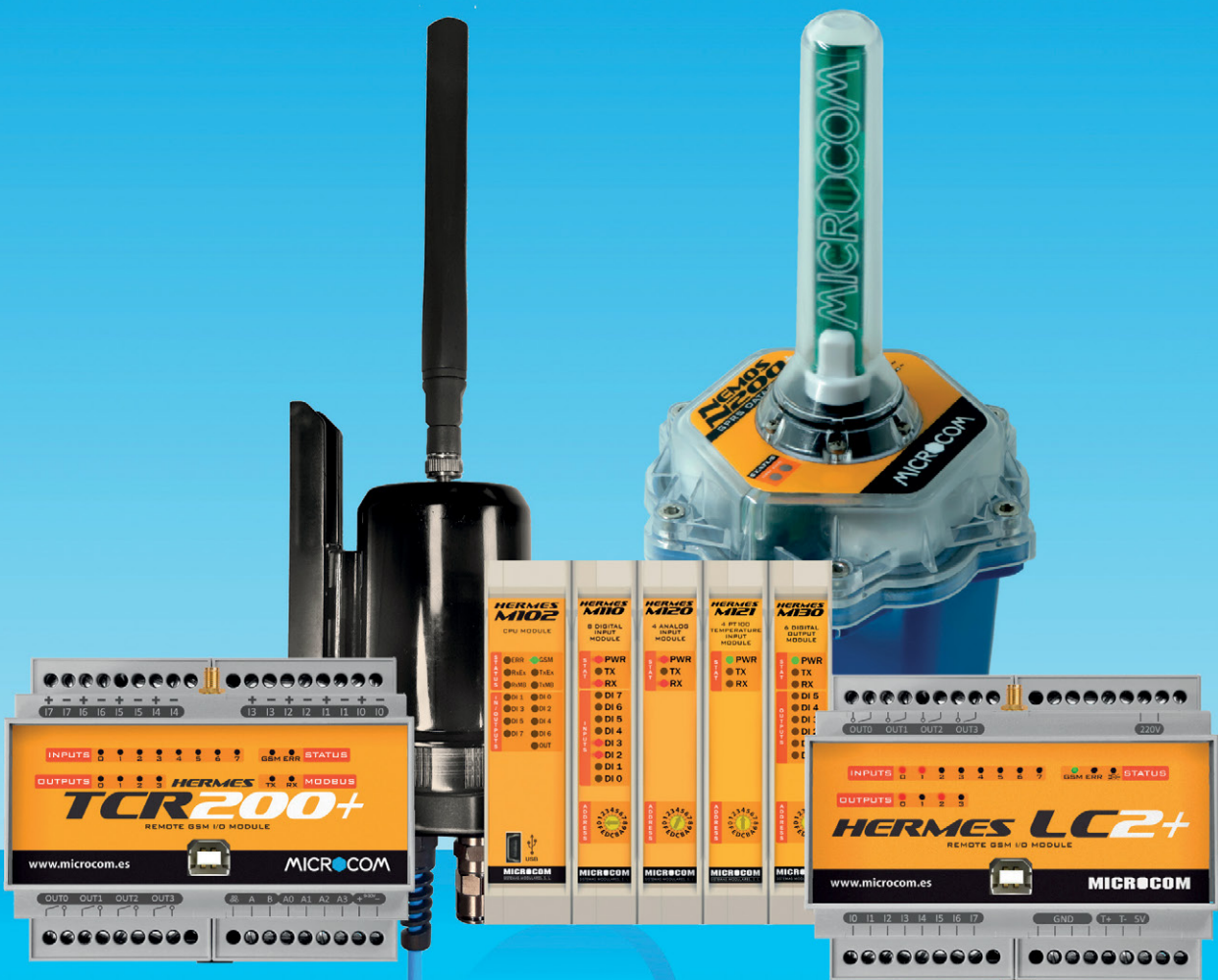
ENTREVISTA  
**Rafael Mujeriego, ASERSA**

REPORTAJE  
**Garantizando el agua en España**

ENTREVISTA  
**Andrés Molina, Universidad de Alicante**

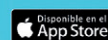
# MICROCOM

Una familia con un objetivo común:  
**simplificar la monitorización  
de tus redes**



## ZEUS

Servicio web de monitorización y gestión de configuraciones gratuito



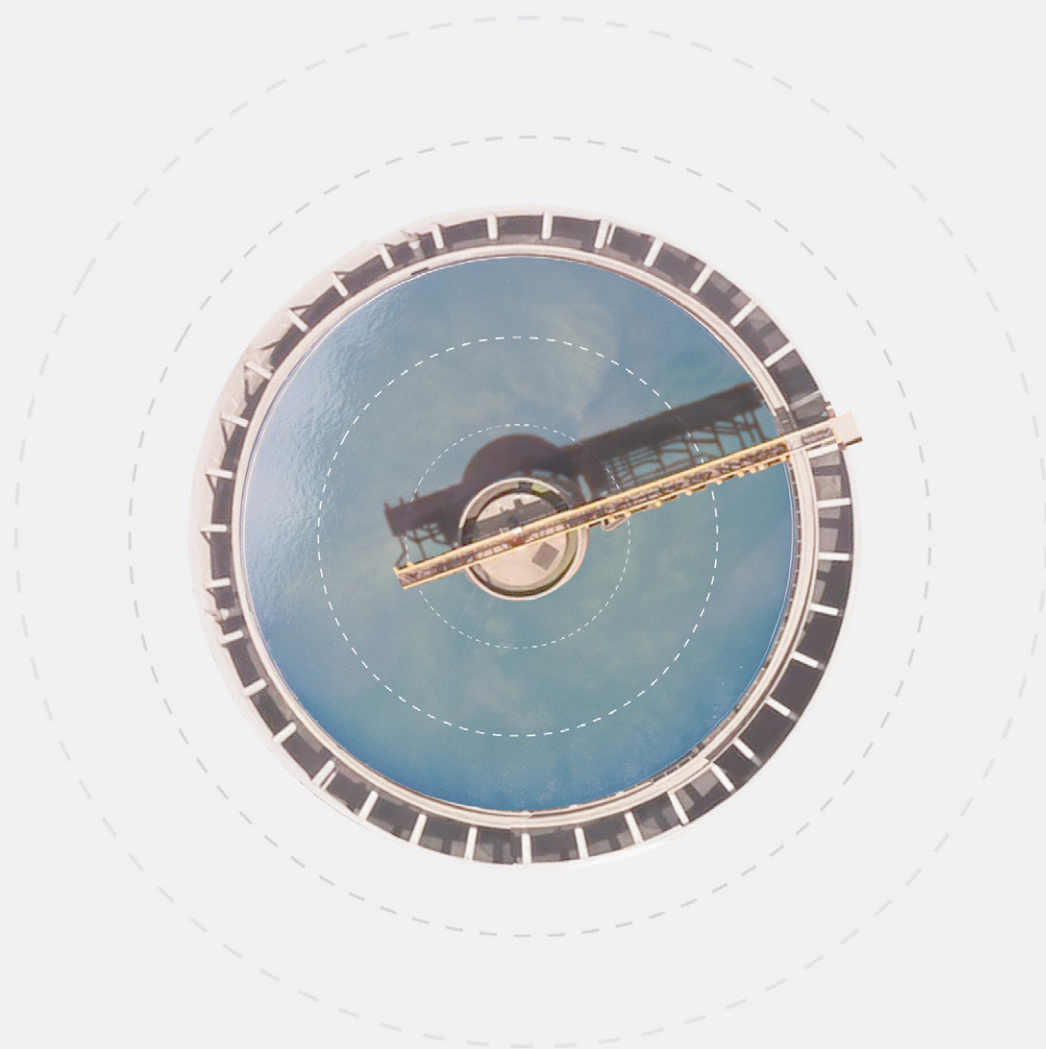
902 82 06 84  
943 63 97 24

[www.microcom.es](http://www.microcom.es)

Fabricado en España  
C/Gorostiaga, 53 20305 IRUN GIPLUZCOA - ESPAÑA

# SOLUCIONES PARA LLEVAR AGUA A CUALQUIER RINCÓN DEL PLANETA

El acceso universal al agua, la escasez, los problemas de saneamiento o el aumento de la demanda suponen un desafío para el planeta. En ACCIONA, ofrecemos soluciones sostenibles en agua para garantizar la gestión y el acceso universal a este recurso, para satisfacer las necesidades actuales de la sociedad, sin comprometer las de generaciones futuras.



Descubre más en:



BUSINESS AS UNUSUAL

# SUMARIO

---

## ALGUNOS PROTAGONISTAS



Alberto del Villar,  
Universidad de  
Alcalá de Henares



Alberto Guijarro,  
ONGAWA



Mar Rivero,  
ONGAWA



Francesc Hernández,  
Universitat de  
València



Carlos Echevarría,  
Cetaqua



Rafael Mujeriego,  
Asersa



Andrés Molina,  
Universidad de  
Alicante



Ana Sánchez  
Espadas,  
Balten



Arnold Kleijn,  
HRS



Gerald Ross,  
presidente de  
ALADYR

**RETEMA**  
REVISTA TÉCNICA DE MEDIO AMBIENTE

EDITA: **ADC MEDIA** · Calle Maestro Arbos 9, oficina 0.02 - 28045 Madrid  
Telf. (+34) 91 471 34 05 - info@retema.es

### **DIRECTOR**

Jesús Alberto Casillas Paz  
albertocasillas@retema.es

### **PUBLICIDAD**

David Casillas Paz  
davidcasillas@retema.es

### **REDACCIÓN**

Nuria Suárez  
nuriasuarez@retema.es  
Griselda Romero  
griseldaromero@retema.es

### **COLABORADORES**

Patricia Ruiz Guevara  
Judith Alonso

### **SUSCRIPCIONES**

suscripciones@retema.es

### **EDICIÓN**

PÁGINA 1

### **IMPRIME**

MONTERREINA

Suscripción 1 año España: 130 €  
Suscripción 1 año resto de Europa: 235 €  
Suscripción 1 año resto de países: 268 €  
Suscripción Digital 1 año: 75 €

Depósito Legal M.38.309-1987  
ISSN 1130 - 9881

La dirección de RETEMA no se hace responsable de las opiniones contenidas en los artículos firmados que aparecen en la publicación.  
La aparición de la revista RETEMA se realiza a meses vencidos.

© Prohibida la reproducción total o parcial por cualquier medio sin autorización previa y escrita del autor.

♥ Publicación impresa en papel bajo el sistema de certificación forestal PEFC, procedente de bosques gestionados de forma sostenible y fuentes controladas.



ACTUALIDAD  
**RETEMA RECIBE  
EL PREMIO DE  
COMUNICACIÓN DE LOS  
AEDYR AWARDS 2023**  
*Página 6*

EMPRESA  
**TENDENCIAS EN  
LA GESTIÓN  
DE MANTENIMIENTO**  
*Página 8*

OPINIÓN  
**SEGURIDAD HÍDRICA: CLAVES Y DESAFÍOS**  
Alberto del Villa, Universidad  
de Alcalá de Henares  
Alberto Gujarro, Ongawa  
Mar Rivero, Ongawa  
Francisc Hernández,  
Universitat de València  
*Página 10*

EMPRESA  
**EFICIENCIA ENERGÉTICA Y  
DIGITALIZACIÓN DE EMMASA**  
*Página 18*

EN PRIMERA PERSONA  
**RECURSOS HÍDRICOS ALTERNATIVOS: DE  
OPCIÓN A NECESIDAD**  
*Página 20*

EMPRESA  
**DEPLAN, 30 AÑOS  
IMPULSANDO  
EL CUIDADO AMBIENTAL**  
*Página 24*

ENTREVISTA  
**RAFAEL MUJERIEGO, PRESIDENTE  
DE LA ASOCIACIÓN ESPAÑOLA DE  
REUTILIZACIÓN SOSTENIBLE  
DEL AGUA (ASERSA)**  
*Página 26*

**REUTILIZACIÓN POTABLE  
INDIRECTA EN BARCELONA**  
*Página 38*

REPORTAJE  
**UN TESORO LÍQUIDO: EL  
ESTRECHO VÍNCULO ENTRE LA  
ECONOMÍA Y EL AGUA**  
*Página 46*

EMPRESA  
**EL NUEVO AVANCE HACIA LA  
EFICIENCIA EN LA GESTIÓN DEL  
AGUA SE LLAMA GEOTOM®**  
*Página 54*

REPORTAJE  
**PLANTA PARA EL TRATAMIENTO  
CONJUNTO DE LAS AGUAS  
RESIDUALES INDUSTRIALES  
DEL CAMP DE TARRAGONA**  
*Página 56*



# SUMARIO

---



INFOGRAFÍA  
**EL RIESGO  
CRECIENTE DE LA  
SEGURIDAD HÍDRICA**  
*Página 66*

EMPRESA  
**VARIADORES DE  
VELOCIDAD  
FRENTE A  
ARRANCADORES  
SUAVES**  
*Página 68*

REPORTAJE  
**ECONOMÍA CIRCULAR Y  
BIODIVERSIDAD EN EL  
TRATAMIENTO DE AGUAS  
RESIDUALES MEDIANTE UN  
RESIDUO INDUSTRIAL:  
LIFE RENATURWAT**  
*Página 70*

ENTREVISTA  
**ANDRÉS MOLINA,  
DIRECTOR  
DEL INSTITUTO  
UNIVERSITARIO DEL  
AGUA Y DE LAS CIENCIAS  
AMBIENTALES DE LA  
UNIVERSIDAD  
DE ALICANTE**  
*Página 76*

EMPRESA  
**W-TANK  
EN PISCIFACTORÍAS CON  
CERO RESIDUOS**  
*Página 82*

REPORTAJE  
**GARANTIZANDO EL  
AGUA EN  
ESPAÑA**  
*Página 84*

EMPRESA  
**REHABILITACIÓN DEL MERCADO DO  
BOLHÃO CON DRENAJE PARA AGUAS  
PLUVIALES DE ACO**  
*Página 96*

REPORTAJE  
**REMODELACIÓN Y MEJORA DE LA  
EDARI DE PAPRESA EN ERRETERIA**  
*Página 98*

**REDUCCIÓN DE COSTES DE LA  
TECNOLOGÍA DE BIORREACTOR  
DE MEMBRANAS (MBR) PARA EL  
TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES**  
*Página 106*

**INSTALACIONES PARA LA  
VALIDACIÓN DE TECNOLOGÍAS DE  
MONITORIZACIÓN Y TRATAMIENTO  
DE AGUAS**  
*Página 112*



ENTREVISTA  
**ANA SÁNCHEZ ESPADAS,**  
GERENTE DE BALTEN  
*Página 118*

ESTRUVITA, FUENTE  
DE FÓSFORO  
SOSTENIBLE PARA  
SUELOS AGRÍCOLAS  
*Página 124*

EMPRESA  
**C8E: PROCESOS DE  
DESHIDRATACIÓN Y  
ESPESAMIENTO  
DE LODOS  
A GRAN ESCALA**  
*Página 131*

NEGOCIOS  
**ARNOLD KLEIJN  
HRS**  
*Página 132*

**BIOFACTORÍAS PARA LA  
TRANSFORMACIÓN DE LODOS DE  
EDAR Y BIORRESIDUOS URBANOS  
EN PRODUCTOS DE ALTO VALOR  
AÑADIDO**  
*Página 136*

REPORTAJE  
**LODOS: CÓMO UN  
DESECHO SE CONVIRTIÓ EN  
CLAVE PARA IMPULSAR LA  
DESCARBONIZACIÓN**  
*Página 142*

EN PRIMERA PERSONA  
**EL REÚSO DE AGUA  
ES IMPRESCINDIBLE  
PARA LAS METRÓPOLIS  
LATINOAMERICANAS**  
*Página 148*

**EL USO  
DE LA INTELIGENCIA ARTIFICIAL  
Y EL MODELADO AVANZADO  
PARA LA PREDICCIÓN DEL  
IMPACTO DEL OLOR EN  
ENTORNOS URBANOS**  
*Página 152*

DIRECTORIO DE EMPRESAS  
*Página 157*

---



## RETEMA recibe el Premio de Comunicación de los AEDyR Awards 2023

LA ASOCIACIÓN ESPAÑOLA DE DESALACIÓN Y REUTILIZACIÓN (AEDyR) PREMIA LA LABOR DE COMUNICACIÓN DE RETEMA EN LA PRIMERA EDICIÓN DE SUS AEDyR AWARDS 2023

**R**ETEMA ha sido reconocido con el Premio de Comunicación de los AEDyR Awards 2023. Los galardones fueron entregados en el marco del XIII Congreso Internacional de AEDyR, que se celebra los días 13, 14 y 15 de junio en la ciudad de Granada, punto de encuentro y reunión para expertos y profesionales del sector a nivel internacional, que pusieron en común innovaciones, in-

vestigaciones y desarrollos en materia desalación, reutilización y tratamiento de aguas.

La entrega de premios tuvo lugar durante la cena de gala del pasado 14 de junio, en el Palacio de los Córdoba de Granada. Alberto Casillas, director de la Revista RETEMA, recogió el premio en representación de todo el equipo.

Los AEDyR Awards tienen como objetivo reconocer y poner en valor

públicamente los más destacados proyectos, investigaciones, líderes y empresas que, por su gestión individual o como grupo, aportan valor agregado e impulsan el avance continuo e innovador de las tecnologías de desalación y la reutilización de agua. Se dividieron en cinco categorías: Excelencia, Innovación, Sostenibilidad, Iniciativa humanitaria y Comunicación, siendo este último el otorgado a RETEMA.





Los AEDyR Awards tienen como objetivo reconocer y poner en valor los más destacados proyectos, investigaciones, líderes y empresas que, por su gestión individual o como grupo, aportan valor agregado e impulsan el avance continuo e innovador de las tecnologías del agua

La vicepresidenta de AEDyR, María Carmen García, destacaba que desde la Asociación “hemos querido visibilizar el papel decisivo de la innovación para hacer que los recursos hídricos no convencionales, como la desalación y reutilización, sean mucho más sostenibles, algo que AEDyR, junto con nuestros asociados, impulsamos desde hace 25 años”.

El jurado de esta primera edición estuvo compuesto por ocho personas muy reconocidas del sector, independientes y sin conflicto de intereses: Juan María Sánchez, Javier Romero, Eloy García Calvo, Silvio Olivia, Emilio Gabrielli, Daniel Prats, Walid Khoury y Miguel Ángel Sanz.

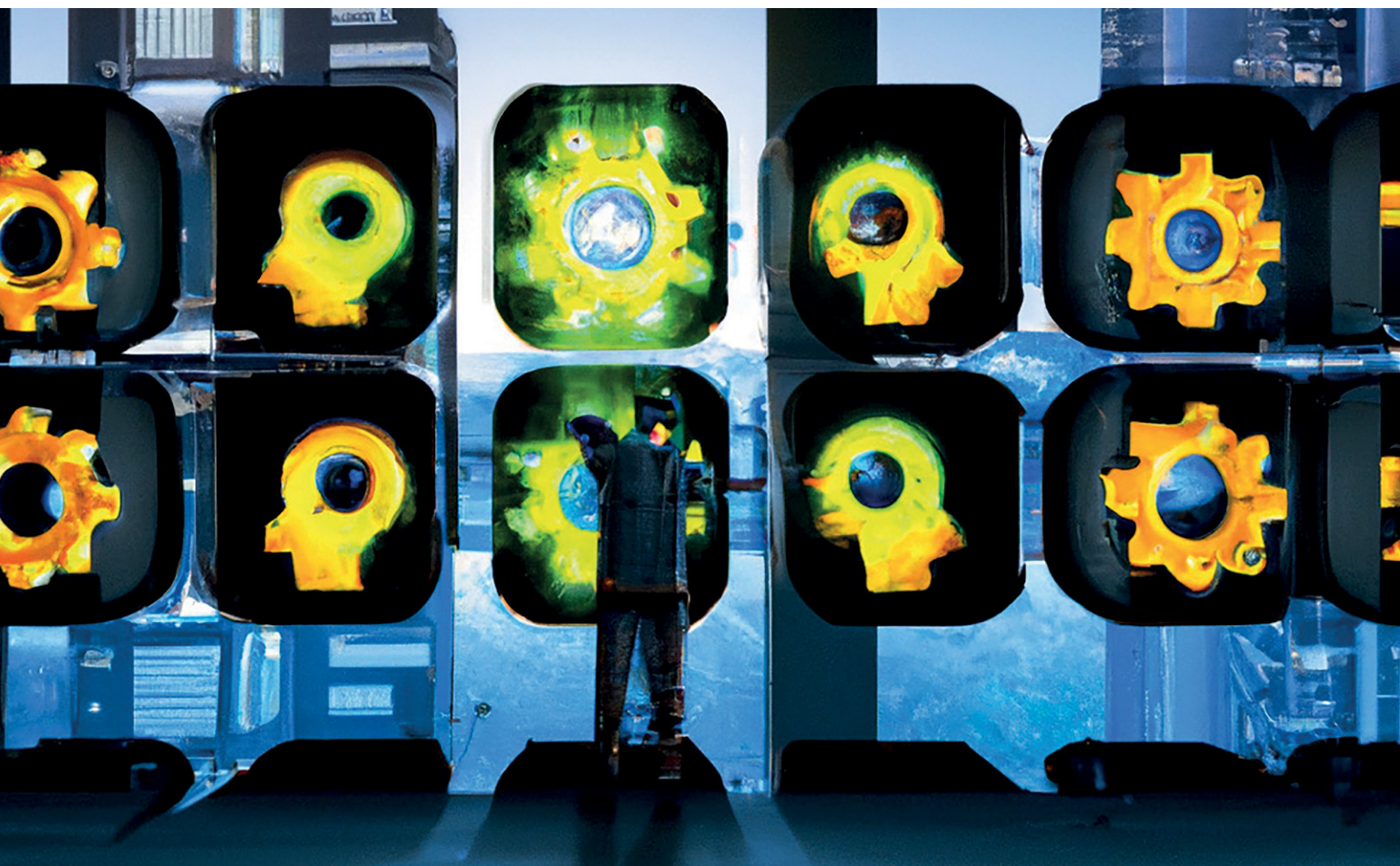
Alberto Casillas, director de RETEMA, expresó durante la velada su máximo agradecimiento por este reco-



nocimiento a AEDyR, así como a todo el equipo de profesionales y entidades que forman parte de la Asociación.

También, aprovechó para agradecer a todos los profesionales y expertos que colaboran y han colaborado con RETEMA durante los 36 años de trayectoria de la revista, por hacer posible y ser partícipes de la trans-

ferencia de conocimiento y compartir visiones que aseguran un desarrollo sostenible a través de la gestión del agua; y a todas las entidades y empresas, referentes dentro de este sector, que a través de su colaboración y respaldo ayudan a que la revista siga, número tras número, impulsando el desarrollo de esta industria. ●



# Tendencias en la gestión de mantenimiento

WGM SELECCIONA ALGUNAS DE LAS TENDENCIAS MÁS IMPORTANTES Y QUE ACTUALMENTE ESTÁN DANDO FORMA A LA GESTIÓN DE MANTENIMIENTO ASISTIDO POR ORDENADOR A NIVEL MUNDIAL. ESTAS SON LAS 5 TENDENCIAS CON MÁS PROYECCIÓN EN MANTENIMIENTO A NIVEL MUNDIAL

## 1. MEJORAR EL CONOCIMIENTO DE MANTENIMIENTO A TRAVÉS DE BIG DATA

Casi todas las industrias aprovechan

los beneficios del *big data* para obtener información sobre sus procesos, predecir problemas antes de que sucedan y luego usar esa información para impulsar la mejora continua.

Desde la atención médica has-

ta la aviación, la educación y la fabricación, estos cambios se están produciendo principalmente en la plataforma del Internet industrial de las cosas y las redes de sensores inalámbricos.

Esperamos que, durante las próximas décadas, los procesos de mantenimiento se alejen por completo de la gestión manual o en papel a la supervisión en tiempo real basada en la información que proporcionan las máquinas.

La fuerza laboral de mantenimiento del futuro estará en gran parte digitalizada y será proactiva, y tomará la mayoría de sus decisiones basándose en datos de la máquina en tiempo real.

## 2. MANTENIMIENTO BASADO EN LA NUBE

En los últimos años, ha habido un aumento fenomenal en la forma en que las empresas y particulares utilizan las soluciones de computación en la nube.

Para los profesionales del mantenimiento, el principal atractivo es que el soporte de mantenimiento basado en la nube, o el mantenimiento como servicio, ofrece un conjunto completo de funciones que son accesibles en cualquier parte del mundo.

Las más populares de estas herramientas son los sistemas de gestión de mantenimiento computarizados (CMMS) basados en la nube porque ofrecen funciones personalizables, son más rápidos de implementar que los CMMS locales, y los tradicionales que ofrecen soluciones móviles, flexibles y personalizables para el mantenimiento empresarial.

Por ejemplo, el servicio SaaS de WGM es una solución completa que permite optimizar los costes y recursos. Ya que no se requiere inversión en hardware y el número de usuarios es flexible de acuerdo con las necesidades.

## 3. CAPACITACIÓN Y MANTENIMIENTO SIMULADOS

Más empresas están empleando simulaciones en forma de realidad virtual y

aumentada desde la etapa de diseño de equipos. El objetivo es mejorar la seguridad y fiabilidad de estas máquinas y facilitar su mantenimiento durante el resto de su vida útil.

Las tecnologías de realidad virtual (VR) y realidad aumentada (AR) también se están utilizando para capacitar al nuevo personal de mantenimiento, especialmente en industrias como la aviación y la generación de energía, sin exponerlos a un peligro real.

El servicio SaaS de WGM es una solución completa que permite optimizar los costes y recursos. Ya que no se requiere inversión en hardware y el número de usuarios es flexible de acuerdo con las necesidades

Ya existen paneles especializados de realidad aumentada que permiten a los técnicos supervisar y examinar las máquinas sin necesidad de abrirlas.

## 4. FABRICACIÓN ADITIVA

La fabricación aditiva (AM), o impresión 3D, comenzó como un medio para crear prototipos simples. Hoy en día, más industrias lo están considerando y adoptando para producir

repuestos escasos, pero que se necesitan con urgencia.

Hay que tener en cuenta que esta tecnología no es barata. Sin embargo, a medida que aumente la investigación, puede volverse más asequible y ayudar a los equipos de mantenimiento a producir piezas de repuesto raras o fuera de producción rápidamente en el sitio.

## 5. MANTENIMIENTO PRESCRIPTIVO

Sí, el mantenimiento predictivo (PdM) es una tecnología de vanguardia. Pero ¿qué pasa con el mantenimiento prescriptivo? El mantenimiento prescriptivo (RxM), es una tecnología que analiza datos sobre una máquina y usa esa información para recomendar acciones para corregir cualquier anomalía y reducir los riesgos operativos.

Básicamente, RxM está un paso por encima de PdM. Mientras que PdM nos dice cuándo es probable que ocurra una falla, RxM indica los pasos a seguir para corregir el problema.

## OTRAS

Otras, además de las ya citadas son, mezclar softwares de gestión como GMAOs con redes sociales ya sean de carácter corporativo o abiertas, así como la incorporación de herramientas de *Deep learning* o IA para la ayuda en la planificación, gestión o simplemente en la creación de las mejores gamas de mantenimiento en función de una situación de partida o la incorporación de software de *business intelligence* para la ayuda a la toma de decisiones. ●

 WGM  
www.wgmsa.com

**OPINIÓN**



# SEGURIDAD HÍDRICA:

CLAVES  
Y  
DESAFÍOS

ARTICULISTAS 



**ALBERTO DEL VILLAR**  
PROFESOR DE LA  
UNIVERSIDAD DE  
ALCALÁ DE HENARES



**ALBERTO GUIJARRO**  
ÁREA DE  
CONOCIMIENTO DE  
ONGAWA



**MAR RIVERO**  
ÁREA DE  
CONOCIMIENTO DE  
ONGAWA



**FRANCESC HERNÁNDEZ**  
CATEDRÁTICO DE  
LA UNIVERSITAT DE  
VALÈNCIA

Un mañana más

# EFICIENTE

es lo que nos impulsa hoy.

¿Cómo será la eficiencia energética del mañana? ¿Tendremos soluciones que rindan más y consuman menos? ¿La eficiencia energética será efectivamente parte de la vida diaria de las personas? ¿Seremos más conscientes en la forma en que producimos y consumimos? Aquí en WEG, una cosa es cierta: para nosotros, todos los días, el mañana nacerá diferente. Porque cada día se hacen nuevas preguntas. Son las que nos llevan a crear soluciones cada vez más inteligentes para las industrias, para el campo, para las ciudades y para su día a día. De esta forma, invertimos en eficiencia y sostenibilidad para construir un mejor mañana, hoy.

# Seguridad hídrica: desafíos y soluciones para garantizar el acceso sostenible al agua



**ALBERTO DEL VILLAR**

PROFESOR DE LA  
UNIVERSIDAD DE  
ALCALÁ DE HENARES

causados por las presiones ejercidas por las actividades humanas provocan problemas en la calidad de los recursos y en el medio ambiente. Estos impactos tienen consecuencias sobre los usos del agua y sobre los ecosistemas.

La única forma de afrontar estos problemas es a través de un sistema de gestión integral de los recursos. Esto es, un sistema que incluya la gestión eficiente de las diferentes fuentes de recursos disponibles, el tratamiento óptimo de las aguas residuales y la preservación del medio ambiente. Cuando a este sistema le damos un enfoque de sostenibilidad a largo plazo, estamos garantizando la seguridad hídrica, permitiendo el acceso sostenible al agua para las generaciones presentes y futuras.

Para estos desafíos disponemos de un conjunto de herramientas que abordan de manera eficaz el problema. Previamente, es esencial la existencia de un sistema de gobernanza adecuado a las circunstancias, debido a que este sistema de gobernanza es el responsable de implementar todos estos mecanismos y el proceso de toma de decisiones.

La primera solución o herramienta para lograr la seguridad hídrica es establecer la gestión integrada de los recursos hídricos para abordar el problema de la escasez. Incluir en este sistema no sólo a los recursos naturales convencionales (superficiales y subterráneos), también a los de producción industrial (aguas regeneradas y desalinización).

La ventaja de la desalación y rege-

**L**a escasez de agua es uno de los principales desafíos para la seguridad hídrica. La demanda de agua es creciente a la par que se incrementa la población y el desarrollo económico. Incrementamos la demanda de servicios de agua y no es posible satisfacer esta creciente demanda con el enfoque tradicional de oferta.

Junto al problema de escasez surge el problema de calidad. Los impactos

La seguridad hídrica descansa sobre tres pilares: cantidad (escasez), calidad y gestión. Se trata de equilibrar la demanda y el suministro de agua, promoviendo un uso sostenible a largo plazo de los recursos hídricos y protegiendo los ecosistemas

neración deriva de su capacidad para proporcionar un suministro de agua seguro en regiones donde los recursos hídricos convencionales son limitados, reduciendo la presión sobre masas de agua sobreexplotadas, sin limitar las oportunidades para el crecimiento y desarrollo económico.

No obstante, la seguridad hídrica que pueden proporcionar estas fuentes alternativas debe ir acompañada de una sostenibilidad financiera y una sostenibilidad energética. Sostenibilidad financiera tanto de los servicios proporcionados, como de las actividades sostenidas con estos recursos. El coste de producción de estos recursos (especialmente en el caso de la desalinización) es muy elevado. La estrategia de producción a una escala óptima, la integración con otras fuentes y la distribución de costes entre todos los agentes implicados, con elementos que están presentes para la necesaria sostenibilidad financiera que coadyuve a alcanzar a la seguridad hídrica y permita el acceso a estos recursos de forma sostenible para la mayor parte de la población y las actividades vulnerables.

La desalinización es intensiva en el uso de energía, por lo que requiere de acceso a una fuente fiable y económica de energía, lo que puede ser un reto importante en áreas donde la escasez de agua y energía van unidas.

El pilar de la calidad en la seguridad hídrica queda como asignatura pendiente. Hemos mejorado mucho en los últimos años, pero el actual modelo desarrollado en Europa en las últimas décadas se ha quedado obsoleto y no responde a problemas significativos de los vertidos y su impacto en el medio ambiente. Existen importantes lagunas no consideradas hasta el momento como son los contaminantes de atención emergente (carga relacionada con productos farmacéuticos y cosméticos, fundamentalmente), la escorrentía provocada por las aguas pluviales en zo-

Destacado: La única forma de afrontar estos problemas es a través de un sistema de gestión integral de los recursos que incluya la gestión eficiente de las diferentes fuentes de recursos disponibles, el tratamiento óptimo de las aguas residuales y la preservación del medio ambiente

nas urbanas y los contaminantes que arrastra, el alto consumo energético de las plantas de tratamiento, etc.

Para hacer frente a este reto de calidad, vienen cambios importantes en el tratamiento de determinadas sustancias ahora no consideradas (microcontaminantes), la extensión de los requerimientos legales a pequeños núcleos ahora exentos (menores de 2.000 habitantes), gestión de las aguas pluviales, reducción en el uso de la energía, etc. Medidas muy ambiciosas que supondrán (según la Comisión Europea) un ahorro de 3.000 millones de euros anuales a partir de 2040, y que garantizarán la calidad buen estado de las masas de agua europeas.

Esta gestión integrada debe venir acompañada de una gestión eficiente, de una mejora de la gobernanza, del proceso de toma de decisiones. Debido a la situación de escasez, las actividades económicas y el uso de "boca" han abordado el problema reduciendo el insumo de agua, pero sin reducir la producción o los servicios. Esto ha sido posible con la mayor productividad y eficiencia en el uso del agua,

permitiendo el crecimiento económico y el incremento del bienestar de la sociedad, a pesar de la escasez de agua. Escasez motivada por la limitación de los recursos hídricos convencionales. Pero también, surgen nuevos retos para abordar mejoras en los procesos y en la gestión. El sistema de gobernanza debe ser dinámico y adaptarse a las circunstancias cambiantes.

Todo esto implica un incremento del coste de los servicios del agua que, necesariamente, se traducirá en cambios en los precios. La cuestión financiera será uno de los grandes retos que debemos afrontar. Es imprescindible adoptar mecanismos más dinámicos de financiación que superen el exclusivo recurso presupuestario y permitan fórmulas de colaboración público-privado.

La seguridad hídrica es un desafío que requiere acciones coordinadas. A través de una gestión integrada, la implantación de una estrategia adaptativa para hacer frente al cambio climático y el diseño de un sistema de gobernanza eficiente, es posible conseguir la seguridad hídrica para las generaciones presentes y futuras. ●

# La salida a la crisis global del agua: conservación del agua y acceso universal



**ALBERTO GUIJARRO  
MAR RIVERO**

ÁREA DE  
CONOCIMIENTO DE  
ONGAWA

**A**

ño tras año, y cada vez con más frecuencia, los desastres naturales se ceban con nuestros recursos hídricos. Inundaciones, sequías, tormentas ciclónicas y largas olas de calor sin precedentes azotaron diferentes regiones del planeta, provocando un sufrimiento humano devastador y, en algunos casos, décadas de desarrollo desvanecidas en cuestión de semanas.

Sin embargo, no son solo estos eventos extremos los que indican que nos enfrentamos a una crisis global del agua. Hace ya décadas que vivimos una “crisis silenciosa” a través de situaciones de escasez, exceso y contaminación del agua en distintos grados. Muchas de estas situaciones no derivan de eventos naturales incontrolables, sino de decisiones políticas y económicas que responden a

intereses que nada tienen que ver con el bien común.

Las evidencias son diversas y variadas: el crecimiento de la población, el aumento del consumo de agua per capita derivado de modelos de consumo sin límite, y los cambios en los usos de la tierra y el agua han provocado que el uso global del agua se haya multiplicado por 6 en los últimos 100 años. Usos que siguen aumentando a un ritmo constante de un 1% cada año (UNESCO 2020), incrementando la sobreexplotación de los acuíferos y la degradación de los ecosistemas acuáticos.

Como sociedad hemos fallado en retos como el acceso universal al agua, la preservación de los ecosistemas de agua dulce, la gestión equitativa de la demanda, la prevención de la contaminación, la reutilización del agua o la utilización de tecnologías que minimicen su consumo.

La vía para garantizar un futuro seguro y equitativo es fomentar una acción urgente y coordinada, con medidas integrales y sistémicas que aborden las causas y no sólo la mitigación puntual del problema, promoviendo soluciones sostenibles en el uso y la gestión del agua.



En consecuencia, según la Comisión Mundial sobre la Economía del Agua de la OCDE, nos enfrentamos a la perspectiva de una disminución del 40% en el suministro de agua dulce para 2030, con graves situaciones de escasez en regiones donde el agua ya es limitada.

Si bien esta situación trae consigo consecuencias críticas en todos los niveles (social, ambiental y económico), no todas las personas las sufren con igual intensidad. Millones de personas en todo el mundo carecen todavía de acceso a servicios de agua potable y saneamiento adecuados, lo que aumenta los riesgos para su salud y limita sus oportunidades de desarrollo.

También en términos económicos, la falta de acceso adecuado al agua afecta en mayor medida a las personas más vulnerables, dificultando la obtención de ingresos, afectando a su productividad laboral e incrementando sus gastos sanitarios por el tratamiento de enfermedades vinculadas al agua, cada vez más frecuentes. La falta de agua deriva así en una espiral de pobreza de la que no es fácil escapar.

En términos de igualdad de género, la situación es alarmante. Un acceso deficiente al agua afecta especialmente a las mujeres y las niñas, responsables de abastecer a la familia en la mayoría de las regiones del mundo, con la consecuente dedicación de gran parte de su jornada diaria en esta tarea. ¿Quién puede centrarse en su formación, en la participación en la vida política y social o en poner en marcha iniciativas económicas cuando dedicas entre 4 y 6 horas al día a caminar hasta la fuente más cercana?

No olvidemos incluir en la ecuación el factor de los crecientes conflictos por el agua a nivel regional y local, especialmente en áreas con recursos hídricos compartidos. Conflictos en los que, una vez más, salen perdiendo los colectivos más vulnerables, entre los que destacan

El reto de revertir esta situación y poner freno a los errores del pasado es posible y viable si conseguimos actuar colectivamente hacia dos metas claras y alcanzables: proteger el ciclo integral del agua y lograr el acceso universal

los pueblos indígenas y las comunidades rurales por su escaso peso político.

Lo que estamos presenciando es el resultado de décadas de mala gobernanza del agua a nivel mundial, obviando el efecto que están teniendo políticas o prácticas inadmisibles.

Sin duda, el escenario es complicado, pero no puede llevarnos al desaliento sino a la indignación y a la acción. El reto de revertir esta situación y poner freno a los errores del pasado es posible y viable si conseguimos actuar colectivamente hacia dos metas claras y alcanzables: proteger el ciclo integral del agua y lograr el acceso universal. Para ello:

- Como reto global que es, se necesita un multilateralismo proactivo que asuma el liderazgo, estableciendo líneas rojas a las políticas comerciales para que se proteja el agua como un bien común, y coordinando a las múltiples partes interesadas sin olvidar a nadie: gobiernos, sector público, privado, sociedad civil, poblaciones vulnerables, agencias de desarrollo, academia...
- No dejar a nadie atrás, porque no todos tenemos las mismas necesidades ni partimos del mismo punto. Cualquier solución que se proponga debe tener en cuenta a las personas más vulnerables. Por ejemplo, una revisión de las tarifas no puede dejar fuera a las per-

sonas que ya tienen problemas para pagar la factura del agua.

- Revisar el valor del agua para lograr un uso más eficiente en todos los sectores, con una legislación estricta que evite el despilfarro y la contaminación impune o con multas asumibles. Esta revalorización del agua debe hacerse en el marco de unos principios básicos: el agua es un derecho humano y un recurso vital para los ecosistemas y el planeta.
- Invertir en el mantenimiento sostenido de las infraestructuras de agua y saneamiento, en muchos casos obsoletas y con pérdidas insostenibles, pero sin relegar como hasta ahora a las áreas urbanas marginadas ni a las comunidades rurales sin ni siquiera un acceso básico.
- Concienciar sobre la huella virtual de nuestro modelo de alimentación y de consumo, orientando al consumidor hacia prácticas sostenibles y responsables.

La única manera de garantizar un futuro seguro para el planeta y equitativo en relación al agua, es impulsando una acción urgente y coordinada, con medidas integrales y sistémicas que aborden las causas y no sólo la mitigación puntual del problema, promoviendo soluciones sostenibles en el uso y la gestión del agua. ●

# El papel de la reutilización de agua para la seguridad hídrica



**FRANCESC  
HERNÁNDEZ**

CATEDRÁTICO DE  
LA UNIVERSITAT DE  
VALÈNCIA

**E**l agua es esencial para mantener la vida y la sostenibilidad de los ecosistemas, pero también lo es para el desarrollo económico. Se estima que solo un 1% del agua existente en nuestro planeta, puede ser aprovechada para las actividades humanas y productivas. La mayor parte del consumo de agua tiene lugar en el sector agrícola, representando aproximadamente el 70%, seguido del uso industrial con un 20%, siendo minoritario el consumo de agua

En un contexto de incremento de la demanda de agua y altos niveles de contaminación de los acuíferos, las depuradoras juegan un papel fundamental para la garantía y seguridad en el abastecimiento de recursos hídricos

para uso doméstico, representando el 10% restante.

Según datos de la FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura) el consumo de agua en el siglo pasado fue el doble que el crecimiento poblacional. Según el Informe Mundial de Naciones Unidas sobre desarrollo de Recursos Hídricos el actual consumo mundial de agua es de aproximadamente 4600 km<sup>3</sup> y se estima que en las próximas décadas se incremente entre un 20 y un 30%, debido al crecimiento demográfico y, en consecuencia, también deberá hacerlo la producción agrícola y energética, que requiere un uso intensivo de agua.

La disponibilidad de agua es uno de los principales riesgos a nivel mundial, se estima que para el año 2030 haya una escasez de agua del 40% a

nivel global si se mantiene el modelo de gestión de recursos hídricos actual. Las principales razones que llevarán a esta situación son la presión que ejerce el ser humano sobre este recurso, junto con un escenario climático en el que subirán las temperaturas medias a nivel global, la presencia de periodos de sequía más largos y fenómenos extremos más frecuentes, cambiando de esta forma el ciclo dinámico del agua. Generalmente se habla de escasez de agua cuando ésta no existe en cantidad o calidad suficiente, o no existen los mecanismos o la tecnología adecuada para su aprovechamiento, de tal modo que no se pueden satisfacer las necesidades humanas.

Debido al incremento de la demanda de agua y a los altos niveles de contaminación de los acuíferos, las Estaciones de Depuración de Aguas

## Las depuradoras ya no solo se dedican al tratamiento del agua residual, además, se convierten en una fuente de recursos no-convencionales con un alto valor

Residuales (EDARs) juegan un papel fundamental para la garantía y seguridad en el abastecimiento de recursos hídricos. En este nuevo modelo de gestión, las EDARs ya no solo se dedican al tratamiento del agua residual para proteger la salud de las personas y minimizar el impacto ambiental, sino que, además, se convierten en una fuente de recursos no-convencionales con un alto valor económico y ambiental.

A nivel nacional, existe un marco normativo en materia reutilización de aguas basado en el Real Decreto 1620/2007, de 7 de diciembre (RD 1620/2007) que recoge los usos que pueden tener las aguas regeneradas. A su vez, en mayo de 2020, se publicó el Reglamento del Parlamento Europeo y el Consejo de la Unión relativo a los requisitos mínimos para la reutilización del agua, que será aplicable a partir del 27 de junio de 2023 (2020/741/UE). Dentro de esta nueva regulación se consideran los recursos hídricos de la UE como un bien escaso a salvaguardar en un contexto de cambio climático en el que se incrementa el uso del agua para fines agrícolas, industriales y urbanos.

El agua regenerada debe ser reconocida como un elemento fundamental en la estrategia de gestión del ciclo urbano del agua con el fin de conservar y proteger los recursos hídricos. Así pues, se trata de una fuente alternativa que susti-

tuye el uso de agua procedente de fuentes convencionales tanto para fines agrícolas, industriales y ambientales. Para ello es necesario implementar nuevas tecnologías e infraestructuras que aseguren tanto la calidad del agua como su distribución y almacenamiento.

La reutilización del agua tiene numerosos beneficios, todos ellos de gran relevancia tanto económica como ambiental y social. Por un lado, las EDARs se convierten en fuentes de agua no convencional que ayudan a reducir la presión sobre las masas de agua convencionales y, por otro, se reduce el impacto asociado a la descarga del efluente en el medio natural, preservando la calidad de las masas de agua. El alcance de los beneficios de la reu-

tilización debe ser cuantificado con el fin de establecer las bases de viabilidad de un modelo de economía circular.

La inclusión de los beneficios ambientales y sociales derivados de la mejora en la calidad del agua, el ecosistema y del aumento del volumen de agua disponible son los beneficios de actuar con medidas concretas sobre el territorio. Por el contrario, si no se implementa ninguna acción ni se promueve el uso del agua regenerada se generan unos costes de la no actuación, es decir, aquellos que recogen el valor de los efectos derivados de no implementar un modelo de economía circular. De nuevo, la cuantificación de este tipo de beneficios resulta clave a la hora de determinar la viabilidad de las actuaciones.

La utilización de agua regenerada permite tener una fuente de agua no convencional de forma segura y continua. Esta situación evita la construcción de grandes infraestructuras de regulación hídrica y, por lo tanto, supone un ahorro en los costes de suministro y un menor impacto ambiental. ●

El agua regenerada debe ser reconocida como un elemento fundamental en la estrategia de gestión del ciclo urbano del agua con el fin de conservar y proteger los recursos hídricos



# Eficiencia energética y digitalización de EMMASA

**E**n 2006 Sacyr entró a formar parte de la Empresa Mixta de Aguas de Santa Cruz de Tenerife (EMMASA), participada por el Ayuntamiento de Santa Cruz y Sacyr como socio principal (94,65%), con el objetivo de mejorar los procedimientos de gestión incorporando nuevas tecnologías y experiencias e incrementar la eficiencia en la gestión de recursos en beneficio de los usuarios.

Desde entonces, se han invertido más de 72 millones de euros en mejoras en el ciclo integral del agua destinados a:

- 12 M€ a la adecuación de depósitos e instalaciones para conseguir el ase-

guramiento y la mejora de la calidad del agua suministrada

- 3,2 M€ en adecuación y mejoras para garantizar el suministro de agua en los volúmenes demandados

- 46 M€ en la adecuación y mejora en las infraestructuras de abastecimiento, alcantarillado y depuración.

- 6,8 M€ en el desarrollo de herramientas de gestión

- 4 M€ para la adquisición, adecuación y mejora de infraestructuras auxiliares.

En los últimos tres años ha reducido un 15,34% el consumo energético, desde los 51,4 millones de kwh de 2020 hasta los 43,5 millones de kwh de 2022.

En los últimos tres años Emmasa ha reducido un 15,34% el consumo energético en la gestión del ciclo del agua

## MODELO DE GESTIÓN SOSTENIBLE

El objetivo de todas las actuaciones es garantizar un modelo de gestión sostenible, de calidad y eficiente, para ello ha dotado a las instalaciones con los medios tecnológicos de última generación, que permitan un uso racional y eficiente del agua, al tiempo que se presta un servicio óptimo y seguro.

Un claro ejemplo es la mejora del rendimiento técnico de la red que actualmente se cifra en el 92,9%, es decir, que el porcentaje de pérdidas técnicas es del 7,1%; lo que sitúa a Emmasa entre los valores de rendimiento técnico más altos del sector, comparando con la media de España que se encuentra en el 16,3% y la media de Canarias de un 29,1% (datos INE).

Emmasa está desarrollando un proyecto de digitalización del ciclo integral del agua de este municipio con el objetivo de promover la eficiencia y la optimización de la gestión de los recursos hídricos.

El proyecto plantea la ejecución de 22 actuaciones en un periodo de 27 meses e incluye acciones relacionadas con la reducción de fugas y la consecución de mayor eficiencia en la gestión, a través de la medición inteligente del balance de consumo en tiempo real junto con la incorporación de una mayor capacidad de telemando y telecontrol.

Asimismo, comprende el control de vertido, también en tiempo real, para luchar contra la contaminación de las aguas; y la reducción del consumo energético con la digitalización del funcionamiento de instalaciones como la estación desaladora para reducir su consumo específico, acompañado de digitalización con generación renovable fotovoltaica.

Emmasa también gestiona la desaladora de Santa Cruz de Tenerife, que entró en funcionamiento en 2001, y que recientemente acometió un importante plan de crecimiento y remodelación para poder abastecer a la mayoría de la población santacruzera. Este au-

Emmasa está desarrollando un proyecto de digitalización del ciclo integral del agua de este municipio con el objetivo de promover la eficiencia y la optimización de la gestión de los recursos hídricos

mento de la producción ha permitido que 24.000 hogares más tengan agua potable cada día.

## RESPONSABILIDAD SOCIAL

Emmasa adquirió el compromiso de afianzar y enriquecer sus relaciones con la sociedad chicharrera, con la constitución y puesta en marcha de la Fundación Emmasa.

Recientemente, en colaboración con el Ayuntamiento de Santa Cruz de Tenerife, la Fundación Emmasa ha donado un total de 45.000 euros a seis asociaciones chicharreras para apoyar sus proyectos sociales: Asociación Aldis, la Asociación de Cáncer de Mama de Tenerife, la Asociación Prevenir, ONG Abrigos y Sonrisas, la Fundación Sonsoles Soriano y la Asociación Tinerfeña de Esclerosis Múltiple. ●



# RECURSOS HÍDRICOS ALTERNATIVOS: DE OPCIÓN A NECESIDAD

---



**CARLOS ECHEVARRÍA**

RESPONSABLE TÉCNICO DEL ÁREA BIOFACTORÍA Y RECUPERACIÓN DE RECURSOS DE CETAQUA

Cuando se analizan los casos de éxito mundiales en materia de reutilización de agua regenerada, en todos ellos existe un mismo denominador común: la necesidad.

---

**P**odemos afirmar que se ha alcanzado un colapso permanente entre la disponibilidad de recursos hídricos convencionales (aguas superficiales y subterráneas) y la creciente demanda de agua en zonas con riesgo de escasez hídrica. Esta situación se ha evidenciado especialmente en zonas costeras semiáridas (como podría ser la cuenca Mediterránea), donde las cada vez más frecuentes sequías, acuciadas por el cambio climático y la sobrepoblación, han generado desajustes que ponen en riesgo la explotación de las fuentes de agua fresca, potenciando la

degradación de las masas de agua y aumentando los costes de explotación de las plantas de tratamiento. En estos casos, introducir recursos hídricos alternativos (agua regenerada o agua de mar desalada) en el ciclo integral del agua deja de ser una opción para ser una necesidad.

El concepto “regeneración de agua” se refiere a transformar un agua residual depurada en un agua que cumpla los requisitos de calidad para ser reutilizada de forma planificada para otros usos. Los usos no-potables del agua regenerada son los que tienen una mayor adopción, siendo los más

habituales los usos agrícolas, industriales, urbanos, recreativos y ambientales. Por otro lado, los usos potables, menos comunes, son aquellos en los que el agua regenerada es intencionadamente introducida de una forma directa o indirecta en los procesos de potabilización.

Cuando planteamos estrategias para garantizar el suministro de agua, especialmente en zonas de escasez hídrica, es importante definir las a largo plazo para que nos permitan no solo resolver un problema puntual sino también blindar la disponibilidad de los recursos hídricos. Espe-



Cuando planteamos estrategias para garantizar el suministro de agua, especialmente en zonas de escasez hídrica, es importante definir las a largo plazo para blindar la disponibilidad de los recursos hídricos

cíficamente, la regeneración y reutilización de aguas residuales es un proceso con un impacto económico y medioambiental significativamente menor al de la desalación de agua de mar o a la importación de agua.

Son muchos los países en los que las infraestructuras a escala real operan de forma continua para regenerar grandes volúmenes de aguas residuales urbanas. Las primeras experiencias de IPR se remontan a los años 60 y 70 en Estados Unidos, siendo el proyecto Orange County Water Factory 21 (1976) uno de los más ilustrativos. El caso de Namibia (Windhoek) es de especial interés dado que en 1968 representó la primera referencia de reutilización potable directa (DPR) en el mundo. También destaca el caso de Israel y cómo desde 1977 han recargado el acuífero con agua regenerada para extraerla en el desierto del Negev e impulsar la actividad agrícola. Singapur cuenta con una estrategia clara de gestión de agua basada en los llamados "Four National Taps", en los que el agua regenerada (NEWater) ya representa el 40% del suministro total. España no se queda atrás y ejemplo de ello son el Área Metropolitana de Barcelona, Sabadell, Alicante, Murcia o Canarias, entre muchos otros.

Sin embargo, a día de hoy todavía hay mucho camino por recorrer ya que el potencial de reutilización en Europa dista mucho de los volúmenes de agua regenerada actualmente asigna-

dos. La Comisión Europea reportó en 2021 que solamente el 2,4% del total del agua residual producida en Europa fue regenerada y reutilizada (964 Hm<sup>3</sup>/años). El potencial de reutilización en Europa es mucho mayor y se estima en torno a los 6000 Hm<sup>3</sup>/año, lo que supone más de seis veces más que el volumen actualmente reutilizado.

Como demuestran los muchos casos de éxito en reutilización que existen a nivel mundial, el déficit de implementación de proyectos de este tipo no está asociado a una falta de desarrollo tecnológico, sino que las barreras que nos encontramos suelen ser locales y de carácter transversal.

El origen del agua regenerada (proveniente de agua residual tratada) en sí mismo ya resulta incómodo para una parte de la población, aflorando preocupaciones, debates y, en muchos casos, desinformaciones en cuanto al riesgo que comporta reusar agua regenerada en la salud pública o ambiental. Por otro lado, los modelos de gobernanza y la planificación del agua regenerada suelen estar basados en documentos estáticos, generados a partir de estudios territoriales en los que se identifican demandas potenciales (usuarios) y volúmenes de agua regenerada asignables. Sin embargo, la volatilidad económica y social puede perturbar los planes directores establecidos que habitualmente cubren horizontes de entre 5 y 10 años. Muy ligado a la gobernanza, la viabilidad económica de los pro-

yectos de reutilización supone una barrera para su implementación. En algunos casos, la falta de involucración y coordinación de los múltiples actores territoriales clave en las etapas tempranas del proyecto puede desajustar el dimensionamiento de las nuevas infraestructuras en función de la demanda, en algunos casos sobredimensionándolas respecto a las dotaciones concedidas. Este sobrecoste en la inversión (CAPEX) y en la explotación (OPEX) puede resultar en sistemas de recuperación de costes ineficientes y en medio o largo plazo en la quiebra financiera del proyecto.

Abordar estos retos no es sencillo, y es por ello que la innovación debe jugar un papel clave. En Cetaqua, Centro Tecnológico del Agua, trabajamos en tres ejes para desbloquear la reutilización:

1. Generación de nuevos modelos de gobernanza y economía circular. El desarrollo de herramientas holísti-

A día de hoy todavía hay mucho camino por recorrer ya que el potencial de reutilización en Europa dista mucho de los volúmenes de agua regenerada actualmente asignados



cas y plataformas físicas y/o digitales que ayuden a una planificación más dinámica y ágil permitirá disponer del tipo de resultados o evidencias (estimaciones rápidas de CAPEX y OPEX e impactos ambientales territoriales) necesarios para convencer a los usuarios y a la administración de los beneficios de los proyectos. Ejemplo de ello es el proyecto B-WATER SMART en el que Cetaqua y Aguas de Alicante han impulsado la creación del primer Living Lab de reutilización de aguas, ubicándolo en la ERA de Rincón de León (Alicante).

2. Implementación de mejoras operativas y desarrollo de proyectos demostrativos. Es imprescindible seguir trabajando en la optimización de las tecnologías de regeneración existentes con el fin de minimizar los costes de los sistemas de reutilización. Validar tecnología puntera, así como realizar pilotajes demostrativos, ayuda a una mayor adopción por parte de los usuarios. En la última década, Cetaqua ha impulsado distintos proyectos en los que tecnología innovadora se ha validado a una escala representa-

tiva con el fin de demostrar la robustez técnica y económica de la misma. El proyecto GUARDIAN demostró un sistema de reutilización de agua para la prevención de incendios en Valencia, LIFE WIRE ayudó a validar esquemas descentralizados en distintas industrias, y LIFE REMINE WATER impulsa el desarrollo de esquemas de vertido líquido cero en el sector minero y metalúrgico.

3. Gestión del riesgo y mejora de la percepción pública. Implementar metodologías de gestión del riesgo como pueden ser los SSP (Sanitation Safety Plan) ayudan a reforzar la confianza de los usuarios y los reguladores y a través de la nueva directiva europea (2020/741) son de obligatorio cumpli-

miento. LIFE MATRIX, coordinado por Cetaqua, ha desarrollado una herramienta para monitorizar el riesgo en la recarga de acuíferos.

Más allá de estos retos y las soluciones que trabajamos, cuando se analizan los casos de éxito mundiales todos ellos tienen un mismo denominador común: la necesidad. El coste de “no hacer nada” puede ser muy alto en función del contexto, y esa acaba siendo siempre la llave, que junto al desbloqueo del resto de barreras transversales, permite que los proyectos de reutilización se implementen. En línea con lo sospechado, el driver “necesidad” empieza a aflorar en España en el marco de la situación de sequía actual. ●

Abordar los retos que tenemos en la reutilización de agua regenerada no es sencillo, es por ello que la innovación debe jugar un papel clave



**BIDAPRO**

**COMPUERTAS**  
La mejor solución para tu planta de tratamiento.

**NUEVOS DISEÑOS / PRESTACIONES MEJORADAS**

[WWW.BIDAPRO.NET](http://WWW.BIDAPRO.NET)

Pol. Ind. Asteasu Zona A Nº4 20159 ASTEASU Gipuzkoa Spain



# DEPLAN, 30 años impulsando el cuidado ambiental

**E**l 27 de noviembre de 1992 se inscribió en el Registro Mercantil de Barcelona la sociedad DEPLAN, S.L. con el objeto social "prestación de servicios de asesoramiento y realización de proyectos sobre la evaluación del impacto ambiental, así como la planificación, auditoría y gestión del medio ambiente y la comercialización de sistemas y métodos de

gestión ambiental", iniciando sus operaciones el 1 de enero de 1993.

En aquellos años ya se disponía de algunas normativas sectoriales, como el Real Decreto 849/1986 por el que aprobaba el Reglamento del Dominio Público Hidráulico, que desarrollaba la Ley 29/1985 de Aguas, la Ley 20/1986 básica de residuos tóxicos y peligrosos y su Reglamento 833/1988,

la Ley 38/1972, de 22 de diciembre de Protección del Ambiente Atmosférico y su desarrollo mediante el Real Decreto 833/1975 o el Real Decreto legislativo 1302/1986 de evaluación de impacto ambiental y su texto refundido aprobado por el Real Decreto legislativo 1/2008, todas ellas ya derogadas y ampliamente superadas en la actualidad.



Con esos mimbres, DEPLAN inició su andadura y su primer trabajo fue la realización de un censo medioambiental de actividades en el Ayuntamiento de Ripollet (Barcelona). Después de una etapa inicial marcada por trabajos para la administración pública y un cambio de socios en 1997, su actividad empieza a posicionarse en la ingeniería y consultoría ambiental en el sector industrial, pasando desde entonces poco a poco a ser su campo de actividad mayoritario hasta la actualidad, donde representa más del 90% de su facturación.

### PIONEROS EN SU CAMPO

Es importante destacar el decisivo papel en la mejora ambiental de todas las organizaciones que han jugado las normas ISO, en especial desde la aprobación de la primera ISO 14001 en 1996 y que desde DEPLAN tuvieron claro desde el primer momento subiendo al tren de la implantación y auditoría de sistemas de gestión ambiental, pero también de calidad, seguridad y salud, gestión energética o más recientemente de huella de carbono.

Por último, destacar también como fundamental en todo el desarrollo del sector de la ingeniería y consultoría ambiental, la publicación de la Directiva de Prevención y Control Integrado de la Contaminación (por sus siglas en inglés IPPC) y su influencia en el desarrollo legislativo a nivel estatal y autonómico en las diferentes leyes que regulan el control ambiental

Con una plantilla actual de 25 personas y una facturación próxima a los 2 millones de euros, DEPLAN se han afianzado como el socio perfecto para el desarrollo de proyectos de sostenibilidad

de las actividades, y en las que DEPLAN es una empresa experta y con muchísima experiencia en los sectores industriales de mayor impacto ambiental.

Desde DEPLAN han asesorado a multitud de empresas para mejorar ambientalmente, adoptando tecnologías ambientales y sistemas para minimizar su impacto, ya sea para alcanzar los nuevos requerimientos legislativos de obligado cumplimiento, ya sea para adaptarse voluntariamente a los sistemas de gestión con el fin de satisfacer a sus clientes, a la sociedad y mejorar su eficiencia medioambiental.

En DEPLAN, también han ido evolucionando con los acontecimientos y el mercado ambiental, con un cuidado muy especial por el personal y su formación para poder ofrecer un equipo técnico multidisciplinar con gran experiencia y servicios de alta calidad.

### PLAN ESTRATÉGICO DEPLAN 2021 – 2025

En este periodo de crecimiento de DE-



PLAN ha sido clave también la creación de las delegaciones: primero en Valencia en el año 2000 y Girona en el 2002, luego Aragón (aunque con varios altibajos entre 2005 y 2020) y finalmente las delegaciones Sur (2016) y Madrid (2017).

Con una plantilla actual de 25 personas y una facturación próxima a los 2 millones de euros, DEPLAN se han afianzado como una empresa sólida, confiable y profesional, con un equipo técnico multidisciplinar de gran experiencia formado por químicos, biólogos, ambientólogos e ingenieros, apoyado por una red de colaboradores expertos en diferentes materias y con el soporte de su departamento de administración, conformando el socio perfecto para un asesoramiento de altísima calidad para el desarrollo de sus proyectos de sostenibilidad ambiental con garantías de éxito y fiabilidad.

Por todo ello y después de 30 años ofreciendo soluciones ambientales, la compañía es considerada un referente en el sector y, por tanto, con más fuerza que nunca, reivindican su eslogan que los ha guiado todos estos años: "queremos ser el departamento de medio ambiente de su organización. Nuestro objetivo: su mejora". ●



DEPLAN  
www.deplan.es



Foto: Fundación Aquae

# Rafael Mujeriego

PRESIDENTE **DE LA ASOCIACIÓN ESPAÑOLA DE REUTILIZACIÓN SOSTENIBLE DEL AGUA (ASERSA)**

---

 Nuria Suárez

 **TEMAS: REUTILIZACIÓN DE AGUA, ECONOMÍA CIRCULAR, SEGURIDAD HÍDRICA**

**C**omo consecuencia del actual panorama climático y de cara a aumentar la disponibilidad de un recurso esencial, las instituciones han afianzado su apuesta por el empleo de agua regenerada, poniendo estas tecnologías en el centro del debate público mediante políticas y regulaciones. Para profundizar en esta materia hemos contado con la participación de Rafael Mujeriego, Presidente de la Asociación Española de Reutilización Sostenible del Agua (ASERSA), que con una destacada trayectoria investigadora y promotora de la sostenibilidad del recurso hídrico nos ofrece un riguroso análisis técnico sobre estas soluciones y su rol en el sector del agua.

**La seguridad hídrica, en un contexto de cambio climático con especial intensidad en la región del mediterráneo, se erige como uno de los grandes desafíos de la actualidad y para el futuro, ¿Cuál es la situación y qué respuestas ofrece explotar el uso de fuentes alternativas como el agua regenerada?**

La situación climatológica en las regiones mediterráneas se caracteriza por una creciente irregularidad pluviométrica. Para compensar la irregularidad pluviométrica habremos de reforzar y promover una mayor regularidad hidrológica, mediante instrumentos tradicionales y sobre todo novedosos que nos permitan regular (almacenar) agua en momentos de abundancia para poder disponer de ellos en momentos de escasez. Una estrategia complementaria para compensar la irregularidad pluviométrica es reutilizar el agua que ha sido previamente usada, tras aplicarle los tratamientos de mejora de su calidad que aseguren la protección de la salud pública y ambiental.

La reutilización de un agua usada, tras un proceso de regeneración, permite disponer de unos recursos hídricos propios, próximos a donde se han generado, con lo que ello significa de mayor autosuficiencia (sin dependencia de fuentes ubicadas en otros lugares) y sobre todo de una mayor fiabilidad (garantía) de suministro que las fuentes tradicionales, sometidas a la irregularidad pluviométrica propia de la región mediterránea.

Esa mayor fiabilidad, garantía, autosuficiencia y predictibilidad del agua regenerada es sin duda el mayor atractivo que la regeneración y la reutilización del agua tienen para satisfacer las necesidades de agua de un territorio de clima mediterráneo, tanto si se desea dedicarla a usos no potables como a usos potables.

El desarrollo de recursos de agua regenerada comporta unos costes de inversión y de explotación superiores, pero asumibles, a los de las fuentes tradicionales, tan afectadas

**El reto más importante que plantea la utilización de agua regenerada en España es asegurar una percepción correcta de esta práctica**



por la irregularidad pluviométrica actual y también la mayor población necesitada de recursos hídricos. Para avanzar en la resolución de ese dilema, conviene recordar que “el agua más cara es la que no se puede comprar, simplemente porque no está disponible”. La desalinización de aguas marinas es otra fuente alternativa de agua, que requiere la proximidad al mar y un aporte energético hasta tres veces superior al necesario para la regeneración avanzada. Este último proceso se suele designar también como “purificación” del agua, por su capacidad para producir un agua de calidad igual o superior a la de un agua de consumo humano convencional.



La reutilización de un agua usada, tras un proceso de regeneración, permite disponer de unos recursos hídricos propios, próximos a donde se han generado, suponiendo una mayor autosuficiencia y una mayor fiabilidad de suministro que las fuentes tradicionales





**Para lograr una óptima gestión de los recursos hídricos usted habla de lograr una “resiliencia del sistema” que aglutine tecnología, regulación, protección, etc. ¿Está España en el camino adecuado para lograr tales sinergias?**

España dispone de prácticamente todos los elementos necesarios para implantar los sistemas de regeneración de agua necesarios para obtener un agua utilizable en los más diversos usos, desde el riego agrícola y de jardinería hasta el uso potable indirecto (recarga de acuíferos o embalses) o potable directo (introducción en el sistema de potabilización y distribución). Prueba de ello son las instalaciones de potabilización operadas actualmente por entidades públicas y privadas de nuestra geografía que son capaces de produ-

Conviene recordar que el agua más cara es la que no se puede comprar, simplemente porque no está disponible



cir un agua potable a partir de unas captaciones de aguas superficiales cuya calidad dista en ciertos casos de ser el “agua prístina” recomendada por las normativas nacionales e internacionales como fuente para producir agua de consumo humano.

Ese distanciamiento de la condición de aguas prístinas es especialmente frecuente en las partes bajas de las cuencas de nuestros ríos, cerca de su desembocadura, por ser donde se acumulan los diversos vertidos que se han realizado al cauce del río en zonas aguas arriba de su cuenca. Son precisamente en esas zonas costeras donde la opción de regenerar las aguas usadas adquiere su mayor interés, en cuanto que su reutilización no compromete los derechos de los usuarios situados aguas abajo, por ser el vertido al mar el destino general de esos efluentes depurados.

El factor determinante de que la regeneración y la reutilización del agua no haya alcanzado un desarrollo y una implantación similares a las de otros territorios de clima mediterráneo es la concepción limitada de lo que significa una gestión integrada de los recursos, junto con la falta de una voluntad política de hacer de la regeneración y la reutilización del agua un elemento básico de la gestión de los recursos hídricos. Disponer de tecnologías es una condición necesaria, pero no suficiente para implantar la reutilización del agua; es imprescindible disponer de la voluntad política de conjuntarla con los demás factores de la gestión integrada. Esa voluntad política se ha manifestado, en estados pioneros como California, mediante la elaboración coordinada entre administraciones y usuarios de las normativas correspondientes y la realización de campañas demostrativas de la capacidad de los proyectos de regeneración y reutilización del agua para proteger la salud pública y ambiental. Los recientes episodios de intensa sequía registrados en California, similares a los que todavía estamos registrando en nuestras latitudes, están propiciado unas inversiones en el sur de California de unos 30.000 millones de dólares para dotar a sus 24 millones de habitantes con recursos hídricos fiables, locales, autosuficientes e insensibles a la irregularidad pluviométrica de su territorio.

### ¿Cuál es la capacidad actual de producción y distribución de agua regenerada en España?

La limitada capacidad informativa, sistemática y regular, de los proyectos de reutilización activos en nuestros territorios, junto con la consideración de "reutilización del agua" de actividades que son, en definitiva, mejoras de la calidad de los vertidos al medio natural, dificulta valorar con precisión tanto la capacidad de nuestras instalaciones para regenerar agua como los volúmenes de agua regenerada y utilizada anualmente por los más diversos proyectos operativos en nuestros territorios.

Entidades públicas como ESAMUR en Murcia publica en su página web la reutilización de 115,6 hm<sup>3</sup>/año de agua regenerada para riego agrícola, un vertido a río de 1,3 hm<sup>3</sup>/año de agua regenerada y un vertido al mar de 4,0 hm<sup>3</sup> anuales de agua regenerada. Todo ello representa una reutilización (directa e indirecta) de 117 hm<sup>3</sup>/año, equivalente a un 97 % de los efluentes depurados y regenerados anualmente.

Otro ejemplo destacado de comunicación consolidada del agua regenerada lo ofrece el Consorci d'Aigües Costa Brava Girona (CACBGI) con 3,3 hm<sup>3</sup>/año de agua regenerada, lo que representa un 11,5 % de los 28,6 hm<sup>3</sup>/año de sus efluentes depurados. La Agencia Catalana del Agua indica que la reutilización del agua en Catalunya ha alcanzado unos 50 hm<sup>3</sup> anualmente, a lo que está contribuyendo significativamente la recarga potable indirecta del río Llobregat con agua regenerada que se está realizando a 8,5 km aguas arriba de Sant Joan Despí, punto de captación para la producción de agua de consumo humano.

La estación regeneradora de agua de El Camp de Tarragona permite la "purificación" de más de 6 hm<sup>3</sup>/año de agua para usos industriales en el polígono petroquímico. Esta agua purificada tiene una conductividad eléctrica inferior a 20 µS/cm, valor muy próximo al de un agua destilada y sin duda próxima a los límites más estrictos aplicables al agua de consumo humano.

Esas limitaciones prácticas para documentar con precisión y regularidad los caudales regenerados y utilizados para diversos usos es aplicable a muchos otros territorios, y suelen estar propiciadas por la ausencia de un requisito normativo que obligue a hacerlo.

### Europa aprobó el pasado año un reglamento sobre requisitos mínimos para la reutilización del agua. ¿Qué supone para el sector esta nueva figura?

El Reglamento UE 2020/741, del Parlamento europeo y del Consejo de 25 de mayo de 2020, hace referencia exclusiva-



El factor determinante de que la reutilización del agua no haya alcanzado un desarrollo similar a las de otros territorios mediterráneos es la concepción limitada de lo que significa una gestión integrada de los recursos, junto con la falta de voluntad política





La limitada capacidad informativa de los proyectos de reutilización activos en nuestros territorios dificulta valorar con precisión tanto la capacidad de nuestras instalaciones como los volúmenes de agua regenerada y utilizada anualmente en nuestros territorios



mente a los requisitos mínimos para la reutilización del agua para “garantizar que las aguas regeneradas sean seguras para el riego agrícola”.

El Reglamento, que entrará en vigor el 26 de junio próximo, representa un reto y un acicate de progreso para el sector de la regeneración y la reutilización del agua para usos agrícolas, en razón de 1) los límites de calidad del agua regenerada (ligeramente más restrictivos que los indicados por el RD 1620/2007), 2) el proceso técnico requerido para valorar la eficacia de las instalaciones de regeneración y 3) una operación de las instalaciones ateniéndose a un Plan de Gestión de Riesgos que asegure el cumplimiento de las previsiones

normativas de calidad, tanto durante las más diversas incidencias que pueda experimentar el afluente de la estación de regeneración como durante el funcionamiento del proceso de regeneración.

**¿Echan en falta un marco legislativo más actualizado para España?, ¿Cuáles son las principales exigencias del sector?**

La aprobación del RD 1620/2007 para la reutilización del agua en España significó un gran paso adelante en la gestión de este recurso nuevo, alternativo o no convencional,



Hemos de ser más coherentes con el precepto de que “quien contamina paga”, y por tanto pagar lo suficiente para hacer que el agua resultante tenga una calidad similar o incluso mejor que el agua utilizada inicialmente



en un momento en que pocos países disponían de normativa aplicable. Aunque los contenidos del RD 1620/2007 habían sido precedidos de numerosos años de debates, fue la intensa sequía de los años 2007-09 la que propició su aprobación definitiva. La experiencia acumulada desde entonces por las numerosas entidades públicas y privadas dedicadas a la regeneración del agua debería haber permitido una mejora progresiva de la normativa aprobada en 2007. Aunque las propuestas de revisión y mejora del texto inicial han sido numerosas, enmarcadas por los retos que la regeneración presentaba a los operadores de las EDAR, el texto del RD 1620/2007 ha permanecido inalterado, hasta su reciente modificación por la entrada en vigor del Reglamento UE 2020/741. Aunque se han identificado un buen número de facetas a mejorar, han sido muy limitados los avances normativos, especialmente en la gestión administrativa de los derechos al agua, la mejora de la calidad de los efluentes depurados y las exigencias técnicas para producir un agua regenerada de una gran calidad microbiológica. Al final, ha sido un Reglamento de ámbito europeo el que ha venido a regular la regeneración y la reutilización del agua, aunque únicamente para uso agrícola. Una nueva norma que habrá de ayudarnos a avanzar en los mismos retos que hemos encontrado en la aplicación del RD 1620/2007.

El progreso en la reutilización del agua, tanto para el riego agrícola y de jardinería como para los usos potables indirecto y directo, vendrá favorecido por 1) un mayor control de las fuentes de contaminación (evitando que ciertos contaminantes difíciles de retirar por las EDAR convencionales lleguen a las EDAR), 2) unos procesos de depuración en las EDAR que aseguren una calidad superior a la mínima requerida por las normas aplicables (la Directiva que sustituirá a la 91/271) y



3) unos procesos de regeneración fiables y eficaces que permitan producir un agua regenerada de calidad cada vez más próxima a la del agua de consumo humano, al menos en sus propiedades microbiológicas. Es evidente que el coste de todos estos procesos, incluida la energía necesaria para hacerlos funcionar, hará aumentar el coste del agua producida. Pero conviene recordar que la escasez que registramos cada vez con más frecuencia es precisamente “escasez de agua barata, de la disponible en las fuentes naturales tradicionales”. Hemos de ser más coherentes con el precepto de que “quien contamina paga”, y por tanto pagar lo suficiente para hacer que el agua depurada tenga una calidad similar o incluso mejor que el agua utilizada inicialmente.



La gestión de los recursos hídricos en zonas de irregularidad pluviométrica como las mediterráneas habrá de contar inevitablemente con la aportación de aguas regeneradas aptas para los más diversos usos





### ¿Hacia dónde debemos mirar para avanzar en esta materia?

En primer lugar convendrá aplicar mayores limitaciones para los contaminantes presentes en los vertidos a la red de saneamiento, a fin de evitar la introducción de sustancias difíciles de degradar o eliminar en las EDAR, a la vez que potenciar una mayor calidad para los efluentes depurados, pasando de la estrategia de cumplir con los límites máximos de contaminación tolerados por las normativas a una estrategia más vanguardista que requiera producir unos efluentes depurados con unas concentraciones mínimas de contaminantes. En definitiva, los procesos de depuración habrán de obtener unos efluentes de mayor calidad que los actuales, con objeto de promover la protección de los medios receptores y potenciar la utilización de esos efluentes como materia prima de los procesos de regeneración que convenga instalar a continuación.

Otras motivaciones que ya están propiciando ese cambio es la reducción de la huella de carbono de los procesos de depuración y sobre todo la recuperación de fuentes de energía como el biometano obtenido por la digestión anaer-

robica de los subproductos biológicos de la depuración, que hasta hace poco tiempo se desaprovechaban. Llegará un momento que el incentivo por obtener un efluente depurado de gran calidad sea similar al de recuperar toda la energía contenida en los subproductos de la depuración. A fin de cuentas, la energía puede obtenerse de muy diversas fuentes, mientras que el agua tiene un ámbito más restringido de disponibilidad.

En segundo lugar, convendrá promover la implantación de procesos de regeneración más eficaces, capaces de asegurar la producción de un agua regenerada de gran calidad, siguiendo unos protocolos de control de las instalaciones y de gestión de riesgos como los que se utilizan en los procesos de depuración y sobre todo de potabilización. La gestión de los recursos hídricos en zonas de irregularidad pluviométrica como las mediterráneas habrá de contar inevitablemente con la aportación de aguas regeneradas aptas para los más diversos usos, desde el riego agrícola y de jardinería, hasta la reutilización potable indirecta e incluso directa.

Por último, convendrá valorar e inspirarse en las iniciativas similares que se vienen implantando en otros territorios

desde hace décadas, especialmente con clima mediterráneo como Namibia y California, para resolver unos retos hidrológicos similares a los que venimos registrando en la región mediterránea en estos momentos.

**¿Qué estrategias se están implementando para mejorar la eficiencia energética de los sistemas de tratamiento de agua regenerada? A nivel tecnológico, ¿Cuáles son las soluciones más punteras con las que se está trabajando?, ¿Qué papel juegan la eficiencia energética y la digitalización de los procesos en el crecimiento del sector?**

La retirada de las sustancias contaminantes incorporadas al agua durante sus más diversos usos se hace normalmente en etapas sucesivas y complementarias. En primer lugar, la forma más efectiva de hacerlo es suprimir su incorporación a la red de saneamiento (la mejor forma de descontaminar un agua es evitar que se contamine); en segundo lugar, mediante los procesos de depuración realizados en las EDAR y, en tercer lugar, mediante los procesos denominados de regeneración y de purificación.

Un principio básico de todos esos procesos de “separación” o de “eliminación” de las sustancias contenidas en un agua es iniciar los procesos con aguas que tienen las concentraciones más altas de contaminantes, y dejar que sean las técnicas más exigentes las utilizadas para retirar las últimas

trazas de esas sustancias. En definitiva, intensificar la eficacia de los procesos de depuración en las EDAR, y dejar que sean las estaciones de regeneración las que retiren las últimas trazas de sustancias presentes en el agua.

Entre las opciones tecnológicas más efectivas para realizar la regeneración y la purificación del agua figuran la filtración con membranas de ósmosis inversa (similares a las utilizadas para la desalinización de agua de mar) y la absorción con carbón activado (con participación de procesos biológicos, en formato granular o en polvo).

El consumo energético de los procesos de regeneración avanzada (purificación) del agua en grandes instalaciones se sitúa en 1,2 kWh/m<sup>3</sup>. Esos mismos procesos, pero utilizados para producir agua desalinizada a partir de agua de mar (con un contenido superior a 30 g/L de sales) se sitúa entre 3,5 kWh/m<sup>3</sup> y 4,0 kWh/m<sup>3</sup>. El coste de producción de un agua purificada potable en Orange County se sitúa actualmente en 0,55 \$/m<sup>3</sup>, mientras que el agua desalinizada en la ciudad próxima de San Diego, mediante un contrato de explotación de 30 años con una entidad privada, se factura a 1,5 \$/m<sup>3</sup>, un valor muy similar al adoptado en los presupuestos de las instalaciones de desalinización de nuestras costas mediterráneas.

La incorporación de energías renovables para el funcionamiento tanto de las instalaciones de purificación de agua como de desalinización de agua de mar constituye una exigencia inevitable para asegurar la fiabilidad de suministro energético y la estabilidad de sus precios.

**¿Cuáles son los desafíos técnicos más relevantes hoy en día para el uso de agua regenerada en España y cómo se están abordando?**

El reto más importante que plantea la utilización de agua regenerada en España es asegurar que el público y los usuarios tengan una percepción correcta de esa práctica y estén dispuestos a aceptarla para los más diversos usos. Es en definitiva un desafío de comunicación, mucho más que de tecnología, para cuya solución se requerirá la participación activa de las administraciones y las entidades públicas en una doble faceta: 1) establecer unas normas pragmáticas y realistas para la operatividad de las instalaciones y la calidad del agua regenerada que aseguren la protección de la salud pública y el medio ambiente y 2) promover el conocimiento, la documentación y el apoyo de los proyectos de regeneración ejemplares que estén funcionando.

La reutilización potable del agua, especialmente de forma directa, está prohibida por la normativa española, salvo en casos de emergencia y excepcionales. No obstante, la disponibilidad de normas de calidad (RD 3/2023) para el agua

La incorporación de energías renovables para el funcionamiento tanto de las instalaciones de purificación de agua como de desalinización de agua de mar constituye una exigencia inevitable para asegurar la fiabilidad de suministro energético y la estabilidad de sus precios



## La recarga planificada del río Llobregat, o la recarga planificada del acuífero potable del Orange County en California son dos ejemplos ilustrativos del potencial que ofrece la reutilización potable indirecta para la gestión de los recursos hídricos



de consumo humano, de sistemas tecnológicos para producir agua de la calidad requerida y de “tampones ambientales” o “sistemas de naturalización de aguas regeneradas”, como son los ríos, acuíferos o embalses, deberían permitir la reutilización potable indirecta, en un futuro no muy lejano. La recarga planificada del río Llobregat en un punto del cauce aguas arriba de la captación para la producción de agua potable, y la recarga planificada del acuífero potable del Orange County en California son dos ejemplos ilustrativos del potencial que ofrece la reutilización potable indirecta para la gestión de los recursos hídricos.

### **La regeneración de agua se erige como pilar fundamental para garantizar la seguridad hídrica en el futuro, ¿Qué incentivos está recibiendo el sector para su expansión?, ¿Identifican mayor aceptación ciudadana?**

La necesidad imperiosa de agua causada por las sequías intensas y prolongadas que nos vienen afectando ha pasado a ser el mayor incentivo para que los gestores de los recursos hídricos recurran a estrategias no convencionales como la regeneración del agua y la desalinización de aguas marinas. Las restricciones e incluso la falta de suministro causadas por las sequías han propiciado el recurso al agua regenerada y el agua desalinizada, con mucha más determinación y urgencia que la anticipada por los estudios de prospectiva que las entidades públicas de gestión de los recursos han venido haciendo desde hace décadas.

Una notable distinción entre la opción de regenerar agua y la de desalinizar agua marina es que, mientras la segunda está legitimada por el ordenamiento normativo de la práctica totalidad de países, de acuerdo con sus normas de

calidad del agua de consumo humano, la primera está pendiente en muchos países de ser regulada normativamente y aceptada tanto por las autoridades de salud pública y recursos hídricos como los usuarios y el público en general. Solo en unos pocos lugares del mundo está siendo implantada con éxito y goza de una amplia aceptación del público y los usuarios, hasta ser considerada una forma cotidiana de gestión de los recursos.

Ninguna de esas dos estrategias de gestión puede implantarse de forma inmediata, al requerir una planificación detallada tanto de su diseño técnico como de su operatividad, sus dotaciones, sus fuentes de energía y sus presupuestos y formas de financiación. El marco de referencia en el que llevar a cabo esas tomas de decisiones incluye 1) las restricciones y falta de agua (extremas para ciertos usos, incluidos los ambientales) que las sequías están imponiendo e impondrán en futuros episodios, 2) las dotaciones y las fuentes de energía necesarias para su operatividad, con un énfasis especial en la utilización de energías renovables, 3) la aprobación de normas de calidad y de explotación de las instalaciones que aseguren la protección de la salud pública y el medio ambiente y 4) las campañas institucionales de comunicación y apoyo destinadas a conseguir una correcta percepción de esas alternativas por parte de los usuarios y el público así como de su aceptación como nuevas fuentes de agua.

Tanto los registros históricos como los datos más recientes sobre la frecuencia de los episodios de sequía en las latitudes de la región mediterránea son cada vez mejor conocidos e indican que seguirán produciéndose inevitablemente. Por otra parte, los otros tres elementos del marco de referencia seguirán quedando a la discreción de las entidades gestoras de los recursos hídricos, los usuarios del agua y el público en general.

## 4 claves sobre la regeneración y reutilización de agua

**1** La mayor irregularidad pluviométrica de la región mediterránea está ocasionando unos episodios de sequía más intensos, prolongados y frecuentes que los registrados en el pasado, con lo que ello significa de menor fiabilidad de los abastecimientos de agua para los más diversos usos. Las restricciones de uso y los cortes de suministro están ocasionando considerables perjuicios sociales, económicos y ambientales. El ahorro y el uso eficiente de los recursos disponibles permite una mejora de la resiliencia, aunque sin aportar recursos adicionales. El aumento de nuestra capacidad hidrológica superficial o subterránea (acumulación en momentos de abundancia para su uso en momentos de escasez) y la utilización de fuentes no convencionales de agua, como el agua regenerada y el agua desalinizada, permiten contrarrestar los efectos desfavorables de esa mayor irregularidad pluviométrica.

**2** La regeneración planificada del agua, mediante procesos tecnificados, rápidos e intensos, ofrece una estrategia efectiva para mejorar la disponibilidad de agua, de forma fiable y local, para los más diversos usos. Los principios aplicables a la regeneración del agua son los mismos que ya se aplican para reducir las aportaciones de contaminantes a las redes de saneamiento, para depurar las aguas usadas y para potabilizar las aguas captadas de nuestros ríos. No obstante, la regeneración del agua para usos no potables y especialmente los potables, comporta unos niveles de tratamiento (depuración y regeneración) superiores a los aplicados cuando solo se trata de

proteger los medios receptores ante el vertido de efluentes depurados. Aunque la reutilización del agua en zonas geográficas interiores no aporta recursos hídricos adicionales, sí permite una mejor gestión y uso de los recursos disponibles. La reutilización genera un aumento neto de recursos cuando se realiza en las zonas costeras, al evitar que las aguas dulces usadas se viertan al medio marino.

**3** La regeneración y la reutilización del agua han estado motivadas principalmente por las sequías que han afectado a territorios de clima árido y semi-árido, como los de latitudes similares a la región mediterránea. Muchos de esos proyectos han sido impulsados por el espíritu vanguardista y visionario local, y los deseos de mejorar la autosuficiencia. Entre las claves del progreso de la reutilización figuran su compromiso por producir un agua regenerada de gran calidad, documentarla mediante proyectos de demostración y conseguir la complicidad de los usuarios con sus logros. En California, esa actitud proactiva local permitió motivar a las autoridades de salud pública y de recursos hídricos para que fueran más allá del criterio tradicional establecido en los años 1860 en Inglaterra, consistente en requerir que los abastecimientos de agua deban iniciarse en zonas de los ríos no afectadas por vertidos contaminantes. Esa colaboración estrecha y continuada entre reguladores y usuarios del agua ha permitido a las autoridades sanitarias y de recursos hídricos californianas avanzar en una fase vanguardista de la gestión de los recursos hídricos, acorde con la demografía, la climatología, los usos del agua y la protección ambiental propias del siglo XXI.

**4** Los estudios, investigaciones y proyectos sobre regeneración y reutilización del agua llevados a cabo durante las últimas décadas han permitido disponer de amplios conocimientos científicos y técnicos sobre el tratamiento del agua, las alternativas tecnológicas para realizar la regeneración y los modelos económicos, financieros y de gestión para implantarla. Disponemos de referentes normativos sobre la calidad del agua regenerada para los más diversos usos, tanto no potables como potables, en forma de normas establecidas por países pioneros y vanguardistas en este campo, de Directivas para el agua de consumo humano, de requisitos de calidad para usos industriales y de rangos de calidad de aguas superficiales comúnmente utilizadas para riego agrícola y jardinería. Mientras que los proyectos de reutilización para usos no potables, especialmente riego agrícola y de jardinería han adquirido una extensa aplicación, los de reutilización potable comienzan a destacar en territorios como Namibia y California, e incluso en la cuenca baja del río Llobregat, afectados por intensos episodios de sequía. En resumen, disponemos de conocimientos, experiencia y medios con los que impulsar la reutilización planificada para usos potables, especialmente indirectos, de forma tecnificada, sistemática, proactiva, visionaria y vanguardista. Territorios menos afectados por las sequías, como el centro y norte de Europa, tendrán una motivación muy limitada por adoptarla hasta que sus recursos hídricos puedan verse afectados por la irregularidad pluviométrica que nos afecta en las regiones mediterráneas. ●



# Reutilización potable indirecta en Barcelona

Durante el último trienio las cuencas internas de Cataluña se han visto impactadas por una intensa sequía hidrológica que ha llevado al desarrollo de diferentes medidas, entre las que destaca la aportación de agua regenerada al río Llobregat aguas arriba de la potabilizadora de Sant Joan Despí.



Jordi Molist y Antoni Munné  
AGENCIA CATALANA DEL AGUA | [www.aca.gencat.cat](http://www.aca.gencat.cat)





**D**esde hace casi tres años, las cuencas internas de Cataluña están experimentando una grave sequía hidrológica, inédita por su persistencia. La gestión de este episodio incluye medidas de limitación de consumos y de aportación de recursos alternativos, que se han ido intensificando gradualmente según lo establecido en el Plan Especial de Sequía (PES) de la demarcación [1]. Entre los recursos complementarios utilizados, la desalación de agua marina y la reutilización desempeñan un papel destacado, incluyendo en la última etapa la reutilización potable indirecta.

En noviembre de 2022 se puso en marcha la aportación de agua regenerada al río Llobregat ocho kilómetros aguas arriba de la potabilizadora

de Sant Joan Despí. Se trata de una medida prevista en el PES para situaciones de escasez excepcional, cuya implementación empezó a prepararse durante la sequía del 2008. En este artículo recorreremos brevemente las diferentes etapas de esta iniciativa.

### **INSTALACIONES DE REGENERACIÓN Y POTABILIZACIÓN**

La depuradora del Prat de Llobregat trata un promedio de 3 m<sup>3</sup>/s, que supone un 35% del agua residual que se genera en el Área Metropolitana de Barcelona. Se trata de una depuradora biológica con capacidad para reducir nutrientes, que está equipada con una estación de regeneración de

agua. El proceso de regeneración incluye una coagulación-floculación y una decantación lamelar lastrada, seguidas de una filtración mediante microtamices (10 µm) y una desinfección combinada mediante radiación ultravioleta (50 mJ/cm<sup>2</sup>), y opcionalmente hipoclorito sódico.

El efluente de esta depuradora se reutiliza en su práctica totalidad de forma continua. Sin embargo, el uso del agua regenerada varía en función de la situación hidrológica. En condiciones normales, se utiliza principalmente para mantener el caudal ecológico en el tramo final del río Llobregat, por debajo de la toma de agua de la ETAP de Sant Joan Despí, evitando así la necesidad de liberar agua adicional de los embalses para este propósito. Además, una pequeña parte del agua regenerada (hasta 15.000 m<sup>3</sup>/día en función de las necesidades) se somete a un tratamiento adicional de membranas y se inyecta en el acuífero profundo [3].

En situaciones de escasez, el PES determina una reducción del caudal ecológico en el tramo final del Llobregat. En este momento, parte del agua regenerada pasa a destinarse al riego agrícola del Delta del Llobregat, sustituyendo así su captación del río. Si la sequía empeora, se incrementa la aportación de agua regenerada, que se incorpora al río Llobregat por encima de la captación de la ETAP de Sant Joan Despí (Fig. 1), lo que se conoce como reutilización potable indirecta (RPI).

La RPI consiste en el bombeo de agua regenerada al río Llobregat, ocho kilómetros aguas arriba de la planta potabilizadora. El agua regenerada se mezcla con el caudal del río Llobregat y se capta aguas abajo para ser potabilizada. La planta potabilizadora cuenta con dos líneas de tratamiento avanzado, que operan en paralelo. Después de una etapa inicial

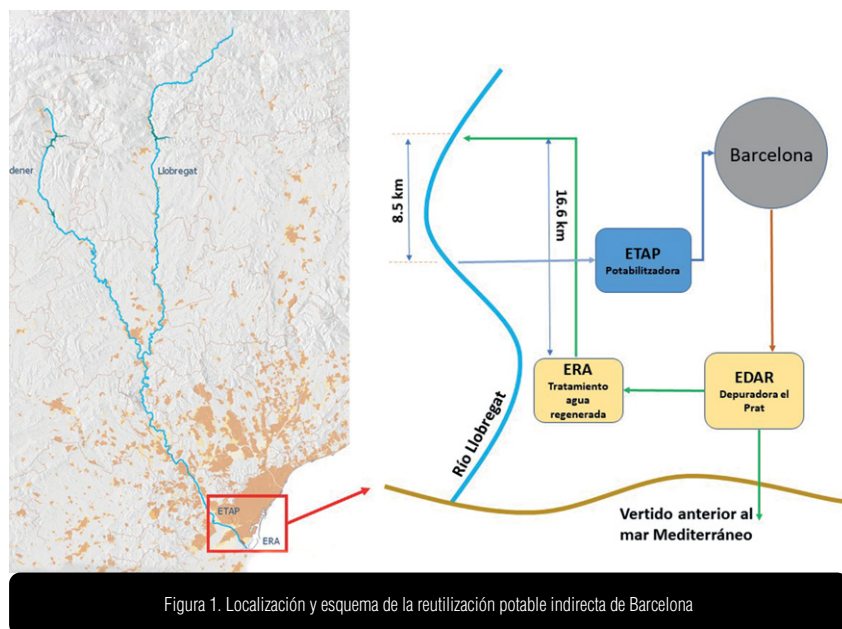


Figura 1. Localización y esquema de la reutilización potable indirecta de Barcelona

común a ambos tratamientos (que incluye desarenado, preoxidación con dióxido de cloro, floculación, decantación y filtración con arena), el agua se divide en dos líneas independientes: por un lado, el tratamiento de ozono y filtración con carbón activo y, por el otro, el tratamiento de ultrafiltración y ósmosis inversa. Finalmente, el agua de ambas líneas se mezcla, se clora y se distribuye.

### LA CONSTITUCIÓN DEL GRUPO DE TRABAJO Y ASESORAMIENTO EXPERTO

La implantación de esta iniciativa se inició en 2017, en base a la experiencia obtenida en 2008 [2], en anticipación de futuros episodios de sequía. El primer paso fue la creación de un grupo de trabajo, que incluyó a técnicos de la administración hidráulica (*Agència Catalana de l'Aigua, ACA*),

de la administración sanitaria (*Departament de Salut*), de la administración local (*Àrea Metropolitana de Barcelona, AMB*) y del operador del ciclo integral (*Aigües de Barcelona*). Bajo la coordinación de la ACA, este grupo ha planificado todas las etapas del proyecto de manera consensuada, manteniendo reuniones mensuales para analizar los resultados obtenidos. La implicación de las tres administraciones con competencias en la materia y la mutua comprensión de sus diferentes perspectivas ha sido un factor crucial para la viabilidad de este proyecto.

En 2018 se estableció un Panel Científico Asesor constituido por destacados expertos en diferentes disciplinas (química ambiental, técnicas analíticas, toxicología, microbiología, limnología, reutilización y potabilización del agua y comunicación ambiental). Este Panel ha brindado un apoyo muy valioso al grupo de trabajo.

### UNA METODOLOGÍA PARA ASEGURAR LA CALIDAD

El aspecto más innovador de este proyecto ha sido la elaboración de una metodología para salvaguar-

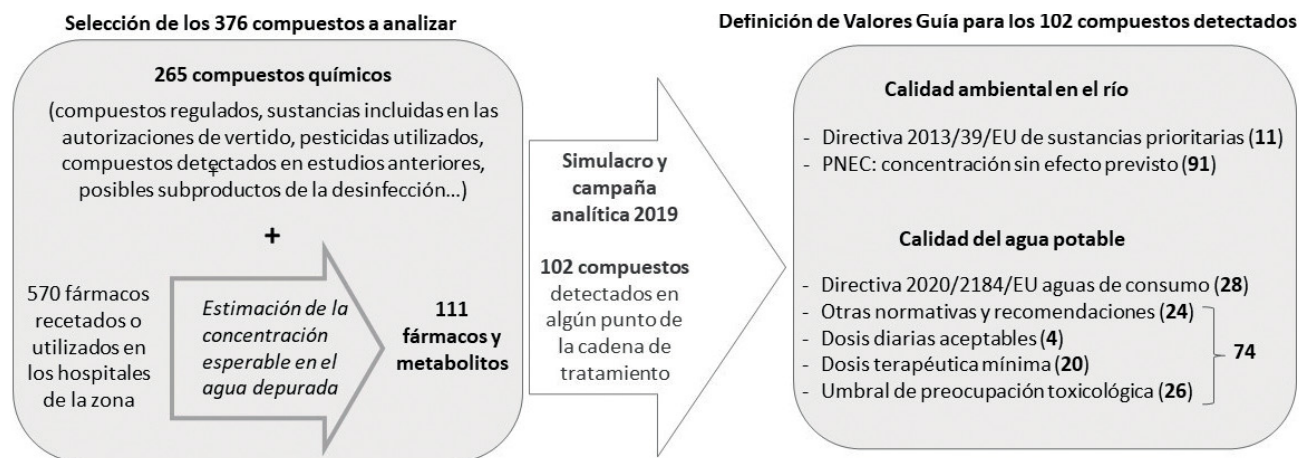


Figura 2. Metodología de selección de compuestos químicos y establecimiento de valores guía para asegurar la calidad

dar la seguridad del proceso, tanto por lo que respecta a la calidad del agua de consumo como a los efectos ambientales del retorno de agua regenerada en el río Llobregat. Esta verificación no se limitó únicamente a la comprobación del cumplimiento de las normativas de calidad vigentes, sino que también se incluyeron numerosos compuestos adicionales, actualmente no regulados, que fueron seleccionados en base a un análisis de riesgo específico y según su posibilidad de estar presentes en el agua regenerada [4]. Se seleccionaron 376 compuestos químicos y 4 indicadores microbiológicos para su evaluación (Fig.2).

El siguiente paso consistió en verificar si el proceso conjunto de *depuración – regeneración – mezcla en río – potabilización* permitía reducir todos estos compuestos por debajo de los niveles seguros consensuados en el grupo de trabajo. Esta evaluación sólo podía llevarse a cabo mediante un simulacro real, dado que es la última etapa, la potabilización, la que conlleva un tratamiento más intenso. Este simulacro se realizó en los meses de junio y julio del año 2019. Aunque en aquel momento las reservas de agua estaban en una buena situación, se simuló una situación de sequía extrema restringiendo al máximo los desembalses e incorporando el efluente regenerado en el río Llobregat en diferentes diluciones (3:1, 2:1 y hasta 1:1).

Meses antes del simulacro se inició la comunicación pública del proyecto, que se ha mantenido regularmente desde entonces. La recepción general ha sido positiva, tanto por parte de los medios de comunicación como de la comunidad científica y técnica.

De los 376 compuestos seleccionados, sólo se encontraron 102 en algún punto del proceso (por encima del umbral de cuantificación), en su gran mayoría detectados en las etapas de depu-



## ESPECIALISTAS EN SOLUCIONES HIDRÁULICAS

[www.llaberiagroup.com](http://www.llaberiagroup.com)

TRATAMIENTOS DEL AGUA  
CONTRA INCENDIOS  
PISCINAS PÚBLICAS  
MEDIO AMBIENTE  
RIEGO AGRÍCOLA  
JARDINERÍA  
OBRA CIVIL  
INDUSTRIA

 +34 977 814 009

 [info@llaberiagroup.com](mailto:info@llaberiagroup.com)

Ctra. Reus Km. 8 · 43340 Montbrió del Camp · Tarragona  
P.I Agro Reus C/ Recasens i Mercadé 71 · 43206 Reus · Tarragona



El aspecto más innovador de este proyecto ha sido la elaboración de una metodología para salvaguardar la seguridad del proceso, tanto por lo que respecta a la calidad del agua de consumo como a los efectos ambientales del retorno de agua regenerada en el río Llobregat

ración y regeneración. Se iniciaba así la fase de interpretación de resultados, en la cual había que establecer valores guía para todos los compuestos detectados,

incluidos los no regulados. Este proceso fue complejo y se utilizaron diversas metodologías, como las recomendaciones de la Organización Mundial de la Salud

(OMS), normativas de otros países, dosis terapéuticas mínimas (en el caso de los fármacos), dosis diarias aceptables (para los químicos que las tienen defini-



La reutilización  
potable indirecta  
aporta hoy un 15%  
del consumo de la red  
Ter-Llobregat

de aguas de consumo, ni europea ni española, pero para el cual existe un valor guía recomendado por la OMS. Por esta razón la administración local (AMB) ha emprendido acciones con los titulares de los vertidos a la EDAR que utilizan este producto. Estas acciones todavía no han concluido, pero ya han logrado una reducción importante de este compuesto en el afluente, de manera que la concentración en el agua tratada se mantiene siempre por debajo de la recomendación de la OMS de 50 µg/L. Este ejemplo muestra la utilidad de llevar a cabo simulacros de sequía para evaluar el funcionamiento de los sistemas de abastecimiento en situaciones de estrés hídrico y anticipar posibles vulnerabilidades del sistema.

**LA SITUACIÓN EN JUNIO DE 2023: OCHO MESES DE REUTILIZACIÓN POTABLE INDIRECTA**

A finales de noviembre de 2022 se declaró el estado de alerta por sequía en el sistema Ter-Llobregat. Desde entonces, de acuerdo con el PES, la reutilización prepotable ha ido incrementándose de manera progresiva. Actualmente se retornan hasta 1.500 L/s de agua regenerada, con una di-

das) o umbrales de preocupación toxicológica (TTC) en aquellos casos donde no existían otros referentes. Para los valores guía de afección al ecosistema se utilizaron valores PNECs consultados en bibliografía. Todos estos valores guía fueron compartidos con el Panel Científico Asesor.

El resultado de este simulacro fue positivo y confirmó la viabilidad de utilizar el agua regenerada como una fuente segura de recurso prepotable [4]. También se analizó el efecto sobre las comunidades de invertebrados y peces en el río Llobregat, en base a

biomarcadores de estrés y bioindicadores del estado ecológico, detectando ligeras alteraciones en especial cuando el agua regenerada era clorada (*artículo en preparación*).

Por otra parte, los resultados obtenidos en el simulacro señalaron algunas áreas de mejora, que se han ido abordando en los años siguientes. Por ejemplo, se identificó la necesidad de reducir en origen un compuesto bastante recalcitrante al tratamiento, el 1,4-dioxano. Ese compuesto es un disolvente industrial que no está regulado en la normativa



lución promedio de 1:1 con el caudal que llega por el río.

Esta reutilización aporta hoy un 15% del consumo de la red Ter-Llobregat. Junto con la desalación marina, representan en conjunto un 35% (Fig. 3). Esto supone una contribución muy significativa y vital para alargar la duración de las

reservas embalsadas y subterráneas.

En esta etapa, el plan analítico del agua regenerada se ha focalizado en 269 compuestos prioritarios y/o emergentes (compuestos orgánicos y sus isómeros y metabolitos, metales pesados, etc.), 27 compuestos fisicoquímicos generales (nutrientes, sales, etc.)

y 12 indicadores microbiológicos o biológicos, que se analizan en diferentes puntos del proceso con frecuencias variables (diarias, semanales o bimensuales). En el agua tratada, el número de compuestos analizados es mayor. En conjunto, se realizan entre 400 y 800 determinaciones analíticas cada semana.



Las concentraciones obtenidas en el agua de consumo han sido siempre inferiores a los valores guía establecidos.

### Agradecimientos

Este proyecto ha sido posible gracias a la dedicación y el entusiasmo de los

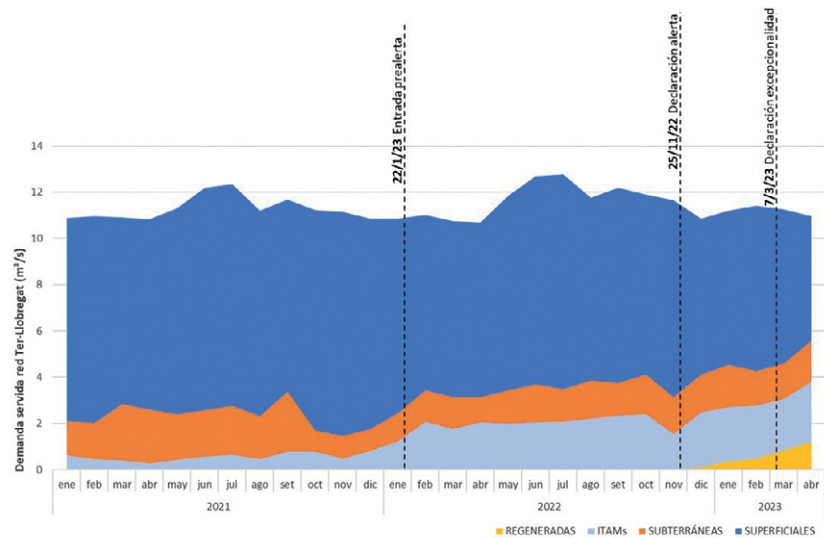


Figura 3. Origen de los recursos utilizados en la red de abastecimiento Ter-Llobregat

miembros del grupo de trabajo, que ha incorporado a los autores del presente artículo y a otros técnicos de la Agencia Catalana del Agua (Pau Comas, Sebastià Datzira, José Luis Jurado, Josep Sanchís, Carolina Solà y Enrique Velasco), del Departamento de Salud de la Generalitat de Catalunya (Anna Belver, Irene Corbella, Xavier Costas, Pere Serra y Pilar Veciana), de la Área Metropolitana de Barcelona (Mercè Aceves, Fernando Cabello, Maria Indurain y Francisco Salguero) y de Aguas de Barcelona (Maria Rosa Boleda, Belen Galofré, Marta Ganzer, Jordi Fontana, José Mesa, Miquel Paraira y Àngels Vidal).

También ha sido esencial la colaboración altruista de los miembros del Panel Científico Asesor, integrado por Antoni Ginebreda (IDAEA-CSIC), Damià Barceló (ICRA & IDAEA-CSIC), Francisco Lucena (MARS-IdRA-UB), Irene Jubany (CTM-EURECAT), Jesús Gómez-Catalan (GRET-UB), Joan Jofre (MARS-IdRA-UB), Josep Caixach (IDAEA-CSIC), Lluís Reales (BTV), Narcís Prat (FEHM-IdRA-UB), Rafael Mujeriego (UPC), Wolfgang Gernjak (ICRA, ICREA) y Xavier Martínez-Lladó (CTM-EURECAT).

### REFERENCIAS

- [1] Plan especial de actuación en situación de alerta y eventual sequía, aprobado por ACUERDO GOV/1/2020, de 8 de enero. (<https://dogc.gencat.cat/es/document-del-dogc/?document-tld=865417>).
- [2] López-Serna, R., Postigo, C., Blanco, J., Pérez, S., Ginebreda, A., López de Alda, M., Petrović, M., Munné, A., Barceló, D., 2012. Assessing the effects of tertiary treated wastewater reuse on the presence emerging contaminants in a Mediterranean river (Llobregat, NE Spain). *Environ. Sci. Pollut. Res.* 19, 1000–1012. <https://doi.org/10.1007/s11356-011-0596-z>.
- [3] Ortuño Govern, F. et al., 2009. La barrera hidráulica contra la intrusión marina y la recarga artificial en el acuífero del Llobregat (Barcelona, España). *Boletín Geológico y Minero*, 120 (2): 235-250. [https://www.igme.es/boletín/2009/120\\_2\\_2009/235-250.pdf](https://www.igme.es/boletín/2009/120_2_2009/235-250.pdf).
- [4] Munné, A., Solà, C., Ejarque, E., Sanchís, J., Serra, P., Corbella, I., Aceves, M., Galofré, B., Boleda, M.R., Paraira, M., Molist, J. (2023). Indirect potable water reuse to face drought events in Barcelona city. Setting a monitoring procedure to protect aquatic ecosystems and to ensure a safe drinking water supply. *Science of The Total Environment*, 866, 161339. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2022.161339>. ●





REPORTAJE

---

# Un tesoro líquido:

## el estrecho vínculo entre la economía y el agua

En el vasto panorama de desafíos globales, sólo la disponibilidad y calidad del agua, su buena gestión y sostenibilidad determinarán el futuro y la estabilidad económica de nuestras sociedades a escala local, nacional y global

---

 Griselda Romero

**E**n un mundo cada vez más interconectado, donde los desafíos económicos y ambientales convergen, existe un recurso preciado que se alza como eje fundamental de nuestra supervivencia y prosperidad: el agua. Sin embargo, a medida que la economía global se expande y las necesidades de desarrollo se multiplican, la escasez de agua se cierne como una amenaza inminente. En este reportaje, profundizamos en el estrecho - pero frágil - vínculo que existe entre la economía y el agua, los retos que enfrentaremos a nivel global y las previsiones para el futuro.

El agua es uno de los principales indicadores de desarrollo económico de un país y el bienestar humano en todas sus dimensiones. No solo es esencial para la vida y la supervivencia; sino que además, mantiene vínculos complejos con prácticamente todos los sectores productivos, tratándose de un insumo clave para la producción de bienes, tanto primarios (agricultura y ganadería) como industriales. Incluso sectores terciarizados o de servicios, que podrían aparentar ser menos dependientes de la base de recursos naturales, como el turismo o la digitalización, tienen una



El agua no solo marca la pobreza, sino que también fomenta los movimientos migratorios y los conflictos

dependencia hacia el agua absolutamente crítica.

Con palabras del presidente del Foro de la Economía del Agua, Francisco Lombardo, “un suministro de agua insuficiente o irregular afecta de manera cuantitativa y cualitativa al empleo, merma la producción y compromete la estabilidad financiera, lo que repercute de manera directa en los consumidores finales”. El experto aporta cifras de la UNESCO, que revelan que el 78% de los puestos de trabajo a nivel mundial tienen una vinculación directa con el agua. Por su

parte, desde el Banco Mundial apuntan que, si se mantiene el crecimiento demográfico y las actuales prácticas de gestión del agua, en 2030 el mundo tendrá un déficit del 40% entre la demanda y el suministro de agua, lo que podrá suponer una reducción de hasta el 6% del PIB de algunas regiones para 2050.

Esta relación directa entre el desarrollo económico y la disponibilidad y calidad del agua; se convierte en un problema de urgencia, al darnos cuenta de que en los últimos cuarenta años, mientras la población se ha duplicado,



el consumo y la extracción de agua se han multiplicado por cuatro. Si centramos la atención en la disponibilidad del agua como un factor limitante para la economía, hablamos de países que no tienen tanta agua como necesitarían. Según el proyecto "Aqueduct", del World Resources Institute, diecisiete países que corresponden a 1/4 de la población mundial, en los que la agricultura, la industria y los municipios consumen más del 80% de los recursos hídricos, sufren estrés hídrico extremo. Este es el caso de gigantes demográficos, como India, o países

en conflicto, como Siria, Libia, Yemen, Afganistán o Irak.

También en este sentido, Lombardo destaca el cuerno de África, "donde las reiteradas y severas sequías han afectado de manera directa a la economía y al desarrollo de países como Somalia, Etiopía y Kenia, provocando que muchos de sus habitantes hayan tenido que desplazarse desde sus lugares de origen". ACNUR cifra en 20 millones el número de refugiados climáticos, lo que da cuenta que el agua "no solo marca la pobreza, sino que también fomenta los movimientos migratorios y los conflictos".

Países como Israel o España han convertido la necesidad en virtud, enfrentándose a la escasez de agua, desarrollando métodos para aumentar la eficiencia y buscando fuentes alternativas.

Por tanto, existe también correlación entre eventos extremos y datos económicos. Los más recientes a los que tenemos acceso aseguran, que entre 1998 y 2017, las sequías provocaron pérdidas económicas globales que ascendieron a aproximadamente 124 mil millones de dólares (119.000 millones de euros). "Si el calentamiento global alcanza los 3 grados Celsius para el año 2100, tal como se ha pronosticado, las pérdidas causadas podrían ser cinco veces más altas de lo que son hoy", advierte el presidente del Foro de la Economía del Agua.

Sin embargo, existen otras regiones que, pese a estar emplazadas en zonas desérticas, han conseguido ser ejemplo a nivel global de la gestión de agua, gracias a sus políticas de gobernanza, explica el experto, y ejemplifica con el caso de países como Israel, que en pocos años ha pasado de ser un país con graves problemas de abastecimiento a lograr tener suficiente agua para una población en constante cre-



cimiento; o España, con regiones tan áridas como Almería o Murcia, cuyos modelos de gestión de abastecimiento posibilitan que sean acreedoras de la huerta de Europa, “han convertido la necesidad en virtud”, enfrentándose a la escasez, desarrollando métodos para aumentar la eficiencia y buscando fuentes alternativas de agua.

Pero no hemos de atender únicamente a la falta de agua, también es un problema el exceso de cantidad que enfrentan algunos países como Bangladesh, Vietnam, Indonesia o Tailandia, debido en gran parte a fenómenos meteorológicos extremos como la su-

bida del nivel del mar o las inundaciones. El último informe del CDP revela que, al año, más de quince mil millones de dólares se pierden como resultado de estos riesgos climáticos.

### DESAFÍOS ECONÓMICOS EN MATERIA DE AGUA

En un contexto de emergencia climática y recursos limitados, existen numerosos desafíos económicos relacionados con el agua que debemos enfrentar a nivel global. El primero tiene que ver con la necesidad de desacoplar y desvincular el crecimiento de

la actividad económica, el empleo y los procesos de desarrollo en su conjunto de la extracción de agua. El resto consiste en hacer cosas parecidas a las que hacemos, pero utilizando menos agua, lo que implica necesariamente avanzar en la eficiencia en el uso, sobre todo en la agricultura, un sector responsable de más del 70% de las extracciones a nivel global. Debemos reflexionar sobre la vocación productiva de nuestros territorios, dando prioridad a los sectores más eficientes o menos intensivos en el uso del agua.

Francisco Lombardo considera que los grandes retos económicos son



“tener un gasto eficiente y financiar la inversión”. Según detalla el Informe Mundial de las Naciones Unidas sobre el Desarrollo de los Recursos Hídricos 2023, de manera tradicional las inversiones realizadas con el agua se han financiado con presupuestos públicos, incluidas las transferencias internacionales, y con las contribuciones de los usuarios del agua. La Ayuda Oficial al Desarrollo (AOD) para el agua ha aumentado de forma constante desde comienzos del 2000; sin embargo, en comparación con otros sectores, estos fondos representan solo una pequeña parte de la AOD to-

tal, pues de 2016 a 2020 se destinó al agua menos del 4%.

Por otro lado, la cantidad de recursos financieros privados canalizados a través de la financiación oficial al desarrollo para el suministro de agua y saneamiento ascendió a 4.600 millones de dólares entre 2016 y 2020, en comparación con los más de 48.000 millones destinados al sector energético. Y en 2020, el 80% de la AOD destinada al agua se clasificó como contribución para la “adaptación al cambio climático”. Para conseguir un acceso al agua potable para todos en 2030, podría ser necesario triplicar las actuales cifras de inversión, según un informe del World Resources Institute.

En este sentido, también es importante el rediseño de los incentivos. En la actualidad tenemos subsidios poderosamente dañinos para los recursos hídricos, que potencian actividades que sobreexplotan, contaminan o contribuyen a la destrucción de la diversidad biológica y los servicios ecosistémicos. Y debería ser al revés, los incentivos deberían estar destinados a premiar las actividades de limpieza, restauración, conservación, eficiencia y economía circular.

Por último, la economía del agua necesita impulsar la creación de infraestructuras hídricas, a fin de lograr el ODS 6: Agua limpia y saneamiento para todos. “Tenemos la obligación de dejar

de entender los Objetivos de Desarrollo Sostenible como una declaración de intenciones y trabajar para que pasen a convertirse en una realidad tangible”, asevera el presidente del Foro.

En momentos anteriores, la política de agua ha estado sublimada a la política agraria, con grandes inversiones en trasvases de agua y embalses para acumularla, entre otras cosas. Sin embargo, este modelo de infraestructuras grises, que aún funciona en algunos lugares, es insuficiente en otros muchos, y necesita ser completado con otras infraestructuras naturales o soluciones basadas en la naturaleza, apostando por la reutilización de aguas y la eficiencia energética.

En definitiva, para promover una gestión adecuada y sostenible del agua desde una perspectiva económica, es necesario contar con una adecuada gobernanza, inversiones suficientes en infraestructuras hídricas y políticas públicas que fomenten el ahorro de agua y el consumo responsable del recurso en todos los sectores productivos, y también en el ámbito doméstico, concluye el profesional. Para lograr este “triángulo virtuoso”, es necesario el establecimiento de alianzas, que promuevan la acción colectiva de todos los sectores implicados: la administración pública, la iniciativa privada, la academia y la sociedad civil, defiendo el experto.

Desacoplar el crecimiento de la actividad económica de la extracción de agua, financiar la inversión, rediseñar los incentivos, impulsar la creación de infraestructuras hídricas son algunos de los grandes desafíos económicos a nivel global

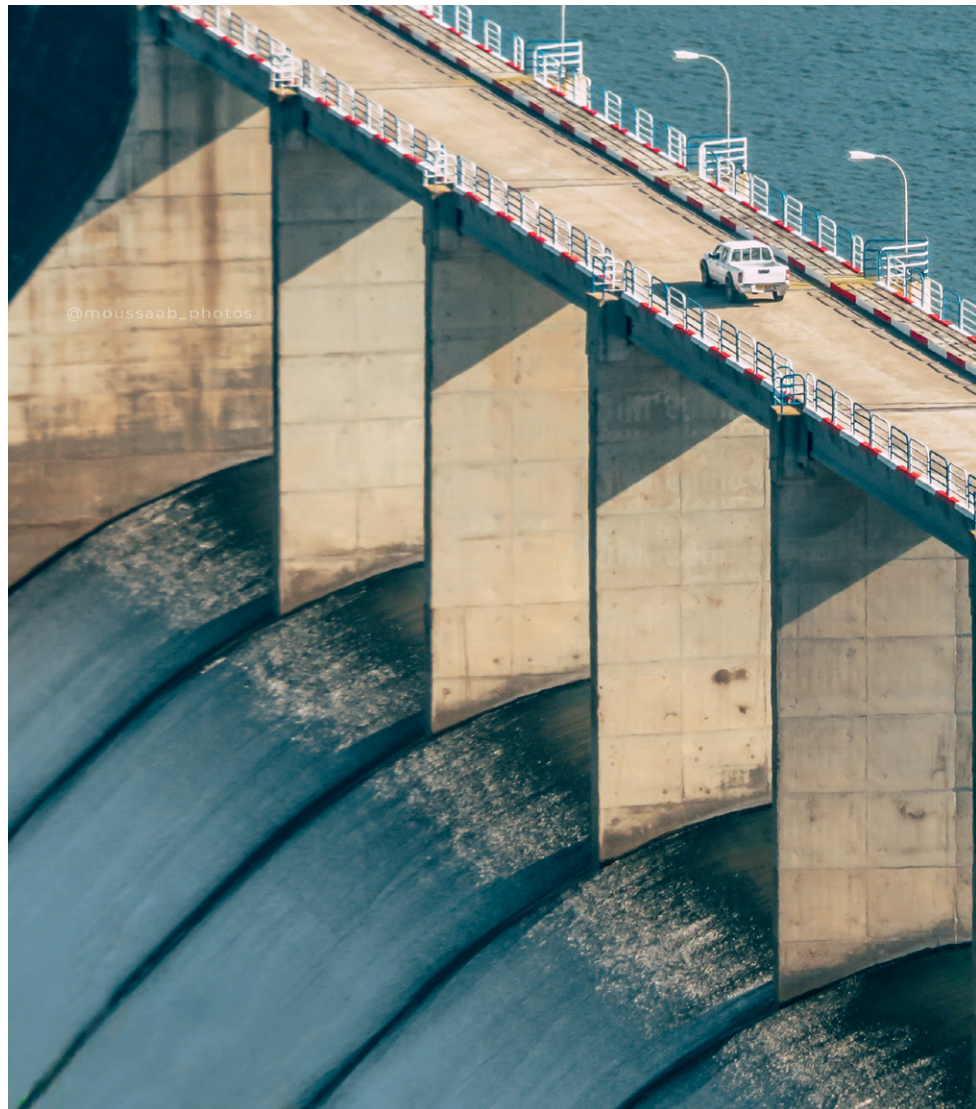
El precio del agua no refleja el coste que supone poner este recurso al servicio de la sociedad, ni el valor que tiene para nuestra salud, desarrollo y bienestar

### PRECIO ≠ VALOR

¿Es el precio del agua demasiado bajo? ¿Da muestras de la escasez de agua que estamos viviendo? No existe una correcta conexión entre tres variables: el coste de poner el agua a disposición de la economía y las actividades humanas; el precio por el que se cobra a los usuarios; y el valor que tiene realmente el agua; y por tanto, el gran reto es llegar a conectarlas. Por tanto el precio del agua no es el adecuado, tanto en cuanto no refleja el coste que supone poner este recurso al servicio de la sociedad, ni tampoco el valor que tiene para nuestra salud, desarrollo y bienestar, entre otros.

Pero el reto no es solo el nivel de precio, sino también de diseño o estructura de las tarifas, que deberían avanzar en progresividad para la mayor parte de los usos, penalizando los altos consumos o los consumos ineficientes.

“Solo el necio confunde valor y precio”, escribió Quevedo en el siglo XVII. “Y con el agua, somos más necios que sensatos”, completa Lombardo. El último informe publicado



por AEAS-AGA en 2022 muestra que el precio del agua no se encuentra alineado con la actual escasez del recurso y con la inversión público-privada que se realiza para mantener las infraestructuras de todo el ciclo. En 2020, el metro cúbico de agua en España se situó en 1,99 euros. De este precio medio, el 59% corresponde al servicio de abastecimiento; el 14% a alcantarillado y el 28% restante al servicio de depuración. Además, si analizamos el tamaño poblacional vemos que los precios medios más elevados corresponden a poblaciones de entre 20.000 y 50.000 habitantes y pobla-

ciones entre 50.000 y 100.00 habitantes, siendo el precio más bajo el de las áreas metropolitanas.

### TENDENCIAS EMERGENTES Y VISTA A FUTURO

Sin embargo, aún queda esperanza para la economía del agua. Aunque queda mucho camino por recorrer, las tendencias emergentes prevén un futuro positivo, “con la introducción progresiva de temas relacionados con la gestión sostenible y circular de los recursos en las políticas nacionales e internacionales”, asegura el experto.



Ya se perciben importantes esfuerzos para la mitigación del cambio climático, a través de la descarbonización o la reducción de emisiones, con tendencias tan positivas como el abandono de los combustibles fósiles, la penetración de las tecnologías renovables o la llegada del hidrógeno verde. Además, los temas relacionados con la adaptación al cambio climático, tradicionalmente minusvalorados, están creciendo en importancia. Antes se pensaba sólo en la mitigación, con la transición del modelo energético y de movilidad; pero ahora la adaptación al cambio climático

exige una transición equivalente en la gestión del agua y el territorio, por lo que cada vez son más, los recursos vinculados a hacer una mejor gestión de los recursos hídricos.

En este sentido, el presidente señala que estamos “en plena búsqueda” de sistemas alternativos para incrementar la disponibilidad de agua, entre los que destacan la desalinización o la reutilización de aguas, propuestas “con amplio margen de desarrollo, que suponen un gran impulso para la economía circular”.

Por otro lado, se persigue optimizar el recurso, y en este sentido, la tecnología desempeña un papel fundamental,

destaca. El sector del agua está en un proceso intenso de digitalización, que utiliza las nuevas tecnologías de la información para la mejora de la gestión y la eficiencia, así como la obtención de un conocimiento exhaustivo del estado de nuestras masas de agua, que permita actuar en consecuencia para una mejor conservación.

El encuentro entre digitalización y sostenibilidad es muy prometedor: ya sabíamos que la tecnología tenía mucho potencial, pero le faltaba el relato que hoy le proporciona la sostenibilidad. Nuevas herramientas como Internet de las cosas, computación cuántica o en la nube, blockchain, gestión de datos, gemelos digitales, sensores, inteligencia artificial, aprendizaje por máquinas, respuesta automatizada... abrirán un abanico de posibilidades muy interesantes, y traerán consigo grandes cambios de paradigma que nos harán enfrentar la gestión del agua y la economía de una manera muy diferente. ●

El encuentro entre digitalización y sostenibilidad es muy prometedor. Estamos ante grandes cambios de paradigma que nos harán enfrentar la gestión del agua y la economía de una manera muy diferente

# El nuevo avance hacia la eficiencia en la gestión del agua se llama geoTOM®

**M**olecor empresa líder en soluciones para abastecimiento, saneamiento y edificación ha desarrollado una novedosa aplicación para geolocalizar los productos que forman parte de las redes de canalización de agua a presión en las que se instalan sus tuberías TOM® y accesorios ecoFITOM® de PVC Orientado, la nueva herramienta denominada geoTOM®.

La aplicación desarrollada por Molecor permite la creación de trazados virtuales completos con todos los datos de cada pieza de una red de canalización. El uso de la app geoTOM® facilita el acceso a información técnica precisa de las redes hídricas para garantizar una mayor capacidad de control y gestión del agua. Crea un mapa virtual con la posición exacta de cada pieza en tiempo real, digitaliza la información y es posible acceder a ella en cualquier momento o lugar.

geoTOM® ofrece una trazabilidad completa de los productos manufacturados por Molecor y la capacidad de incluir la información de aquellos desarrollados por otros fabricantes, independientemente del material de fabricación.

Todas las tuberías TOM® y accesorios ecoFITOM® cuentan con un código QR en su superficie para consultar y guardar toda la información técnica de la pieza a instalar. Mediante la cámara del dispositivo móvil se registran los datos del producto de manera inmediata, desde la obtención de la materia



prima hasta la fabricación del producto y lugar exacto de la instalación.

## VENTAJAS DE GEOTOM®:

- Creación rápida y eficiente de mapas virtuales con el trazado completo de la red.
- Localización de todas las piezas instaladas con total precisión gracias al sistema de geoposicionamiento.
- Comunicación inmediata y eficaz con el equipo de Molecor para gestio-

nar cualquier consulta o incidencia.

- Gestión más sostenible de la red de canalización al facilitar su control y con ello prolongar la vida útil.
- Acceso al proyecto para todos los miembros implicados de manera inmediata en cualquier momento o lugar. ●

**MOLECOR**  
www.molecor.com





**Menos  
escasez  
hídrica**

**Más  
agua  
regenerada**


Al regenerar y reutilizar las aguas residuales, preservamos el recurso hídrico, ahorramos energía y nos protegemos frente a los episodios de sequía. Avancemos juntos en la transformación ecológica y la descarbonización de los territorios.

**Conoce más sobre nuestras  
soluciones en [veolia.es](https://veolia.es)**



REPORTAJE

# Planta para el tratamiento conjunto de las aguas residuales industriales del Camp de Tarragona

 AITASA





## LA NUEVA PLANTA DE DEPURACIÓN DE AGUAS RESIDUALES INDUSTRIALES DE GESTIÓN CONJUNTA DEL CAMP DE TARRAGONA SUPONE UN TRATAMIENTO FINAL A LAS AGUAS PREVIAMENTE TRATADAS EN LOS 10 CENTROS PRODUCTIVOS A LOS QUE DA SERVICIO, PERMITIENDO EL CORRECTO CUMPLIMIENTO DE LAS EXIGENTES NORMATIVAS EUROPEAS

**E**l agua es un elemento esencial en el desarrollo de cualquier actividad económica y en el caso de la industria química del Camp de Tarragona, no ha sido una excepción. En los principios de su implantación las empresas decidieron crear una empresa para la gestión del agua y que gestionase los recursos de forma conjunta. Es por ello que en 1965 nace Aguas Industriales de Tarragona, S.A. (AITASA) con el fin

de buscar los recursos de agua en el territorio y garantizar un suministro robusto, ya que se trata de una actividad que se realiza de forma continuada.

### PROYECTOS CONSOLIDADOS

El devenir de AITASA condujo a focalizarse en el desarrollo de proyectos conjuntos que aporten valor para las empresas en la gestión del agua. Es por ello que se diseñó y ejecutó un proyecto para la construcción de un

emisario conjunto el cual vehicula las aguas tratadas en la industria hasta llevarlas al medio.

La gestión del emisario conjunto ha optimizado tanto las aguas emitidas a medio, el control de las mismas y la gestión por parte de la administración en cuanto a los requerimientos normativos.

El compromiso con la sostenibilidad de las industrias petroquímicas hizo que a finales de los años 90 AITASA realizase el primer estudio sobre la viabilidad de

La planta supone un tratamiento adicional o final a las aguas previamente tratadas en los diferentes centros para dar cumplimiento a los nuevos límites de emisión al medio fijados en los Bref del Common Waste Water (CWW) y el del Refino

la reutilización industrial, mediante la regeneración de aguas de EDAR municipales. Más adelante se acordaron las condiciones para poder hacer realidad el proyecto mediante la firma de un convenio con la administración hidráulica competente: la Agència Catalana de l'Aigua (ACA). En 2012 se puso en funcionamiento iniciando el consumo de agua regenerada por parte de las industrias, consolidándose como caso de éxito y un referente mundial dentro de la reutilización de aguas.

### PLANTA PARA EL TRATAMIENTO CONJUNTO (EDARI)

Las exigentes normativas europeas respecto al cumplimiento de las emisiones de los sectores industriales afectaron a la industria petroquímica por la publicación de 2 documentos de referencia: Bref del Common Waste Water (CWW) y el del Refino.

La necesidad de mejorar notablemente la calidad de los vertidos al medio obligó al análisis para la realización de una planta EDARi de gestión conjunta. La planta supone un tratamiento adicional o final a las aguas previamente tratadas en los diferentes centros para dar cumplimiento a los nuevos límites de emisión al medio fijados en los Bref.

Para el diseño, se tuvo en consideración las siguientes condiciones:

- Operar 365 días del año y tratar las aguas las 24 horas del día.
- Capacidad de gestión de influentes fuera de especificaciones.
- Opción de entrar en modo *stand-by*.  
Los caudales a tratar fueron objeto de debate, por cuanto la capacidad de

diseño medio de la planta se tenía que adaptar a los volúmenes aportados por las empresas, con una variabilidad diaria significativa. Por ello, aun definiendo un caudal medio de tratamiento de la EDARi de 1.348 m³/h, hubo que definir un caudal máximo de tratamiento (+10%) y un caudal máximo hidráulico. Este último sin garantías de tratamiento y con la finalidad de poder vehicular las aguas en planta en caso de catástrofe en los equipos o partes del proceso.

### OBJETIVO

La finalidad de la ejecución de un proyecto conjunto ha sido dar cumplimiento a los bref citados: CWW y Refino. El cumplimiento inicial a nivel de parámetros, es el expresado en la siguiente tabla:

		NEA-MTD (media anual)	Unidad
TOC	mg/l	33	mg/l
DQO	mg/l	100	mg/l
MSS	mg/l	25	mg/l
NT	mg/l	25	mg/l
NT inorganic	mg/l	20	mg/l
PT	mg/l	3	mg/l
AOX	mg/l	1	mg/l
Crom, Cr	µg/l	25	µg/l
Coure, Cu	µg/l	50	µg/l
Niquel, Ni	µg/l	50	µg/l
Zinc, Zn	µg/l	300	µg/l
Índice Hidrocarburos	mg/l	2,50	mg/l
Plomo, Pb	µg/l	30	µg/l
Cadmio, Cd	µg/l	8	µg/l
Mercurio, Hg	µg/l	1	µg/l
Benceno	µg/l	50	µg/l



Debido a que la planta da servicio a 10 centros productivos de diferentes actividades químicas o del refino, en la resolución de la AAI (Autorización Ambiental Integrada) los parámetros de cumplimiento han sido más extensos que los inicialmente definidos. La administración unificó todos los parámetros de las respectivas AAI de cada centro, quedando reflejados para su cumplimiento en la AAI de AITASA.

La reducción esperada en las concentraciones de los parámetros de salida respecto a los de entrada, debía ser del 70%, de promedio de todos los parámetros.

### DEFINICIÓN DE LA LÍNEA DE TRATAMIENTO

Teniendo en cuenta los aspectos anteriores, AITASA formalizó un grupo

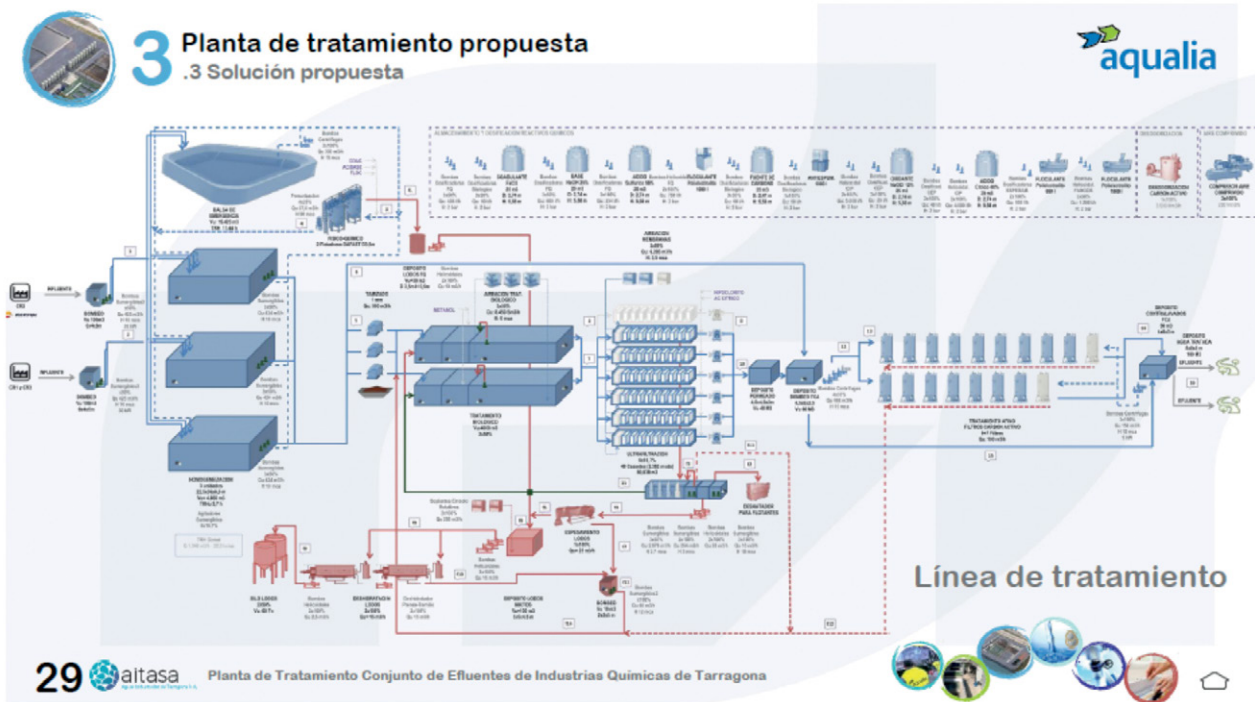
de trabajo con los técnicos de las empresas que iban a ser las usuarias del servicio. El grupo tenía el encargo de la definición de las diferentes partes del proyecto a nivel técnico, siendo el aspecto más relevante la validación de la línea de proceso.

Para lograr los objetivos marcados

y definir las partes que conforman la planta, AITASA contó con la colaboración de AQUALIA, empresa que con su trayectoria podía dar respuesta a estos requerimientos.

Para un proyecto de esta envergadura AITASA consideró imprescindible realizar un pilotaje, a escala industrial

Para lograr los objetivos marcados y definir las partes que conforman la planta, AITASA contó con la colaboración de AQUALIA, empresa que con su trayectoria podía dar respuesta a estos requerimientos



de la línea de tratamiento propuesta, con el fin de garantizar el correcto funcionamiento. La línea de tratamiento definida, fue la siguiente:

- Homogeneización y laminación en balsas de entrada
- Tamizado fino (inferior a 1 mm)
- Tratamiento Biológico MBR con eliminación de nitrógeno
- Clarificación mediante Ultrafiltración

Como tratamiento auxiliar de los lodos generados en proceso, la adopción de un filtro prensa se consideró la más adecuada por el tipo de fangos. Se probaron otras tecnologías que demostraron menor capacidad de secado.

**DESARROLLO TECNOLÓGICO**

El desafío para asegurar una línea de tratamiento robusta que dé garantías, precisó de un pilotaje exhaustivo de más de 6 meses, como ya hemos indicado. El primer objetivo perseguido en el pilotaje fue asegurar el correcto cumplimiento de los parámetros de salida, tanto en condiciones normales de influentes como en posibles episo-

dios. Un segundo objetivo era comprobar que las diferentes tecnologías o tratamientos fueran resistentes a cualquier posible alteración en la calidad de los influentes, en especial el reactor biológico. Entre otros aspectos, la

posibilidad de cambios bruscos en la conductividad generó dudas respecto a la robustez.

El esquema de instalación en cada uno de los pasos fue el que figura en la tabla 1.

**Tabla 1**

Tamizado de seguridad en MBR	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 4 (3+1) uds. Tamices rotativos especiales de chapa perforada</li> <li>• Caudal de diseño: Qu: 500 m³/h</li> <li>• Paso de sólidos: 1 mm</li> </ul>
Tratamiento Biológico	<p>Reactor biológico:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• VT=9.552 m³</li> <li>• 3 líneas de tratamiento (Vu: 3.184 m3)</li> </ul> <p>Características cada una de ellas:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Zona de desgasificación:                         <ul style="list-style-type: none"> <li>◦ 2 agitadores sumergibles</li> </ul> </li> <li>• Zona Facultativa:                         <ul style="list-style-type: none"> <li>◦ 1 parrilla de 216 difusores de burbuja fina 9"</li> <li>◦ 1 agitador sumergible</li> </ul> </li> <li>• Zona aerobia:                         <ul style="list-style-type: none"> <li>◦ 2 parrillas de difusores de burbuja fina (432 difusores en total de 9")</li> <li>◦ Total difusores operativos: 2592</li> </ul> </li> </ul> <p>Aireación:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• 2 soplantes de levitación Qu 7200 Nm³/h</li> </ul> <p>Químicos:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Fuente de Carbono excepcional: para eliminación biológica de N, en caso de necesidad</li> </ul>



Para la definición del tipo de membrana, aunque durante el pilotaje probamos membranas de ultrafiltración de reconocido recorrido comercial, dando un resultado excelente. En el diseño definitivo del proyecto se acordó la instalación de membranas alternativas, garantizando el funcionamiento a largo plazo. Las características de las membranas instaladas figura en la tabla 2.

Alternativamente el diseño y construcción final de la EDARi ha dispuesto de sistemas auxiliares para tratar aguas con especificaciones fuera de rango. En concreto se ha instalado:

- filtros de carbón activo granular: eliminación de un amplio rango de contaminantes (compuestos aromáticos, pesticidas, disolventes, fenoles, metales pesados remanentes, otros).
- sistema DAF físico químico: reducción de grasas o aceites, hidrocarburos, sólidos en suspensión y metales.

**Tabla 2**

Ultrafiltración en membranas de fibra hueca MBR

Membranas de ultrafiltración:

- Líneas: 6
- Nº de skid instalados por línea: 8
- Nº máximo de skid instalables por línea: 9 por línea
- Total de skid: 6x8=48 skid
- Dimensiones skid: 2 x 2 x 3 mm
- Nº de módulos de filtración por cada skid: 49
- Superficie total de filtración:  $\geq 80.838 \text{ m}^2$
- Tamaño de poro  $0,02 \mu\text{m}$
- Instalación preparada para ejecutar una línea adicional (7 en total)

La robustez y funcionamiento del sistema ha sido ejemplar desde su puesta en funcionamiento, dando valores de salida en los parámetros de cumplimiento por debajo de los planificados y requeridos en la AAI





### FUNCIONAMIENTO

La puesta en funcionamiento de la instalación vino precedida de un periodo de pruebas, determinado por la administración en la autorización ambiental (AAI) y limitado a un máximo de 4 meses. El excelente resultado en la puesta en funcionamiento redujo el arranque y estabilización del sistema a 5 semanas, teniendo especial cuidado en el escalado del volumen de entrada.

La inoculación de los fangos para la puesta en servicio del reactor biológico, se optó por una mezcla de los fangos. El mayor volumen procedió de una EDAR urbana anexa a las instalaciones (90%) y los generados en una



## ÁMBITOS DE INTERVENCIÓN PARA LA ELIMINACIÓN DE OLORES



**INDUSTRIA**  
INDUSTRIAS ALIMENTARIAS  
FUNDICIONES  
CURTIDOS  
PAPELERAS  
ALCOHOLERAS



**RESIDUOS**  
VERTEDEROS  
COMPOSTAJE  
ALMACENAMIENTOS  
GESTORES RP Y RNP  
RESIDUOS MARPOL



**AGUAS RESIDUALES**  
REACTORES BIOLÓGICOS  
DECANTADORES  
TRATAMIENTO DE FANGOS  
HOMOGENEIZADORES  
SEPARADORES DE ACEITES Y GRASAS

[WWW.DEPLAN.ES](http://WWW.DEPLAN.ES) / [WWW.TRATAMIENTODEOLORES.COM](http://WWW.TRATAMIENTODEOLORES.COM)

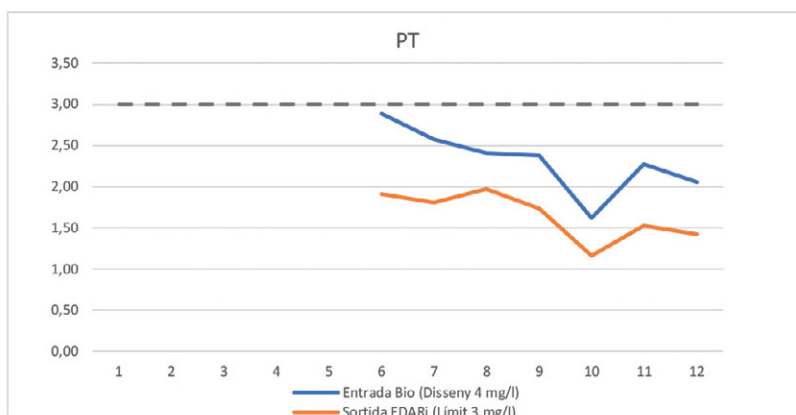
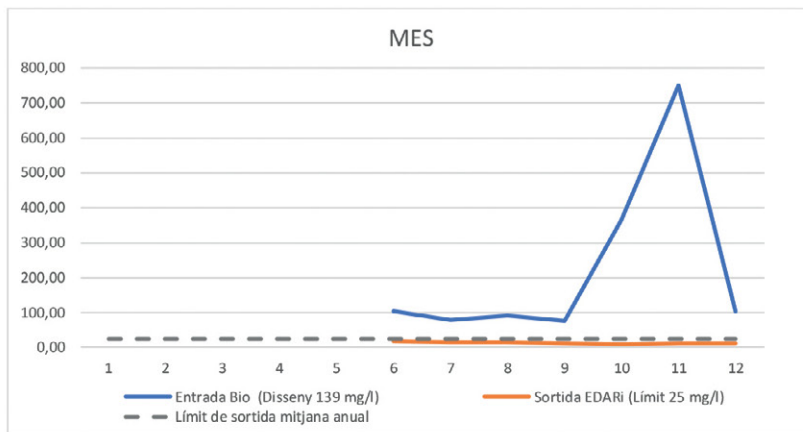
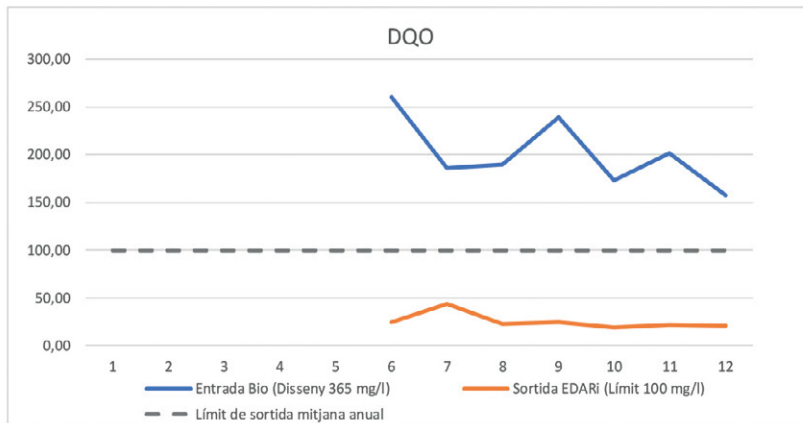
## REPORTAJE

de las empresas participantes en el proyecto (10%). Las características de estos últimos fueron imprescindibles por estar aclimatados a trabajar en aguas de origen industrial.

Como hemos indicado al principio, la planta debe dar garantías de funcionamiento para las aguas que llegan durante 24h del día y sin interrupción del servicio. La robustez y

funcionamiento del sistema ha sido ejemplar desde su puesta en funcionamiento, dando valores de salida en los parámetros de cumplimiento por debajo de los planificados y requeridos en la AAI.

En los siguientes gráficos se puede observar la efectividad en la reducción de concentración de los parámetros más significativos:



En el marco de la estrategia de gestión del agua en la industria química del Camp de Tarragona, AITASA se ha marcado el objetivo de alcanzar que el 40% del agua que utiliza la industria petroquímica de Tarragona sea reutilizada



### PRÓXIMOS RETOS

En la estrategia de gestión del agua en la industria química del Camp de Tarragona, AITASA se ha marcado el objetivo de alcanzar que el 40% del agua que utiliza la industria petroquímica de Tarragona sea reutilizada.

La EDARi que hemos comentado jugará un papel fundamental ya que debido a que la calidad exigida en las aguas de salida es elevada, AITASA ya está trabajando en la reutilización de éstas con el fin de minimizar las aguas vertidas a medio y disminuir la captación de agua en origen.

Este proyecto representa un gran reto y salto cuantitativo, para el cual nos hemos fijado como objetivo la puesta en funcionamiento durante el año 2026. ●

**Gestión de activos**  
Mantenimiento  
Compras  
Almacén

**Movilidad**  
Incidencias y  
Averías Online  
Cero Papel

**Contadores**  
Analíticas  
Contratos  
Consumos

Solicite una demostración sin compromiso en [wgmsl.com](http://wgmsl.com)

# Gestión del Ciclo de Agua

**GESAQUA** | **ABISMO-NET**

Works Gestión de Mantenimiento S.L. • Telf.: +34 918 063 172 • Email: [wgmsl.com](mailto:wgmsl.com)

Powered by **WGM**

# El riesgo creciente de la seguridad hídrica

Fuente: CDP. Informe: High and Dry. How water issues are stranding assets.

El **69%** de las acciones cotizadas, según datos de CDP, están expuestas a riesgos relacionados con el agua que podrían generar un cambio significativo en su negocio.

El **33%** de las instituciones financieras que cotizan en bolsa no estaban evaluando la vulnerabilidad de las actividades financieras frente a los riesgos del agua.

Las Naciones Unidas predicen un

**40%** de déficit en el suministro de agua global de aquí a 2030 si los patrones de producción y consumo actuales no cambian.

## EL AGUA COMO IMPULSORA DE ACTIVOS VARADOS. PRINCIPALES RIESGOS



### RIESGOS FÍSICOS:

INUNDACIONES, SEQUÍAS, DISMINUCIÓN DE LA CALIDAD DEL AGUA, VULNERABILIDAD DE LOS ECOSISTEMAS, AUMENTO DE LA ESCASEZ Y/O ESTRÉS DEL AGUA E INFRAESTRUCTURA INADECUADA.



### RIESGOS REGULATORIOS:

EXTRACCIONES DE AGUA Y/O PERMISOS DE DESCARGA MÁS ESTRICTOS, ESTÁNDARES OBLIGATORIOS DE EFICIENCIA, RECICLAJE, CONSERVACIÓN, INCERTIDUMBRE REGULATORIA Y PRECIOS MÁS ALTOS DEL AGUA.



### RIESGOS REPUTACIONALES Y DE MERCADO:

OPOSICIÓN CIUDADANA, MAYOR PREOCUPACIÓN O NEGACIONISMO DE LAS PARTES INTERESADAS, LITIGIOS Y CAMBIOS EN EL COMPORTAMIENTO DEL CONSUMIDOR



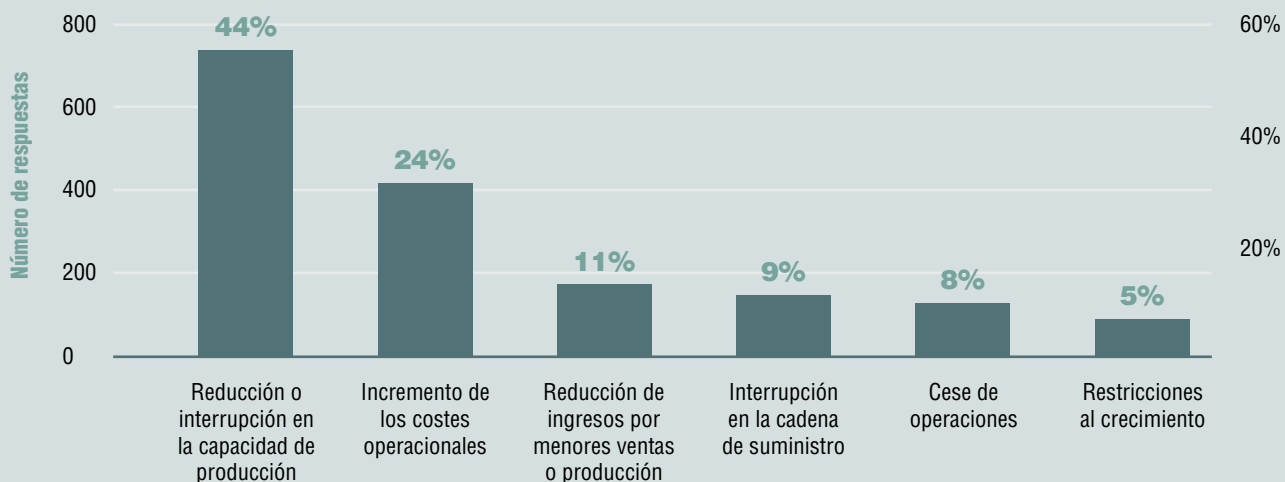
### RIESGOS TECNOLÓGICOS:

ACCESO Y/O DISPONIBILIDAD DE DATOS, TRANSICIÓN A TECNOLOGÍAS Y PRODUCTOS EFICIENTES CON EL AGUA E INVERSIONES FALLIDAS EN NUEVAS TECNOLOGÍAS.



## LOS SEIS MAYORES IMPACTOS POTENCIALES SOBRE LAS OPERACIONES DIRECTAS Y LA CADENA DE SUMINISTRO

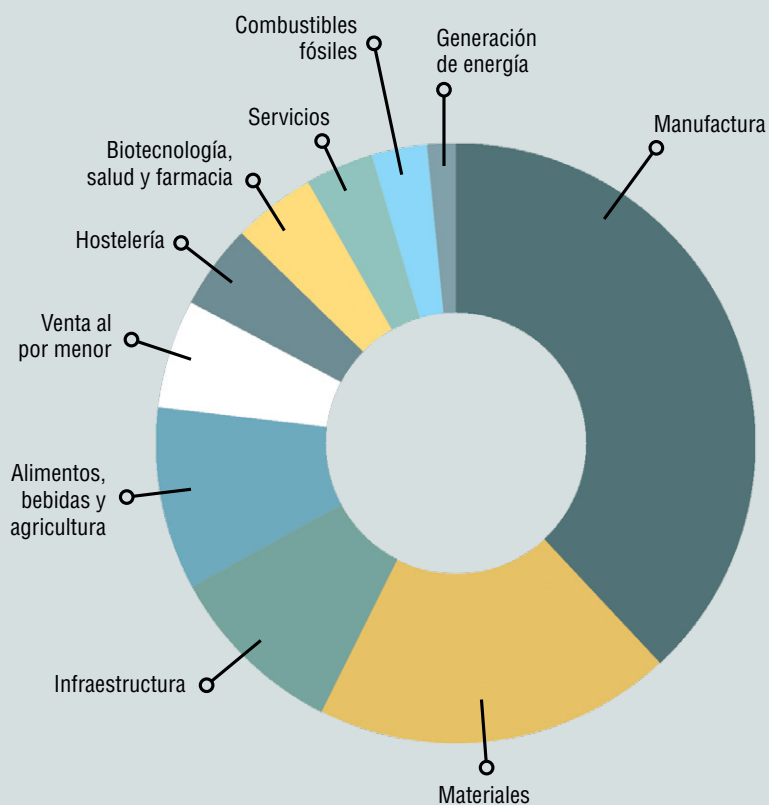
Fuente: CDP 2021 Water Data set



La mayoría de los encuestados (57%) anticipa que los problemas relacionados con el agua podrían limitar el crecimiento de su negocio, ya sea reduciendo o interrumpiendo la capacidad de producción (44%), cerrando operaciones (8%) o restringiendo el crecimiento (5%).

## SECTORES EN RIESGO DE CESE DE OPERACIONES

Fuente: CDP 2021 Water Data set





# Variadores de velocidad frente a arrancadores suaves

QUÉ DEBEMOS TENER EN CUENTA PARA SELECCIONAR ENTRE UN VARIADOR DE VELOCIDAD Y UN ARRANCADOR SUAVE PARA UN MOTOR ELÉCTRICO

**H**ay aproximadamente 8.000 millones de motores eléctricos en funcionamiento en Europa que consumen casi la mitad de la energía eléctrica del continente. Los

variadores de velocidad y los arrancadores suaves reducen el consumo energético de un motor eléctrico, ofreciendo al usuario una buena regulación de la carga. ¿Pero cuál es el indicado?

Javier de la Morena, responsable de grandes cuentas de WEG Iberia, explica qué debemos tener en cuenta para seleccionar entre un variador de velocidad y un arrancador suave.



### ¿QUÉ ES UN ARRANCADOR SUAVE?

Los arrancadores suaves emplean semiconductores para reducir temporalmente la tensión en bornes del motor, lo que regula la corriente para reducir picos de intensidad y limitar el par. También ofrecen una rampa gradual para detener el motor ya que una parada súbita podría afectar a la transmisión.

### ¿QUÉ ES UN VARIADOR DE VELOCIDAD?

Como su nombre indica, un variador es un dispositivo que permite variar la velocidad de un motor eléctrico durante el funcionamiento, arranque o parada. También llamado accionamiento o inversor, este convierte la alimentación eléctrica de frecuencia y tensión constantes en variables para regular la velocidad de un motor de inducción de CA.

### ¿CUÁL ELEGIR?

Elegir entre un arrancador suave o un variador de velocidad depende de la aplicación. Los arrancadores suaves suelen ser más pequeños y menos costosos, especialmente en las aplicaciones de mayor potencia. Los variadores de velocidad incorporan mayor cantidad de electrónica para conseguir la variación requerida. Sin embargo, a pesar de que la inversión para un variador de velocidad es mayor, esta herramienta proporciona un gran ahorro de energía y costes.

### APLICACIONES DE LOS ARRANCADORES SUAVES

Los arrancadores suaves son idóneos para aplicaciones en las que una rampa de velocidad y la regulación del par son necesarios durante el arranque o la parada, o en un arranque gradual para evitar picos de par y choques en

A pesar de que la inversión para un variador de velocidad es mayor, esta herramienta proporciona un gran ahorro de energía y costes

el sistema mecánico. Esto es importante en los transportadores, las transmisiones por correa, los trenes de engranajes y los acoplamientos.

Es importante añadir que los arrancadores de primeras marcas, una vez que alcanzan la velocidad de régimen, activan un "by-pass" para reducir el consumo energético con este modo de espera.

### APLICACIONES DE LOS VARIADORES DE VELOCIDAD

Un variador de velocidad puede reducir la potencia o incrementarla, lo que lo hace ideal para la industria del agua. En el sector del bombeo, un variador de velocidad ayuda a simplificar la instalación, así como a reducir el riesgo de golpes de ariete, controlar la presión y reducir el consumo de energía.

WEG cuenta con amplia experiencia en proyectos del mercado del agua en toda Europa, desde estaciones de bombeo hasta plantas desalinizadoras. ●

 WEG  
www.weg.net/es

# Economía circular y biodiversidad en el tratamiento de aguas residuales mediante un residuo industrial: LIFE RENATURWAT



Miguel Añó Soto <sup>1</sup>, Núria Oliver <sup>3</sup>, Carmen Hernandez Crespo <sup>2</sup>, Miguel Martín Moneris <sup>2</sup>, María Pedro-Monzónis <sup>1,3</sup>, Pura Almenar Llorens <sup>1,3</sup>

<sup>1</sup> EMPRESA MIXTA VALENCIANA DE AGUAS S.A | [www.emivasa.es](http://www.emivasa.es) ■ <sup>2</sup> UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA – INSTITUTO UNIVERSITARIO DE INGENIERÍA DEL AGUA Y MEDIO AMBIENTE | [www.iiama.upv.es](http://www.iiama.upv.es) ■ <sup>3</sup> GLOBAL OMNIUM-AGUAS DE VALENCIA S.A | [www.globalomnium.com](http://www.globalomnium.com)

**A**nte la insuficiencia de recursos hídricos de la vertiente mediterránea y la intensificación de los fenómenos extremos debido al cambio climático, la generación de recursos hídricos a partir de fuentes no convencionales de forma sostenible es una opción que se debe convertir en una prioridad. Las aguas residuales tratadas son un recurso hídrico que con un postratamiento adecuado pueden ser aptas para mantener la calidad ambiental de los ríos y humedales o utilizarse en actividades productivas, como los usos agrarios.

Devolver el agua a la naturaleza en

condiciones similares a las que nos llega es vital para impulsar su reutilización y ayudar al mantenimiento de la biodiversidad. En este sentido, el proyecto europeo LIFE Renaturwat, pretende demostrar que la integración de economía circular y biodiversidad es posible. En particular, el proyecto se centra en la obtención de agua regenerada mediante la combinación de Soluciones Basadas en la Naturaleza (SbN) y residuos del proceso de potabilización del agua. LIFE Renaturwat (LIFE 19 ENV/ES/000197) ha recibido financiación del programa LIFE de la Unión Europea y tiene un

presupuesto de más de 1,8 millones de euros. El proyecto está coordinado por el Instituto de Ingeniería del Agua y Medio Ambiente de la Universidad Politécnica de València, cuenta con la participación de la Fundación Global Nature, Grupo de Economía del Agua de la Universidad de València, Empresa Mixta Valenciana de Aguas, Global Omnium Medioambiente, Águas de Portugal, la Agencia EFE, Sociedad Civil Particular Los Monasterios y Ayuntamiento de Carrícola.

Cuando se produce agua potable, uno de los principales residuos que se generan son los fangos proceden-







tes del tratamiento físico-químico del agua, que son llevados a vertedero. La característica intrínseca de estos lodos "fangos hidróxidos" es su elevada concentración en aluminio, adicionada en el proceso de coagulación, así como puntualmente, pueden presentar también carbón activo en polvo.

La concentración de aluminio total abre paso a la valorización para obtener un "sustrato activo de bajo coste" que puede ser aplicado en SbN, como son los humedales artificiales, ayudando a la eliminación de nutrientes como el fósforo o contaminantes como plaguicidas, fármacos o metales. De esta

EL PROYECTO EUROPEO LIFE RENATURWAT, PRETENDE DEMOSTRAR QUE LA INTEGRACIÓN DE ECONOMÍA CIRCULAR Y BIODIVERSIDAD ES POSIBLE, OBTENIENDO AGUA REGENERADA MEDIANTE LA COMBINACIÓN DE SOLUCIONES BASADAS EN LA NATURALEZA (SbN) Y RESIDUOS DEL PROCESO DE POTABILIZACIÓN DEL AGUA



Figura 1. Era de secado del fango

forma el proyecto utiliza este residuo, previamente acondicionado, como medio filtrante de los humedales artificiales que funcionan como tratamiento de afino a la salida de pequeñas Estaciones Depuradoras de Aguas Residuales Urbanas (EDAR). Con ello, se pretende mejorar el rendimiento de la eliminación de fósforo de un del efluente secundario, mediante la sustitución de parte del medio granular clásico (gravas y arenas) en humedales artificiales de flujo subsuperficial por fango deshidratado, transformándolo en un sustrato activo y aprovechando los beneficios ambientales y económicos derivados de la valorización de este residuo.

#### **PROCESO DE ADECUACIÓN DEL FANGO Y “HUMEDALES RENATURWAT”**

En la generación de un material de bajo coste para la formación de lechos activos en soluciones basadas en la naturaleza que se integre dentro del concepto de economía circular

El proyecto utiliza fangos acondicionados como medio filtrante de los humedales artificiales que funcionan como tratamiento de afino a la salida de pequeñas Estaciones Depuradoras de Aguas Residuales Urbanas

se debe estudiar en profundidad las características que presenta, no solo en la eliminación de fósforo, también su funcionamiento hidráulico con res-

pecto a la correcta granulometría que determine las pérdidas de carga y la obstrucción del propio lecho filtrante.

La línea seguida hasta el aprovechamiento del material pasa por haber realizado un estudio con columnas filtrantes, en laboratorio, para analizar la capacidad de adsorción de fósforo y el porcentaje de saturación del sustrato a lo largo del tiempo, con diferentes granulometrías y concentraciones de fósforo, satisfaciendo las necesidades hidráulicas y químicas.

El fango se ha obtenido de la Estación de Tratamiento de Agua Potable (ETAP) de La Presa (Manises, València), la cual abastece en parte a la ciudad de València y su área metropolitana. En total se han extraído 450 Ton de fango deshidratado que se han extendido en las eras de secado, hasta alcanzar al menos un 90% de sequedad, condición necesaria para el molturado. El proceso de molienda consta de una impactadora portátil y de una tamizadora donde la partición gruesa se vuelve a introducir en la

La solución que propone el proyecto está conformada por dos tipos de humedales artificiales en combinación: el primero es un humedal artificial de flujo vertical (HAFV) y el segundo es un humedal artificial de flujo superficial libre (HAFS)

impactadora. Finalmente se han obtenido más de 100 Tn de material para relleno de los humedales.

La solución que propone el proyecto está conformada por dos tipos de humedales artificiales en combinación. El primero es un humedal artificial de flujo vertical (HAFV) con el sustrato activo como medio filtrante reactivo, para eliminar el fósforo y otros contaminantes. El segundo es un humedal artificial de flujo superficial libre (HAFS) para eliminar más contaminantes y mejorar la biodiversidad. Con todo ello se obtiene un efluente de agua residual con una muy baja concentración de fósforo, sin un consumo adicional de reactivos ni gasto energético, abordando de forma sostenible uno de los principales problemas a los que se enfrentan los gestores de las depuradoras, que es la eutrofización del medio natural y el cumplimiento de los límites de vertido de fósforo.



## RESULTADOS

En el marco de este proyecto se han desplegado dos casos de estudio, uno en la localidad valenciana de Carrícola, y otro la urbanización Los Monasterios (Puçol, València), que actúan como tratamiento terciario de las dos ecodpuradoras existentes.

La EDAR de “Los Monasterios” es un ejemplo de ecogestión ciudadana de los recursos hídricos, ya que son los propios vecinos, a través de la Sociedad Civil Particular Valle Residencial, los propietarios de la EDAR y se encar-

gan de su gestión. Esta EDAR recoge y depura el agua residual de una comunidad de unos 1.500 habitantes cuyo efluente es reutilizado para el riego de las zonas verdes comunes y en las fuentes urbanas ornamentales.

La EDAR de Carrícola es de titularidad y gestión municipal, dando servicio a una población de entre 100 y 200 habitantes, dependiendo de la época del año. El municipio de Carrícola es un ejemplo de gestión pública del ciclo integral del agua, puesto que se encarga de la captación, distribución y tratamiento del agua de uso público. La

Los resultados del proyecto demuestran la viabilidad para producir fuentes de agua con buena calidad, de manera sostenible, para usos medioambientales como la recuperación y conservación de humedales, combinando SbN y fangos procedentes de una ETAP



Figura 2. Humedal desplegado en la EDAR de la urbanización los Monasterios

economía de la población se basa en la agricultura y, fundamentalmente, de producción ecológica. El efluente es dirigido hacia una pequeña charca de renaturalización antes de ser finalmente vertida en el Barranco de Castellet.

## CONCLUSIONES

El proyecto Renaturwat se encuentra en su tercer año de desarrollo, y se han construido 60 m<sup>2</sup> de humedal de flujo subsuperficial y dos lagunas en la urbanización de los Monasterios, además de otros dos humedales de flujo subsuperficial de 20 m<sup>2</sup> en la población de Carrícola. El caudal de tratamiento de los humedales se sitúa en torno a los 60 m<sup>3</sup>/día.

Los primeros resultados indican una reducción de la concentración del efluente de 7 a 1 mg/l de fósforo en el

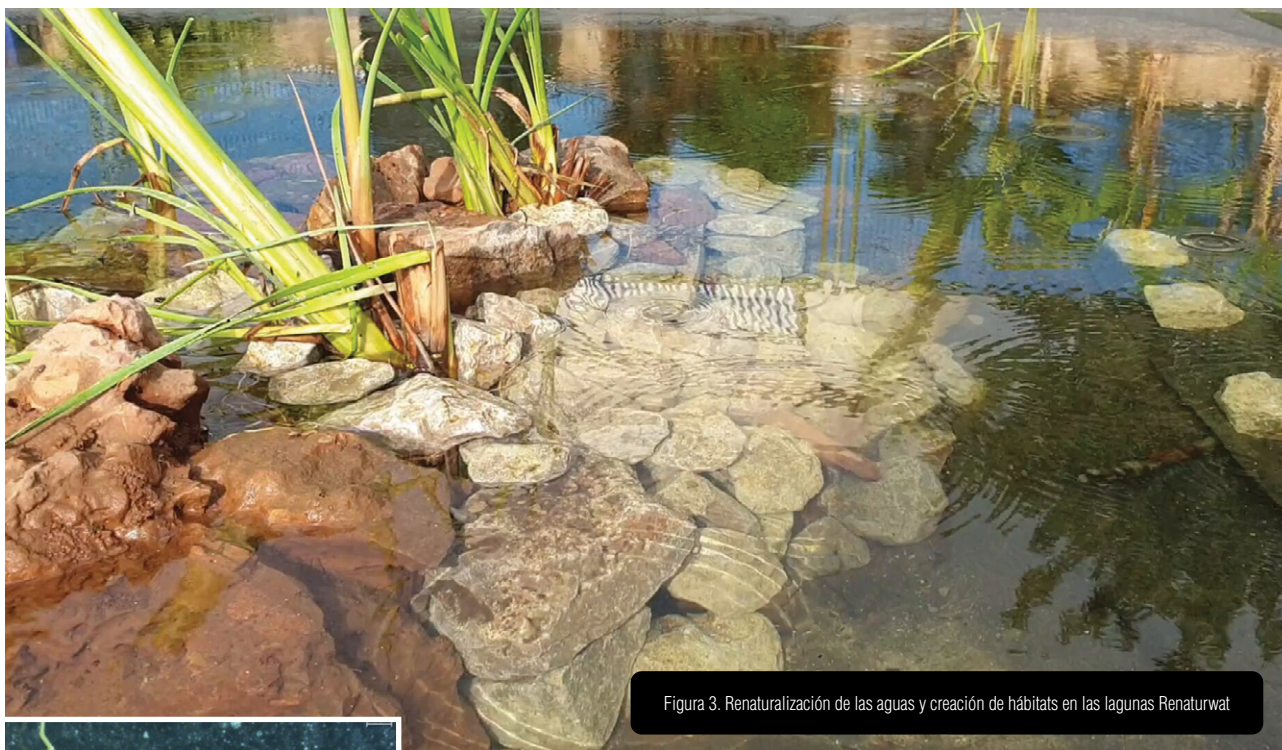


Figura 3. Renaturalización de las aguas y creación de hábitats en las lagunas Renaturwat



humedal de Carrícola, mientras en el de los Monasterios de 3 a 0.6 mg/l de fósforo. También ha habido una disminución en los valores microbiológicos en ambas ubicaciones. Un resultado muy interesante es la alta eliminación de bacterias fecales, como la *Escherichia coli*, ya que puede tener implicaciones importantes a efectos de la reutilización posterior de estas aguas, en términos de salubridad y proteger usos que puedan realizarse en las aguas receptoras, como puede ser el baño u otros usos recreativos.

El sistema descrito es capaz de eliminar fósforo de las aguas residuales incluso con concentraciones más bajas a las que marca la Directiva sobre el tratamiento de aguas residuales

urbanas (91/271/EEC, UWWTD), que es el marco legal para garantizar requisitos mínimos de calidad para los efluentes de las plantas de tratamiento de aguas residuales.

Por lo tanto, se está consiguiendo el fin último del proyecto que es demostrar la viabilidad para producir fuentes de agua con buena calidad, de manera sostenible, para usos medioambientales como la recuperación y conservación de humedales, combinando SbN y fangos procedentes de una ETAP. Además de reducir los niveles de contaminación también se están generando varios hábitats que mejoran la calidad biológica con nuevas especies, adecuando las características el agua regenerada a las características de las masas de agua receptoras.

Cabe señalar, que de manera conjunta con Águas de Portugal (empresa estatal portuguesa que opera en el ciclo integral del agua) se está elaborando un estudio de viabilidad y

plan de implementación en Portugal, el cual evaluará la potencial valorización del fango generado en la ETAP Areias do Vilar en una EDAR localizada en el norte de Portugal. Con este estudio de viabilidad, el proyecto persigue la transferencia transnacional de los resultados y la adaptación del diseño y operación del sistema de renaturalización a unas condiciones climáticas distintas, en este caso un clima atlántico. ●





---

# Andrés Molina

DIRECTOR DEL INSTITUTO UNIVERSITARIO DEL AGUA  
Y DE LAS CIENCIAS AMBIENTALES DE LA UNIVERSIDAD DE ALICANTE

 Nuria Suárez

 TEMAS: REUTILIZACIÓN DE AGUA, ECONOMÍA CIRCULAR, CAMBIO CLIMÁTICO

**E**l Reglamento 2020/741 nace como un instrumento multidisciplinar para hacer frente al desafío de la escasez hídrica y la sequía en la Unión Europea. Poniendo el foco sobre los requisitos mínimos para la reutilización del agua, esta medida introduce nuevas exigencias para la óptima planificación y gestión de este recurso. En la siguiente entrevista analizaremos junto a Andrés Molina Giménez, profesor titular de Derecho Administrativo y director del Instituto del Agua y de las Ciencias Ambientales en la Universidad de Alicante, el impacto que se espera tenga la nueva regulación, los beneficios derivados de la misma y la necesidad de abordar cuanto antes los desafíos relacionados con la escasez del agua para garantizar un abastecimiento sostenible a futuro.

**El Reglamento 2020/741 persigue afrontar el desafío de la escasez de agua y la sequía en la Unión Europea, ¿Cómo impactará su aplicación en la disponibilidad y seguridad hídrica española?, ¿Qué beneficios económicos y ambientales se le atribuyen?**

La reutilización es un instrumento estratégico alineado con los fines de la economía circular y la sostenibilidad. La Ley de Cambio climático sitúa la seguridad hídrica como uno de los objetivos principales de las políticas públicas en aguas, por lo que todas las acciones destinadas a alcanzar tales fines deben priorizarse, entre ellas la reutilización de las aguas regeneradas. Estos recursos serán esenciales en los próximos años para garantizar la suficiencia de agua ante escenarios previsibles de disminución de precipitaciones y acentuación de los fenómenos hidrológicos extremos.

La reutilización, además, es una oportunidad desde un punto de vista económico. Da mayor seguridad jurídica a los usuarios, lo que facilita las inversiones. Genera investigación, empleos de calidad, y desarrollo de tecnologías. Las depuradoras están convirtiéndose hoy día en verdaderas biofactorías; no son ya instalaciones destinadas únicamente a mejorar la calidad del agua residual para su devolución al medio, sino verdaderas industrias de producción de diversos productos: el agua regenerada, los lodos aprovechables, y subproductos como el biogás. Instalaciones que caminan hacia su neutralidad climática.

**¿De qué manera se verán beneficiados los responsables de la reutilización del agua con la intromisión de esta nueva figura?, ¿Y aquellos para quienes el agua es el motor de su actividad económica?**

Los responsables de la reutilización se han beneficiado de

## La reutilización es un instrumento estratégico alineado con los fines de la economía circular y la sostenibilidad



la existencia desde 2007 de un marco normativo específico que ha regulado los aspectos fundamentales de la actividad: quien y bajo qué título de aprovechamiento puede reutilizar, con qué requisitos de calidad y seguridad, y para qué usos. El Real Decreto 1620/2007, de 7 de diciembre, ha proporcionado un marco jurídico estable y unas reglas de juego claras, transparentes y efectivas. Ha sido un caso de éxito. Ahora, tras la aprobación del Reglamento UE 2020/741, los operadores necesitarán un tiempo para adaptarse a unas nuevas reglas que en algunos aspectos superan y mejoran las actuales. Ello puede presentar dificultades a corto plazo, pero con el tiempo terminará beneficiando al sector en la medida en que incorporará mayores cotas de seguridad, transparencia y delimitación de responsabilidades. Es importante eliminar cualquier duda sobre la seguridad de estos procesos, para que los usuarios y los consumidores puedan confiar en los productos regados con estas aguas. Cualquier progresión en las exigencias de calidad y seguridad es una buena noticia para el sector.



**¿Contamos con las infraestructuras necesarias para hacer frente al incremento en la demanda de este recurso alternativo?, ¿Cómo se está incentivando la inversión desde la administración pública?**

Lamentablemente, hay un amplio recorrido todavía para dotarnos de infraestructuras suficientes para responder a la demanda de estos recursos. Algunas regiones, como Murcia o la Comunidad Valenciana, cuentan con un amplio desarrollo de estas instalaciones, tanto por la implantación de tratamientos terciarios como por la existencia de infraestructuras de almacenamiento y transporte. También en las Islas

Es importante eliminar cualquier duda sobre la seguridad de estos procesos para que usuarios y consumidores confíen en los productos regados con estas aguas



Canarias ha habido un importante desarrollo, como sucede en el caso de Tenerife. Ahora bien, si estas zonas, que han experimentado un notable crecimiento de esta actividad, requieren aún infraestructuras, la situación en otras regiones, en las que la regeneración es incipiente, o directamente no se ha contemplado, las necesidades de infraestructuras de todo tipo son absolutas.

Las regiones en las que se ha desarrollado en mayor medida la reutilización han invertido amplios recursos desde el sector público para dotar a las depuradoras urbanas de procesos terciarios de acondicionamiento de las aguas. También apoyando la construcción y operación de infraestructuras de transporte, almacenamiento y distribución. Sin embargo, una de las grandes deficiencias del reglamento español de 2007, que el reglamento comunitario no ha resuelto, fue la ausencia de un marco financiero para la actividad. La aplicación del principio de recuperación de costes de la Directiva Marco impone que los gastos de regeneración deban trasladarse a los usuarios, pero esto no se ha venido haciendo en muchos casos.

En la buena línea se sitúa el Real Decreto-ley 4/2023, de 11 de mayo, por el que se adoptan medidas urgentes en materia agraria y de aguas en respuesta a la sequía, que posibilita conceder ayudas a los usuarios de aguas regeneradas cuando estos sustituyan todo o parte de sus recursos de agua superficial o subterránea por estas aguas. Al margen de la vía de las subvenciones, considero que debería explorarse la opción de incorporar los costes de regeneración (no de transporte o distribución) en las tasas de saneamiento y depuración, al amparo del principio del Derecho ambiental





Debería explorarse la opción de incorporar los costes de regeneración en las tasas de saneamiento y depuración, al amparo del principio “quien contamina paga”



De una combinación inteligente de todos estos recursos y tecnologías dependerá la seguridad hídrica en nuestro país en los años venideros



quien contamina paga, lo que incrementaría sensiblemente la demanda de aguas regeneradas.

### **¿Impone el Reglamento nuevas obligaciones cuyo cumplimiento suponga un reto?**

Los procedimientos de validación de instalaciones pueden presentar problemas en algunos casos, y es precisa la elaboración de un programa de gestión del riesgo en cada sistema integral de reutilización. En este último aspecto se va con bastante retraso, dado que los operadores todavía no cuentan con directrices

claras sobre cómo elaborar estos instrumentos, que son por otra parte el elemento fundamental del sistema regulador del reglamento comunitario. Algunos parámetros de calidad, como las rigurosas exigencias de eliminación de la *Escherichia coli*, han sido señalados por los expertos como desproporcionados y pueden generar elevados costes y riesgos de incumplimiento. Con todo, la existencia del reglamento español desde 2007, cuyas exigencias de calidad son también exigentes y en buena medida equiparables a las comunitarias, sitúan a España en una buena situación para afrontar las nuevas exigencias. La prueba es que desde que se viene realizando reutilización en España no se ha producido ninguna incidencia sanitaria o ambiental reseñable vinculada a la utilización de estos recursos.

### **¿Qué desafíos trae consigo la aplicación de la norma?**

El desafío a corto plazo es adaptar el sector a unas reglas y plazos exigentes, que son los señalados en la disposición transitoria única del Real Decreto-ley 4/2023, de 11 de mayo. Los operadores deberán cumplir diversos hitos el 26 de junio de 2023, y a finales de 2025, mientras que los usuarios tendrán mayor margen, hasta finales de 2028. El sector se ha venido adaptando desde que ese aprobara el Reglamento comunitario en 2020, pero las autoridades españolas han tardado en exceso en incorporar el Reglamento a nuestro ordenamiento jurídico, y además lo han hecho de manera incompleta, ya que falta todavía por aprobar el desarrollo reglamentario interno. Se da además la circunstancia de que hoy día conviven dos regulaciones en materia de reutilización. La vinculada al reglamento comunitario, relativa a las aguas regeneradas de procedencia urbana y destino agrícola, y el resto de usos, que siguen bajo la vigencia del reglamento español de 2007. Una unificación de ambos regímenes resulta recomendable.

### **Con la vista puesta en un futuro ¿qué podremos esperar del panorama hídrico español en los próximos años?, ¿cómo se espera que haya evolucionado el sector?**

No hay alternativa a la aportación de todas las fuentes de suministro posibles, tanto las tradicionales: aguas superficiales, subterráneas, y trasvases, como los llamados recursos no convencionales: desalación y reutilización. De una combinación inteligente de todos estos recursos y tecnologías dependerá la seguridad hídrica en nuestro país en los años venideros. La evolución del sector, sin duda, será exponencial en los próximos años, al ser una fuente segura, fiable, de proximidad, económicamente sostenible, y alineada con los objetivos ambientales más rigurosos. ●



# W-TANK en piscifactorías con cero residuos



Los depósitos W-TANK cuentan con una gran versatilidad, siendo aptos para multitud de aplicaciones. Recientemente Toro Equipment ha suministrado sus tanques en el sector de las piscifactorías, concretamente la instalación de los depósitos se ha destinado a la regeneración del agua.

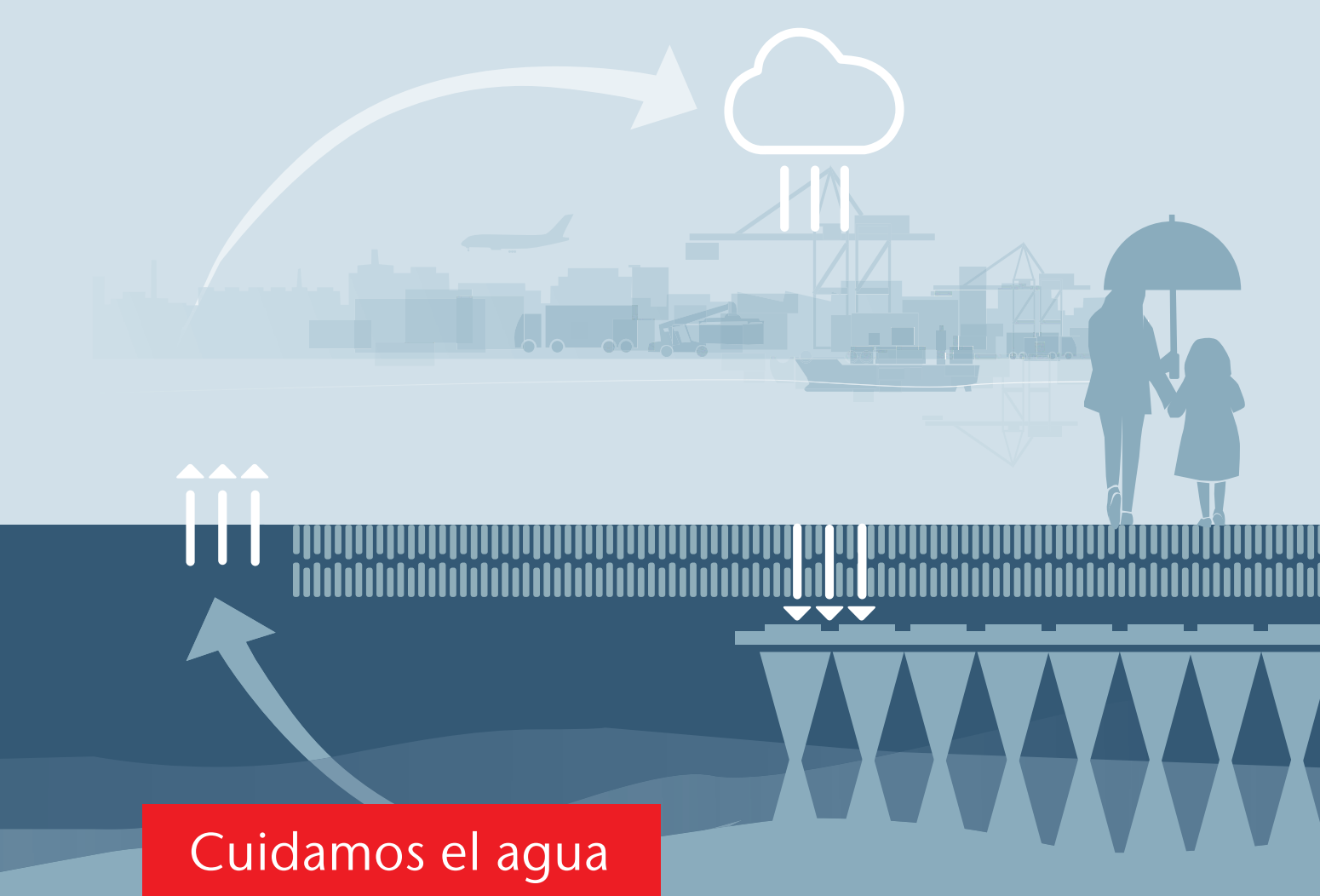
Este proyecto ha sido posible gracias a la versatilidad de los W-TANK, junto a una empresa de Israel y cuya finalidad es la de unir estos tanques con su

tecnología de reciclaje del agua, consiguiendo la eliminación del mal olor de las aguas estancadas. Esta tecnología hace que los peces cultivados en piscifactorías crezcan más sanos y resistentes a las enfermedades, consiguiendo así, un alimento mucho más saludable. Los peces sanos transforman el alimento en biomasa de forma más eficaz y, por tanto, crecen más rápido con menores costes de producción.

Los depósitos de W-TANK, fabricados en PRFV (Poliéster Reforzado con

Fibra de Vidrio) los hace la mejor opción para este tipo de aguas salinas, ya que es un material muy resistente a la corrosión. Además, gracias a la versatilidad del material es posible la personalización de los diseños de procesos como, por ejemplo, los tanques concéntricos. ●

**TORO EQUIPMENT**  
[www.toroequipment.com/es/](http://www.toroequipment.com/es/)



Cuidamos el agua

para cuidar a las personas

## Tecnología al servicio del ciclo del agua

El agua es un recurso vital para las personas y para nuestro planeta. En ACO trabajamos para gestionarla de manera eficiente y devolverla limpia al medio ambiente, para que pueda volver nuevamente a nosotros a través del ciclo hidrológico natural.

En ACO Iberia y ACO Remosa diseñamos soluciones, fabricamos productos e instalamos sistemas que recogen las aguas pluviales y residuales, las limpian, las retienen y permiten reutilizarlas. Desde nuestro departamento ACO Service ofrecemos a instaladores y responsables de mante-

nimiento servicios de asesoría técnica, auditoría, puesta en marcha, limpieza, mantenimiento y recambios originales. Y en ACO Engineering, nuestra división de consultoría e ingeniería, elaboramos y ejecutamos proyectos tanto en los sectores industriales, como en el doméstico, utilizando nuestra innovación tecnológica y la experiencia aplicada en centenares de instalaciones. Todo para que cultivos, ciudades, industrias, hogares y personas sigamos disponiendo de este bien imprescindible: el agua.

ACO. we care for water







REPORTAJE


---

# Garantizando el agua en España

---

Seguridad hídrica, regeneración  
y reutilización:  
retos, consecuencias, tecnologías y proyectos

---

 Patricia Ruiz Guevara

**EL CAMBIO CLIMÁTICO HA PROPICIADO UN INCREMENTO DEL ESTRÉS HÍDRICO EN ESPAÑA, UN PAÍS CON DISTINTAS CASUÍSTICAS Y ESCASEZ ESTRUCTURAL, ESPECIALMENTE DELICADA EN LA REGIÓN DEL MEDITERRÁNEO. LAS CONSECUENCIAS DE NO DISPONER DE AGUA TIENEN IMPACTO MEDIOAMBIENTAL, SOCIAL Y ECONÓMICO, PERO DISTINTOS PROYECTOS A LO LARGO Y ANCHO DE ESPAÑA BUSCAN ANTICIPARSE A ELLOS. ¿CÓMO? CON AGUA REGENERADA, I+D+I Y TECNOLOGÍA.**

**A**brir el grifo de casa y que salga agua es -además de una proeza de la ingeniería a la que nos hemos acostumbrado- algo normal en España. Nos extrañaríamos si sucediera lo contrario. También es normal pensar que disponemos de agua para la agricultura, el riego de jardines, la limpieza urbana, la industria y un sinfín de cosas más. Puede que, en realidad, no pensemos mucho en ello. Pero lo normal se puede trastocar si no se reacciona a tiempo.

Tener acceso a agua es, literalmente, vital. De hecho, garantizar la disponibilidad de agua y su gestión sostenible es uno de los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) de las Naciones Unidas, fijados en la Agenda 2030. A esto hace referencia el término de seguridad hídrica: a la capacidad de una sociedad para asegurar que hay acceso a agua de calidad para personas e industrias.

Se trata de un concepto muy amplio que abarca distintos aspectos, incide Francisco Cabezas, director de la Fundación Instituto Euromediterráneo

del Agua (F-IEA) de la Región de Murcia: "Más allá del concepto de gestión integrada (una aproximación vertical centrada en el ciclo hídrico), es necesario considerar como elementos relacionados con la seguridad hídrica tanto los relativos específicamente al agua y su suministro en cantidad y calidad adecuadas, como a los aspectos relacionados estrechamente con el agua como la energía, la alimentación, la salud y la organización y formación institucional".

Desde la Unesco (Organización de las Naciones Unidas para la Educa-







Tanto la Región de Murcia como parte de la Comunidad Valenciana tienen problemas graves, no tanto de sequía, sino de escasez estructural y coyuntural.

**Joaquín Melgarejo,** coordinador de Relaciones Institucionales del Instituto Universitario del Agua y de las Ciencias Ambientales (IUACA) de la Universidad de Alicante.

ción, la Ciencia y la Cultura) recuerdan que la seguridad hídrica es cada vez más compleja y urgente debido a varios factores: el aumento poblacional en las últimas décadas, la concentración en ciudades, la degradación de la calidad del agua, los cambios del uso del suelo y el creciente impacto de las inundaciones, sequías y otros efectos hidrológicos relacionados con el cambio climático, que juega un papel especialmente delicado en España.

La vulnerabilidad hídrica y sus consecuencias se manifiestan; las opciones para reutilizar y regenerar el agua de la mano de distintas tecnologías y proyectos, también.

## SEGURIDAD HÍDRICA Y CAMBIO CLIMÁTICO EN ESPAÑA

Tener garantizado o no el acceso a agua está directamente relacionado con la crisis climática. “El cambio climático afecta a los recursos hídricos: aumenta la variabilidad del ciclo del agua (inundaciones, sequías), dificulta la previsión de la disponibilidad de re-

ursos, disminuye la calidad del agua y, sobre todo, agrava aún más su escasez”, recopila Javier Santos, director de Tratamientos de Agua y Economía Circular en Agbar, parte del grupo Veolia.

En concreto, en España el cambio climático pone contra las cuerdas la seguridad hídrica. Según el informe *Cambio Climático 2022: Impactos, Adaptación y Vulnerabilidad* del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC, por sus siglas en inglés), la región mediterránea es particularmente sensible a los impactos del cambio climático sobre el agua, que además experimenta un problema de agua estructural.

“Tanto la Región de Murcia como parte de la Comunidad Valenciana tienen problemas graves, no tanto de sequía, sino de escasez estructural y coyuntural. Es decir, que con los recursos disponibles difícilmente se puede cubrir todo el conjunto de las demandas, especialmente en los momentos en que se agudiza la crisis por la meteorología o el clima”, explica Joaquín Melgarejo, coordinador de Relaciones Institucionales del Instituto Universitario del Agua y

de las Ciencias Ambientales (IUACA) de la Universidad de Alicante.

Pero no es solo la zona del Mediterráneo: España entera ha afrontado una primavera de 2023 marcada por la sequía y la península ibérica ha sido estos meses la zona de Europa más afectada por la sequía, según datos del European Drought Observatory (Observatorio Europeo de la Sequía) del Centro Común de Investigación de la Comisión Europea.

“La situación actual en España es muy preocupante. Según estimaciones del Ministerio de Transición Ecológica, el 70% del territorio español está expuesto al riesgo de desertificación”, detalla Raffaella Meffe, directora adjunta de IMDEA Agua. “Somos uno de los países de la Unión Europea más afectados por el cambio climático, con episodios meteorológicos cada vez más frecuentes y extremos. La escasez del agua es un desafío importante para gran parte del país, incluso en aquellas zonas que habitualmente no padecen de falta de agua”, coincide Santos.

Por ejemplo, ha sido el caso de Cataluña, donde este año se han decla-



Debemos analizar soluciones locales o, como mucho, regionales, que ayuden a una mejora de la gestión de los recursos hídricos.

**Lluís Sala,**  
jefe del Servicio de Abastecimiento y Regeneración Consorci d'Aigües Costa Brava Girona.

rado casi 500 municipios en situación de excepcionalidad por sequía y se han establecido restricciones de agua, recuerdan ambos expertos. Melgarejo también menciona la situación de las mesetas, tanto en Castilla y León como en Castilla La Mancha, y de zonas de Andalucía y Extremadura.



### RETOS Y SOLUCIONES POR DELANTE

*Grosso modo*, ¿qué soluciones puede implementar un país como España para garantizar la seguridad hídrica ante los retos que se le presentan?

Lluís Sala, jefe del Servicio de Abastecimiento y Regeneración Consorci d'Aigües Costa Brava Girona, recuerda en primer lugar que España es un país con diversidad geoclimática en el que la seguridad hídrica puede mostrar diferentes situaciones. Además, "el transporte de agua es caro, tanto en in-

fraestructuras como en energía para los bombeos", y por eso cree que más que mirar a soluciones globales de país, es más adecuado "analizar soluciones locales o, como mucho, regionales, que ayuden a una mejora de la gestión de los recursos hídricos". También influye el tipo de uso del agua: "No es lo mismo garantizar la seguridad hídrica de los regadíos, que utilizan una parte muy importante del agua total, que la de los abastecimientos, que representan una fracción mucho menor".

Con este escenario, si miramos al agua de buena calidad, Sala reconoce



que ya está explotada, utilizada o comprometida, y que ahora toca poner la vista en otras fuentes: “La desalación y del abanico de soluciones que se amparan bajo el apelativo de regeneración”.

Estanislao Arana, director académico del Foro de la Economía del Agua, coincide, y cree que las soluciones pasan por “potenciar la reutilización, regeneración y desalación del agua, así como por la modernización de los regadíos y la digitalización del sector”. Todo esto deberá ir de la mano de “políticas diseñadas para realizar una gestión eficiente y sostenible del

agua, que le aporte el valor económico que realmente tiene para sus diversos usos”, considera.

A todo esto se añade otro reto: la aceptación social, sostiene Meffe. “La percepción de la ciudadanía hacia la reutilización puede conllevar una baja aceptación, sobre todo cuando está asociada a la producción de alimentos (uso agrícola) o a la producción de agua para consumo humano” y, por lo general, “la falta de información es la causa principal del rechazo social”, considera.

### REGENERACIÓN Y REUTILIZACIÓN DE LAS AGUAS, CLAVE

“Frente al gran reto de la escasez hídrica, la solución para garantizar la disponibilidad de agua pasa por la regeneración y reutilización de las aguas residuales”, afirma contundente Javier Santos de Agbar. Esto es algo que en España ya tenemos más o menos aprendido: es el primer país de Europa y el quinto del mundo en el uso de agua regenerada; el porcentaje de agua que se reutiliza actualmente en España se cifra entre el 7% y el 13% del total de agua residual, según datos de la Asociación Española de Desalación y Reutilización (AEDyR).

“Tenemos dos provincias pioneras en toda España por la eficacia y por la eficiencia en el uso sobre todo del agua regenerada: Murcia, donde se reutiliza en torno al 90% de la totalidad del agua de abastecimiento, y la provincia de Alicante, en torno al 70%”, indica Melgarejo. También son las dos comunidades con mejores datos, la Región de Murcia y la Comunidad Valenciana.

En Agbar (parte del grupo Veolia), también saben de buenas cifras, ya que se encargan de más del 25% de agua residual tratada en España y, en total, el grupo reutiliza 141,85 hectómetros cúbicos de agua al año. “Gra-



Frente al gran reto de la escasez hídrica, la solución para garantizar la disponibilidad de agua pasa por la regeneración y reutilización de las aguas residuales.

**Javier Santos,**  
director de  
Tratamientos de  
Agua y Economía  
Circular en Agbar.

cias a la reutilización pasamos de un modelo de economía lineal hacia un modelo de economía circular, retornando el agua depurada y regenerada con una calidad óptima al medio del que se extrajo, o bien destinándola en agricultura, en industria, así como en



La regulación normativa y jurídica de las aguas regeneradas son las áreas donde es necesario un mayor desarrollo.

**Francisco Cabezas,** director de la Fundación Instituto Euromediterráneo del Agua (F-IEA) de la Región de Murcia.

las propias ciudades”, explica Santos. Este triple uso urbano, agrícola e industrial permite reducir la presión sobre los recursos hídricos en el contexto de sequía y crisis climática.

Además, “la reutilización de agua es clave para garantizar la seguridad hídrica porque proporciona un aporte adicional estable al ser más independiente de las variaciones climáticas que los recursos hídricos convencionales”, matiza Meffe de IMDEA Agua.

Concretamente, el agua regenerada es una de las opciones relevantes para paliar los déficit de recursos hídricos “en aquellas zonas donde otros recursos más convencionales, como los superficiales o subterráneos, ya han sido prácticamente agotados”, especifica Francisco Cabezas.

Y no solo se contribuye al equilibrio hídrico y a cerrar el ciclo integral del agua. “A través del agua regenerada procedente de la depuración de las aguas urbanas, podemos cubrir parte de las necesidades de la agricultura y obtener biogás y otros subproductos de gran utilidad, como fertilizantes, nitratos, fósforo y potasio”, agrega Arana.

La pregunta es, ¿se está haciendo lo suficiente en España, o se podría hacer más? Cabezas sostiene que en España hay fórmulas regionales para su

gestión con resultados muy positivos y que los avances tecnológicos se han ido incorporando de forma cada vez más eficiente y a menor coste. “Quizá los elementos donde es necesario un mayor desarrollo no sean los estrictamente tecnológicos, sino los relacionados con la regulación normativa y jurídica de estas aguas”, apunta.

Por su parte, Santos considera que este modelo tiene gran potencial para desarrollarse, pero que requiere de un cambio en las inversiones dedicadas al ámbito de saneamiento: “En estos momentos se está invirtiendo aproximadamente la cuarta parte de las necesidades reales de renovación para cumplir los compromisos europeos sobre depuración de aguas residuales”, dice.

Para Arana también hay margen de crecimiento, y el experto menciona el libro *La Economía Circular y el sector del agua en España: análisis jurídico-económico*, editado por el Foro de la Economía del Agua y del que Joaquín Melgarejo es coautor. En él se sostiene que las aguas regeneradas cuentan con importantes ventajas ya que son “un recurso estable, más barato que el obtenido a través de la desalinización y con un menor consumo de energía”.

### CLAVE, PERO INSUFICIENTE PARA GARANTIZAR LA SEGURIDAD HÍDRICA

A medida que uno analiza cómo se puede garantizar la seguridad hídrica, encuentra factores y detecta como principal solución el agua regenerada, emergen más preguntas. ¿Es suficiente con la reutilización de agua regenerada para garantizar la seguridad hídrica? ¿Qué abanico de opciones de agua deberían considerarse? Preguntamos a los expertos, que coinciden.

“En general la reutilización de aguas regeneradas no es suficiente para garantizar la seguridad hídrica. Un caso palmario de esta situación es el que proporciona la Región de Murcia y en general toda el área del sureste peninsular donde, pese a los muy importantes esfuerzos realizados en reutilización del agua, alcanzando niveles próximos a los límites técnicos máximos posibles, el problema del suministro hídrico en cantidad y calidad suficiente, y a precios viables, dista aún de estar resuelto”, considera Francisco Cabezas del F-IEA.

Para Raffaella Meffe, la reutilización del agua tiene que “enmarcarse en un plan de gestión de agua estratégico que incluya un uso eficiente de los recursos hídricos, una correcta

## Consecuencias de la “inseguridad” hídrica

¿Qué pasa si un país como España no tiene capacidad para disponer de agua? ¿Qué sucede si no hay el agua suficiente para el consumo, la agricultura y otras actividades? Las consecuencias no se quedan en un único plano, sino que afectan a varios niveles. “El agua es un elemento transversal y no debe sorprender que, si la seguridad hídrica no se garantiza, se generen problemas en los diferentes sectores: social, económico, medioambiental, político, tecnológico, industrial, etcétera”, resume Raffaella Meffe, directora adjunta de IMDEA Agua.

El económico es un plano, sin duda, pero como remarca Estanislao Arana, del Foro de la Economía del Agua, “el coste de la escasez de agua no puede cuantificarse solo en términos económicos: su importancia es tal que pone en peligro el derecho humano al futuro de las próximas generaciones y hace que muchas de las generaciones que aún no han nacido sean ya, *per se*, un colectivo vulnerable”. Analizamos los tres planos principales de sus efectos.

### EN EL PLANO AMBIENTAL

Desde el punto de vista medioambiental, el agua garantiza la conservación de la biodiversidad y los servicios ecosistémicos, recuerda Meffe. Por eso, “la disminución de este recurso puede conllevar que no se garanticen los caudales ecológicos de los ríos con consecuente pérdida de la flora y fauna asociadas a estos sistemas”. En concreto, Arana ejemplifica la posible pérdida de ecosistemas como humedales, ríos o estuarios.

Además, la falta de agua en los ríos también hace que empeoren los procesos de atenuación natural para

reducir las sustancias contaminantes. En consecuencia, “una disminución de los caudales de los ríos es responsable generalmente de un empeoramiento de la calidad del agua poniendo en peligro la salud de los ecosistemas acuáticos y, a través de ellos, la salud del ser humano”, aglutina Meffe.

### EN EL PLANO SOCIAL

La escasez de agua está íntimamente relacionada con la generación de conflictos sociales, crisis humanitarias y movimientos migratorios, coinciden Meffe y Arana. “Puede desencadenar conflictos para el acceso y el control del agua. También, si afecta negativamente a la producción agrícola, puede poner en peligro la seguridad alimentaria”, indica Meffe.

Como explica Arana, esto se traduce en que “comunidades enteras compiten por una cantidad de recursos cada vez menor y ese conflicto lleva, a su vez, a un aumento de la presión sobre el abastecimiento de agua y comida”, lo que puede obligar a muchas familias a abandonar sus hogares para buscar otros medios de subsistencia y suministros de agua fiables. A la postre, se generan “tensiones, conflictos y movimientos migratorios”, resume Meffe.

### EN EL PLANO ECONÓMICO

El agua es un recurso vinculado a muchas actividades económicas como las que se desarrollan en el sector agroalimentario, energético, industrial y de transporte, recuerda Meffe. Por tanto, “es evidente que, si existe un problema de seguridad hídrica en términos de cantidad y calidad, todos estos sectores se verán afectados con consecuentes pérdidas monetarias”.

Por ejemplo, la escasez hídrica tendría un impacto negativo en el campo de la producción de energía “por la relación directa que tiene con la producción de energía hidroeléctrica o por su uso, aunque en menor medida, en procesos de refrigeración”. La experta recuerda también que puede frenar avances e innovaciones que se están acometiendo ahora, como la producción de hidrógeno renovable (verde): “Está actualmente vinculada a las reservas de agua dulce y, por tanto, sería vulnerable a la escasez hídrica”.

No es solo el dinero que se pierde si hay escasez hídrica, también el que tiene que invertirse para revertir la situación. Arana menciona el informe de 2020 del World Resources Institute (Instituto de Recursos Mundiales), que asegura que para conseguir un acceso equitativo al agua potable para todos en 2030 podría ser necesario triplicar las actuales cifras de inversión. A nivel mundial, para hacer frente a la escasez de agua se debería invertir un total de 445.000 millones de dólares al año debido a la magnitud del problema, según el informe.

Hay más datos que atestiguan el coste que supone no poder garantizar el acceso a agua, subraya Arana: “Desde el Banco Mundial apuntan que, si se mantiene el crecimiento demográfico y las actuales prácticas de gestión del agua, en 2030 el mundo tendrá un déficit del 40% entre la demanda y el suministro de agua. Esto supondrá una carestía que puede tener un coste de hasta el 6% del producto interior bruto (PIB) en algunas regiones”. Joaquín Melgarejo, de IUACA, sostiene que si la seguridad hídrica no se mantiene califica que las consecuencias económicas podrían ser “gravísimas”.

depuración del agua y una protección adecuada frente a la contaminación". Para la experta, "otro recurso complementario es el agua desalada", y recuerda que España es el cuarto país del mundo en cuanto a capacidad de producción de agua desalada, que se destina para abastecimiento, riego y uso industrial.

Javier Santos también cree en la importancia de abrir el espectro de soluciones: "Apostamos por una gestión responsable y diversificada del agua con orígenes muy diversos (acuíferos, ríos, desalada, regenerada, etc.). En este 'mix', la regeneración y reutilización de las aguas residuales constituye un pilar clave de la estrategia del grupo, pero es cierto que debemos trabajar en un abanico de soluciones adaptadas a las necesidades reales de cada sector".

Lluís Sala se suma a estas opiniones, pero reivindica la omnipresencia de las aguas reutilizadas: "La reutilización de agua por sí sola seguramente no va a ser suficiente para asegurar el abastecimiento, pero sin ella las cosas serían peores en el futuro. En zonas sujetas a episodios ocasionales de sequía no es posible hacer un planteamiento en el cual no tenga algún papel a jugar, aunque deberá ir acompañada de otras medidas, como el aumento de la eficiencia del uso del agua en cualquier ámbito".

En esta misma línea, Joaquín Melgarejo cree que hay que ir un paso más allá y colocar sobre la mesa soluciones permanentes que contemplen también otro tipo de aproximaciones. Por ejemplo, una mejor utilización de los recursos superficiales, mejorar los sistemas de riego y fertilización, y la eficiencia de la red de abastecimiento. Como asterisco, apunta, mejorar la regulación hídrica, y subraya que todo debe ser complementario al resto de los recursos: las aguas subterráneas, las aguas superficiales, las aguas regeneradas



La reutilización  
tiene que  
enmarcarse en un  
plan de gestión de  
agua estratégico  
que incluya un uso  
eficiente de los  
recursos hídricos,  
una correcta  
depuración y  
una protección  
adecuada frente a  
la contaminación.

—  
**Raffaella Meffe,**  
directora adjunta de  
IMDEA Agua.

y las aguas desalinizadas. "Todo es esencial para mantener la seguridad hídrica o intentar corregir el déficit hídrico", insiste Melgarejo.

### PROYECTOS QUE PINEAR EN EL MAPA

Existen muchos ejemplos de éxito sobre la reutilización de agua para tratar de garantizar la seguridad hídrica, tanto a nivel local como regional. Raffaella Meffe menciona el proyecto de la empresa papelera Holmen Paper en Madrid "que, en 2011, fue la primera empresa europea de este sector en utilizar el 100% de agua regenerada a partir del efluente de una estación de depuración de agua residual".

En Catalunya, la experta señala el problema de "los acuíferos del delta del Llobregat, estratégicos para el suministro de agua en la zona, y que han sido tan intensamente explotados que su integridad se ha visto amenazada por los descensos de los niveles piezométricos y la intrusión salina". En este caso, el agua regenerada procedente de la EDAR gestionada por Agbar se utiliza para recargar los acuíferos mediante pozos de inyección profunda y balsas de infiltración y para protegerlos de la intrusión salina mediante barreras hidráulicas, explica.

A escala mundial menciona Windhoek, la capital de Namibia, donde se lleva a cabo desde finales de los años 60 la reutilización potable directa para consumo humano. "El país es el líder mundial de esta práctica y lo que ha impulsado este liderazgo ha sido la severa y continuada necesidad de agua en la región. Este año se ha puesto en marcha un segundo proyecto financiado por el Banco Alemán de Desarrollo", detalla.

En el Consorci d'Aigües Costa Brava Girona, desde finales de los años 80 se han ido desarrollando actuaciones para la producción de agua re-

generada, “que se han ido mejorando paulatinamente a través de inversiones en tratamiento y que han aportado la capacidad para cubrir demandas de riego, ambientales y de usos urbanos”, explica Lluís Sala. Para todo ello, la tecnología ha sido esencial, indica el experto. Para ellos, le da “un nuevo sentido al saneamiento, que pasa a ser una actividad que ya no busca deshacerse del agua residual tratada, sino que lo orienta hacia la una mejora de rendimientos a partir de los cuales generar nuevos recursos de agua”. Sala menciona otras referencias de instalaciones a gran escala en distintos lugares del mundo, como el Condado de Orange, en California (EEUU), y Singapur.

Javier Santos de Agbar ejemplifica el proyecto Guardian en la Comunidad Valenciana, una iniciativa destinada a aumentar la resiliencia a incendios, en una zona del Parc Natural del Túria (Valencia) a través del agua regenerada proveniente de la depuradora de Camp de Turia II. “El proyecto adopta una estrategia combinada basada en el uso de agua regenerada para la mitigación y protección contra incendios, proporcionando riego preventivo y patrones de aspersión de agua de extinción programados automáticamente. Es la mayor estructura de este tipo en Europa y la segunda del mundo”, señala.

En la Región de Murcia, Santos destaca el sistema de reutilización de agua de la depuradora Cabezo Beaza, en Cartagena, “enfocado al 100% a uso agrícola, contribuyendo a paliar los efectos de la sequía en una de las principales zonas agrícolas de España”. La planta trata 7.319 metros cúbicos de agua al día, “lo que equivale a abastecer de este preciado recurso a 4.300 hectáreas de cultivo”.

Por último, en Canarias, el experto menciona que el déficit hídrico se acerca al 35% por lo que la gestión del agua es un gran desafío en el archipiélago. “La depuradora de Las Burras, situada



Aún tenemos que recorrer un largo camino para conseguir una sostenibilidad del agua a largo plazo y remitir su sobreexplotación.

**Estanislao Arana,**  
director académico  
del Foro de la  
Economía del Agua.

en el sur de la isla de Gran Canaria, suministra agua regenerada a tres campos de golf que ocupan una superficie de 2 kilómetros cuadrados, consumiendo en 2022 1.700.000 metros cúbicos de agua regenerada”, detalla Santos.

## UNA PARTIDA AVANZADA QUE HAY QUE SEGUIR JUGANDO

Los expertos y expertas consultados coinciden en que, por la escasez estructural a la que se enfrentan partes del país, España ya tiene mucho avanzado (hemos visto solo algunos ejemplos de los muchos en marcha) para sortear la escasez del agua y garantizar la seguridad hídrica. Pero “aún tenemos que recorrer un largo camino para conseguir una sostenibilidad del agua a largo plazo y remitir su sobreexplotación”, añade Estanislao Arana. ¿Objetivos ideales? Conseguir una regeneración y circularidad del agua del cien por cien, unido a un aumento en las inversiones para modernizar la red de abastecimiento y alcantarillado y así evitar pérdidas, desea el experto.

Francisco Cabezas considera que “la seguridad hídrica es hoy uno de los desafíos estratégicos a lo que se enfrenta el planeta, tal y como la seguridad climática o la seguridad nuclear”, compara. “La escasez y falta de garantía del suministro de agua hace a las sociedades más vulnerables y las coloca en una posición de extrema fragilidad. Es necesario que se tome conciencia de este problema por parte de las autoridades nacionales, y se le otorgue por los gobiernos y parlamentos una prioridad política de primer orden”, afirma.

También “es necesario implementar con urgencia cambios transformadores para encaminarnos hacia una gestión más sostenible de los recursos hídricos, mediante proyectos responsables con el planeta y que doten de una mayor resiliencia a las ciudades y también a los entornos rurales, y en los que el agua juega un papel fundamental”, apunta por su parte Javier Santos. Para ello, el experto cree se requiere un acuerdo de todos los actores –estatal, autonómico, local y la propia ciudadanía porque, como concluye, “la seguridad hídrica es esencial y estamos trabajando para poder garantizar la disponibilidad del agua en el futuro”.

## Qué hace España a nivel gubernamental por la seguridad hídrica

**T**rabajar desde distintos ámbitos es vital para poder garantizar la disponibilidad del agua en el futuro. A nivel gubernamental, desde España el Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico (MITECO) cuenta con una serie de medidas y planes estratégicos.

“Para hacer frente a los retos que el cambio climático supone para la gestión del agua, en julio de 2022 el Consejo de Ministros, de acuerdo con lo establecido en Ley 7/2021, de 20 de mayo, de cambio climático y transición energética, aprobó las Orientaciones Estratégicas Agua y Clima, que tienen como objetivo principal la adaptación al cambio climático, como eje vertebrador de las estrategias de transición del sector del agua”, según apuntan desde la Dirección General del Agua del MITECO. Estas orientaciones estratégicas, desgranar, recogen los retos a los que se enfrenta la gestión del agua, las líneas de acción a seguir y los principales instrumentos disponibles, entre los que se encuentran “los planes hidrológicos, los planes de gestión del riesgo de inundación y los planes especiales de sequía”.

Los planes hidrológicos y los planes de gestión del riesgo de inundación, recientemente aprobados, “incorporan por primera vez los efectos del cambio climático sobre los recursos hídricos y sobre los ecosistemas, y prevén inversiones por valor de 22.844 millones de euros”, aseguran desde la Dirección General del Agua. Por su parte, los nuevos planes especiales de sequía en revisión “ponen mayor atención a los sistemas de abastecimiento urbano y mejoran el conocimiento de los impactos socio-económicos y ambientales causados por la sequía”

¿Cómo conseguir entonces mejorar la seguridad hídrica? Desde el MITECO indican tres acciones, que coinciden con las mencionadas por las expertas y expertos entrevistados: ahorro, eficiencia y mayor uso de la reutilización y la desalación. Se plantea un cambio de tendencia respecto a la utilización de los recursos hídricos y mayor protagonismo a la desalación y la reutilización como fórmulas para conseguir equilibrar -sobre todo en los territorios que sufren estrés hídrico-, los recursos, las demandas y los requerimientos ambientales. Para ello “se están poniendo en marcha inversiones, que se concentran en las cuencas mediterráneas, de unos 1.200 millones de euros”, afirman.

## Tecnología e innovación para la seguridad hídrica

**A**nte estos escenarios, retos y necesidades, la innovación tecnológica se presenta como una ayuda fundamental. “La tecnología y la digitalización son herramientas que proporcionan beneficios significativos en la gestión de recursos hídricos, como el monitoreo en tiempo real de la calidad del agua, la gestión eficiente de redes de suministro y distribución, la detección temprana de fugas y el análisis de datos para la toma de decisiones, imprescindible en la gestión de nuestra seguridad hídrica”, enumera Alicia Pérez Ballester, directora de Automatización y Optimización de Sistemas y Procesos en plantas de tratamiento de agua en ACCIONA.

Por ejemplo, en ACCIONA se utilizan plataformas que integran datos de consumo, del servicio, demográficos y de comportamiento humano, “lo que nos permite reducir las pérdidas de agua, aprender del sistema y del comportamiento de los consumidores, analizar patrones y controlar los riesgos del servicio”, detalla Pérez.

En ese sentido, también es importante que la población sea parte activa del uso eficiente del agua, y para ello la digitalización a través de aplicaciones móviles y portales en línea es idónea. Se hace también con automatización y digitalización de la gestión del agua en agricultura, para lo que Acciona trabaja con comunidades de regantes.

Por supuesto, se utiliza tecnología en los propios procesos de reutilización de aguas, como la tecnología relacionada con la desalación de agua del mar. “La tendencia apunta a la utilización de cada vez más energía renovable en el proceso, así como a una gestión más ecológica de las salmueras, para lograr una producción de agua dulce más barata, eficiente y sostenible”, indica Arana del Foro de la Economía del Agua.

En general, Pérez Ballester recuerda que la gestión de nuestros recursos hídricos está en proceso de digitalización, ya que en España se incluye el PERTE



(Proyecto Estratégico para la Recuperación y Transformación Económica) de digitalización del ciclo del agua, que impulsa el uso de nuevas tecnologías de la información en el ciclo integral del agua.

¿De qué tecnologías podemos hablar que, de alguna manera, contribuyan a la seguridad hídrica? De unas cuantas que ya se han hecho un hueco en la industria y se complementan y potencian entre sí.

- **Sensores e internet de las cosas.** (IoT, por sus siglas en inglés). “Se utilizan sensores y dispositivos IoT conectados para recopilar datos en tiempo real sobre la calidad del agua, niveles de agua, presión y otros parámetros relevantes. Estos datos se transmiten y se usan para monitorear y controlar los sistemas hídricos, detectar problemas y tomar decisiones informadas”, explica Pérez. Se hace, por ejemplo, en las plantas de tratamiento de agua, donde los sensores se usan para medir la turbidez, el PH o la concentración de productos químicos.

- **Big data.** Relacionado con lo anterior, “mediante el uso de sensores y el análisis de los datos se implementa el mantenimiento predictivo en las plantas de tratamiento de agua, se recopilan de distintas fuentes y se analizan de forma global y centralizada”.

- **Inteligencia artificial (IA).** “La inteligencia artificial ya se está utilizando en la seguridad hídrica y su potencial es enorme”, asegura la experta. La IA puede manejar grandes volúmenes de datos de sensores y sistemas en tiempo real para analizar patrones, tendencias o anomalías en la calidad del agua, el caudal, los niveles o el consumo energético de las instalaciones, lo que permite una detección temprana de posibles problemas y mejora la toma de decisiones. “En Acciona utilizamos IA para la optimización de algunos de nuestros procesos en las plantas de agua”, indica. En general,

permite analizar datos e identificar patrones. Esto permite “predecir la demanda de agua, identificar puntos de alto consumo y desarrollar estrategias para reducir el consumo excesivo de agua”, y también “aplicarse a la creación de modelos y simulaciones para predecir el comportamiento de los sistemas hídricos y evaluar diferentes escenarios, como para alerta temprana ante desastres relacionados con el agua, como sequías o inundaciones”.

- **Gemelos digitales.** Entendidos como simuladores de procesos, se están utilizando para optimizar los procesos y ayudar en la toma de decisiones. Por ejemplo, “en plantas de nueva construcción se usan para analizar su comportamiento durante el diseño, probar los sistemas de control y para la formación de los operadores antes de que la planta esté construida”.

En resumen, Pérez afirma que “el papel que la tecnología tiene en la seguridad hídrica es cada vez más importante, ya que nos permite obtener el máximo rendimiento de nuestras infraestructuras hidráulicas y hacerlas cada vez más sostenibles”. Estanislao Arana coincide: “La digitalización en el sector del agua va a resultar fundamental en los próximos años, en la medida en que va a procurar, en todos los ámbitos (urbano, regadío, etc.), un mejor aprovechamiento y un menor consumo del recurso”.

En general, Francisco Cabezas, de la Fundación Instituto Euromediterráneo del Agua, considera que la actividad de I+D+i relacionada con el uso y gestión de los recursos hídricos ha experimentado importantes avances en los últimos años. “Con numerosas instituciones dedicadas a ello tanto desde una perspectiva hidrológica como industrial, económica o ambiental, y a diferentes escalas, se está produciendo una investigación activa que debe dar lugar a avances significativos”, concluye. ●



El papel que la tecnología tiene en la seguridad hídrica es cada vez más importante, ya que nos permite obtener el máximo rendimiento de nuestras infraestructuras hidráulicas y hacerlas cada vez más sostenibles.

**Alicia Pérez Ballester,**  
directora de  
Automatización y  
Optimización de Sistemas  
y Procesos en plantas de  
tratamiento de agua de  
ACCIONA Agua.



Vista del interior del Mercado de Bolhão.  
Foto: Cedidas por Guilherme Costa Oliveira-CM. Porto.

# Rehabilitación del Mercado do Bolhão con drenaje para aguas pluviales de ACO

LAS INTERVENCIONES LLEVADAS A CABO EN ESTE EMBLEMÁTICO EDIFICIO SE BASAN EN MANTENER SU USO, RECUPERAR SU IDENTIDAD ARQUITECTÓNICA Y MEJORAR SUS INSTALACIONES

Construido en 1914, el Mercado do Bolhão es un edificio emblemático de la ciudad de Oporto que cuenta con un gran valor patrimonial, lo que lo convierte en un equipamiento singular, aunque cuya función principal sigue siendo la de mercado de abastos tradicional. La

intervención propuesta se basa en la recuperación y puesta en valor del edificio para adaptarlo tanto a la normativa vigente como a los requerimientos de la actividad propia de un mercado de productos frescos. Esta actuación de transformación pretende recuperar la identidad y coherencia

del edificio, así como actualizar la función social del mercado en la ciudad.

El proyecto, firmado por el estudio de arquitectura Nuno Valentim, busca devolver la dignidad a esta joya neoclásica manteniendo su actividad de mercado de productos frescos y complementándola con nuevos espacios comerciales

y de restauración acordes con las demandas actuales de la ciudad.

A la restauración de la fachada, se le ha sumado una completa renovación del equipamiento interior que permite contar con 79 puestos de mercado tapados por una cubierta metálica, 38 lonjas exteriores y 10 restaurantes. Además, se ha habilitado un espacio para actividades de "showcooking" con una cocina completamente equipada para acoger eventos relacionados con la cocina. En las plantas superiores, un largo corredor abierto funciona ahora como un espacio mirador del edificio. Finalmente, el mercado ha mejorado su accesibi-

lidad gracias a la instalación de 10 ascensores para usuarios y comerciantes, así como también se ha creado un acceso directo al metro.

### DRENAJES ACO PARA AGUAS PLUVIALES

Para la evacuación de las aguas pluviales y residuales, se ha optado por el diseño de un sistema de drenaje lineal y puntual que se distribuye a lo largo de las diferentes áreas y plantas del mercado. Los canales de drenaje elegidos están fabricados en hormigón polímero y combinan las soluciones Self y Multidrain, dependiendo del

Entre estas actuaciones, se encuentra la instalación de canales de ACO para la mejora del drenaje de aguas pluviales y residuales



Vista del interior del Mercado de Bolhão.  
Foto: Cedidas por Guilherme Costa Oliveira-CM Porto.

caudal de evacuación necesario. Según el lugar donde se han instalado, se ha optado por diferentes tipologías de rejillas. En la zona de acceso principal, que se abre al mercado como una gran plaza, se ha optado por la rejilla ACO Brickslot en L. Esta rejilla "invisible" permite mantener la imagen minimalista e industrial del complejo, garantizando la recogida de aguas pluviales y evitando la formación de charcos en las zonas peatonales.

En cambio, en las lonjas y puestos de mercado, se ha optado por rejillas de hierro fundido, que han sido colocadas en el perímetro y en los accesos a los puestos. Esto permite que el agua resultante de la limpieza de los puestos o del hielo utilizado para mantener frescos pescados y mariscos en exposición, se recoja en este sistema de desagüe sin crear charcos ahí donde circulan los visitantes del mercado. Estas rejillas destacan además por su gran resistencia a la corrosión. ●

## MULTIDRAIN DE ACO

El sistema MULTIDRAIN, gracias a su diseño en forma de V, aumenta la velocidad del agua y maximiza la capacidad hidráulica efectiva y el autolimpieza del canal. Permite también la instalación de drenaje lineal con pendiente incorporada, en cascada o sin pendiente. El sistema MULTIDRAIN está disponible en anchos de 100, 150, 200, 250 y 300 mm y todos los canales disponen de pre-forma para salida vertical.



**i** ACO  
www.aco.es



# Remodelación y mejora de la EDARi de Papresa en Errenteria



La nueva depuradora se ha ubicado en el interior de un edificio existente en desuso

EN EL MARCO DE SU COMPROMISO MEDIOAMBIENTAL, PAPRESA HA EJECUTADO LA REMODELACIÓN Y MEJORA DE SUS INSTALACIONES DE DEPURACIÓN DE AGUAS RESIDUALES, ADAPTÁNDOSE A LOS MÁS EXIGENTES REQUERIMIENTOS DE TRATAMIENTO Y ADOPTANDO LAS MEJORES TECNOLOGÍAS DISPONIBLES PARA EL SECTOR



**E**l agua es un recurso finito y es imprescindible para las operaciones de la industria papelera, por eso se hace trascendental su correcto tratamiento y gestión con el fin de ser devuelta al medio natural con los mayores estándares de calidad una vez usada. En el marco de su compromiso medioambiental, Papresa, compañía papelera histórica con más de 125 años de antigüedad, ha puesto en marcha una serie de mejoras y cambios en su fábrica para adoptar las técnicas de depuración más avanzadas para ajustarse a la legislación vigente.

Concretamente, dos años atrás la compañía realizó un estudio para poder definir los cambios necesarios para asegurar que el agua que emplean en la fabricación de papel prensa y papel para embalaje se devolviera a la naturaleza en las mejores condiciones posibles. Por ello, de cara a la optimización del consumo de este recurso natural cada vez más escaso, han implementado una nueva gestión hídrica que mantiene el consumo unitario de agua fría de la fábrica, registrando en la actualidad el rango de valores más bajos de su historia.

A raíz de las conclusiones de dicho estudio, y conscientes de que el au-

mento de la producción derivada de las mejoras implementadas en su zona de producción de papel prensa y papel para embalaje incrementará a su vez la carga contaminante, la compañía decidió construir un reactor anaerobio que les permita reducir la carga orgánica del vertido, a fin de lograr eliminar el 80% de la carga orgánica contaminante del agua vertida. Una solución que además les permite producir biogás para reutilizarlo en una caldera dedicada a producir vapor para la fábrica, disminuyendo notablemente la huella de carbono de su actividad.

Esta actuación se enmarca en la última inversión del plan de negocio im-



Las mejoras implementadas permiten eliminar el 80% de la carga orgánica contaminante del agua vertida y producir biogás para autoconsumo

pulsado por el Fondo industrial alemán Quantum Capital Partners y el proyecto viene a completar la inversión ya realizada en la conversión de la máquina PM5 y la construcción de una nueva línea OCC. En total, las inversiones destinadas en los dos últimos años para modernizar su planta de Errenteria ascienden a 70 millones de euros.

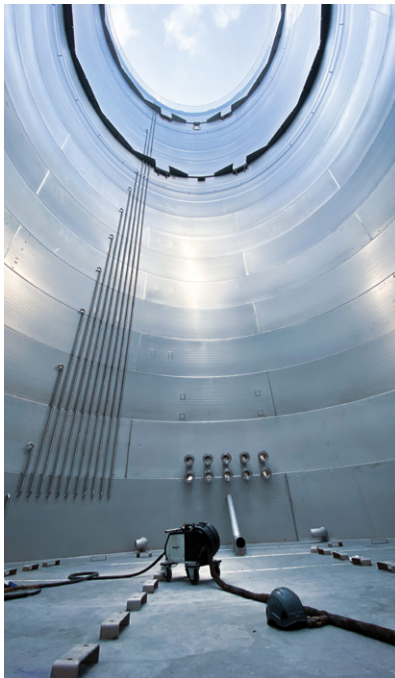
### PROCESO DE INSTALACIÓN

Para instalar la nueva tecnología fue preciso ejecutar una demolición selectiva del interior del edificio histórico de la antigua pasta mecánica, pues de cara a minimizar el impacto visual ha-

cia el entorno, Papresa decidió diseñar la nueva depuradora en el interior de un edificio existente en desuso.

Esto conllevó una inversión significativamente más elevada que si se hubiera construido en un solar como es habitual en casi todas las depuradoras, a lo que se suma que la complejidad de la obra civil se vio acentuada porque la llegada de la línea de alta tensión que alimenta a la fábrica está posicionada en el tejado de este edificio.

Tras la demolición selectiva del interior del antiguo edificio se procedió al pilotaje y construcción de las zapatas que soportaran los depósitos. Concretamente, se construyeron cuatro depósitos



de acero inoxidable entre 8 y 16 metros de diámetro y entre 20 y 33 metros de altura. Uno para homogeneización, otro para pre-acidificación, un tercero de fangos y el cuarto para el reactor IC. Se

Para instalar la nueva tecnología fue preciso ejecutar una demolición selectiva del interior del edificio histórico de la antigua pasta mecánica de cara a minimizar el impacto visual en el entorno

ha instalado además todo el sistema de limpieza de biogás, que consiste en un scrubber, un reactor biológico aerobio específico para las bacterias del lavado de biogás y un gasómetro.

Tras dos años de trabajo, en febrero de 2023 se inauguró la nueva planta de tratamiento de aguas.

### NUEVAS SOLUCIONES

La inversión en la nueva depuradora biológica de Papresa viene a completar la depuradora existente, donde el agua excedente se recoge en varios depósitos para realizar, en primer lugar, una separación de sólidos por flotación. Tras este proceso, el agua se envía a un decantador que afina el contenido en sólidos antes de su bombeo a la nueva depuradora.

Después se tamiza el agua para retirar sólidos de mayor tamaño y se bombea al primer tanque de homogeneización, donde se pretende disminuir las variaciones de caudal y de carga previo al tratamiento biológico. Se bombea el agua posteriormente al tanque de pre-acidificación y se le añaden los nutrientes necesarios, además de regular el PH. El objetivo de este tanque es



transformar la carga orgánica presente en el agua de entrada en ácidos grasos volátiles, de manera que en la siguiente etapa del proceso sean transformados en biogás lo más rápido posible.

Del tanque de pre-acidificación se bombea al propio reactor biológico IC que contiene bacterias biológicas específicas que en ausencia de oxígeno transforman la carga orgánica contenida en el agua en biogás. Concretamente, el biogás atraviesa un scrubber en el que es lavado a contraflujo con un líquido de naturaleza alcalina, que absorbe el sulfuro de hidrogeno, y sale por la parte superior libre del mismo. Después, el líquido utilizado para lavar el biogás va a un biorreactor donde



### NOS ADAPTAMOS A TU PROYECTO

- Depósitos de almacenamiento en PRFV
- Equipos prefabricados
- Tamices
- Flotadores por aire disuelto
- Filtros de prensa
- Decantadores



Toro Equipment SL

+34 983 403 047

toro@toroequipment.com

www.toroequipment.com



las bacterias lo oxidan convirtiéndolo en azufre y aniones hidroxilos, ya apto para utilizar como combustible alternativo para la generación de vapor.

El reactor biológico IC está dividido en tres zonas mediante dos separadores de sólidos, biogás y agua y en la parte superior del depósito se realiza la separación final del biogás para conducirlo posteriormente por separado a la línea de lavado de biogás. Como paso final, el agua de salida del reactor IC sale depurada hacia un depósito de aireación en la que se oxidan los sulfuros formados mediante la ausencia de oxígeno. Este sería el vertido de Papresa al colector mancomunado.

### TECNOLOGÍA ANAEROBIA

La tecnología anaerobia es utilizada en plantas de tratamiento de aguas para tratar las aguas residuales de forma eficiente y sostenible. En este proceso, los microorganismos descomponen la materia orgánica en ausencia de oxígeno, lo que resulta en la producción de biogás y lodos como subproductos.

En una planta de tratamiento de aguas con tecnología anaerobia, el agua residual se recoge en un reac-

tor anaerobio donde se lleva a cabo el proceso de tratamiento. Allí se mantiene en condiciones anaerobias mediante la exclusión de oxígeno y los microorganismos anaerobios, principalmente bacterias, descomponen la materia orgánica presente en el agua residual y la transforman en biogás,

principalmente metano y dióxido de carbono.

Esta producción de biogás ayuda a reducir la dependencia de combustibles fósiles y contribuye a la mitigación del cambio climático, ya que durante el proceso anaerobio puede ser recolectado y utilizado como una fuente de



## DATOS DESTACADOS DEL PROCESO IMPLEMENTADO

- Permite eliminar el 80% de la carga orgánica contaminante.
- Cumplimiento de las MTD para el sector del Packaging, apostando por un tratamiento más sostenible compuesto del tratamiento anaerobio seguido de un tratamiento aerobio.
- La capacidad de diseño del tratamiento anaerobio son 65 Tn de DQO/día + 4 horas de tiempo de residencia en el reactor aerobio.

energía renovable o empleado para generar electricidad, calor o incluso combustible para vehículos.

La tecnología anaerobia presenta varias ventajas en comparación con los procesos aerobios convencionales utilizados en las plantas de tratamiento de aguas, siendo algunas de ellas una mayor eficiencia energética al consumir menos energía en comparación con los procesos aerobios, ya que no requiere aireación intensiva; la producción de biogás durante el proceso anaerobio, que puede ser utilizado como fuente de energía renovable; una menor producción de lodos en comparación con los procesos aerobios, lo que reduce los costos asociados con el manejo y

disposición de estos; una disminución de los olores desagradables, lo que beneficia a las comunidades cercanas a la planta de tratamiento y una mayor tolerancia a fluctuaciones de carga al ser más resistente a las fluctuaciones en la carga orgánica y poder adaptarse mejor a cambios bruscos en el caudal o la composición del agua residual.

En resumen, la tecnología anaerobia es una opción eficiente y sostenible para el tratamiento de aguas residuales. Su capacidad para generar biogás y su menor consumo de energía la convierten en una alternativa atractiva en términos económicos y ambientales para las plantas de tratamiento de aguas. ●

## MANAGING ENERGY EFFICIENTLY



Nuestras tecnologías patentadas y reconocidas, combinadas con nuestro conocimiento, hacen posible ofrecer las mejores soluciones en varios sectores, incluidas aplicaciones medioambientales, como aguas residuales, digestato y lodos. Utilizando la tecnología de tubos corrugados de HRS, la transferencia térmica y la eficiencia aumentan con respecto a los intercambiadores de calor estándar de tubo liso y corrugación dimple. Además, el ensuciamiento potencial del producto se minimiza.

- Calentamiento del Digestor de Fangos
- Enfriamiento de Lodos de Hidrólisis Térmica
- Pasteurización de Fangos
- Concentración de Efluentes
- Sistema de Deshumidificación de Biogás
- Entrega de Sistemas Llave en Mano
- Recuperación Energética



HRS Heat Exchangers  
+34 968 676 157  
info@hrs-he.com  
www.hrs-heatexchangers.com/es



# Reducción de costes de la tecnología de biorreactor de membranas (MBR) para el tratamiento de aguas residuales



Albert Galizia<sup>1</sup>, Gaëtan Blandin<sup>1</sup>, Ignasi Rodríguez-Roda<sup>1</sup>, Joaquim Comas<sup>1</sup>, Adolfo Pino<sup>2</sup> y Hèctor Monclús<sup>1</sup>

<sup>1</sup> LEQUIA. INSTITUTO DE MEDIO AMBIENTE. UNIVERSITAT DE GIRONA | [www.lequia.udg.edu](http://www.lequia.udg.edu)

<sup>2</sup> AIGÜES SABADELL | [www.aiguessabadell.cat](http://www.aiguessabadell.cat)

UNA COLABORACIÓN ENTRE LA EDAR RIU-SEC SABADELL Y LEQUIA PERMITE DESARROLLAR UN SISTEMA DE CONTROL AUTOMÁTICO EN TIEMPO REAL PARA OPTIMIZAR LA OPERATIVA DE LAS MEMBRANAS DE PLACA PLANA Y A SU VEZ REDUCIR EL CONSUMO DEL MBR

**ANTECEDENTES**

En la actualidad nos enfrentamos a una crisis climática, energética e hídrica, lo que plantea importantes desafíos en la gestión de los recursos hídricos para satisfacer las diversas demandas de agua. Si bien solemos enfocarnos en la gestión del agua potable proveniente de fuentes como ríos, embalses o acuíferos, es fundamental considerar también el tratamiento de las aguas residuales generadas por su uso.

Las aguas residuales son recolectadas y transportadas a las estaciones depuradoras de aguas residuales (EDAR). Estas plantas de tratamiento tradicionalmente se encargan de tratar el agua residual y garantizar que pueda ser devuelta al medio receptor sin causar impactos negativos. Sin embargo, debido a la escasez de este recurso, se ha comenzado a

considerar las EDARs como una fuente adicional de suministro de agua, mediante la incorporación de tecnologías avanzadas y complementarias al proceso de tratamiento convencional. Esto permite obtener agua regenerada con la calidad necesaria para su reutilización en actividades como la limpieza de calles o el riego de cultivos, entre otros muchos (Kent et al., 2011; Ley N° 1620, 2007).

Una de las tecnologías consolidadas para regenerar el agua es la tecnología de biorreactores de membrana o MBR (del inglés *Membrane Bioreactor*). Esta tecnología se basa en el uso de membranas poliméricas de micro o ultra filtración capaces de separar el agua tratada de los sólidos, bacterias y algunos virus (Marti et al., 2011). La tecnología MBR presenta diversas ventajas en comparación con los tratamientos convencionales de las EDARs. Gracias a que es

una tecnología muy compacta resulta adecuada en proyectos de ampliación en EDARs existentes con espacio limitado. El agua tratada con esta tecnología presenta una calidad considerablemente superior a la del tratamiento convencional. Sin embargo, también tiene sus limitaciones. Las principales limitaciones se relacionan con su mayor consumo energético relacionado con el sistema de bombeo necesario para su funcionamiento, y sobre todo a las acciones para la mitigación del ensuciamiento progresivo de las membranas (Judd, 2011; Monclús et al., 2015, 2011).

Dicho ensuciamiento puede clasificarse en tres tipos (Figura 1) (Le Clech et al., 2003; Meng et al., 2009)

- Reversible: Se trata de un ensuciamiento superficial que puede minimizarse mediante acciones físicas, como la aireación de las membranas para generar turbulencia y eliminar par-

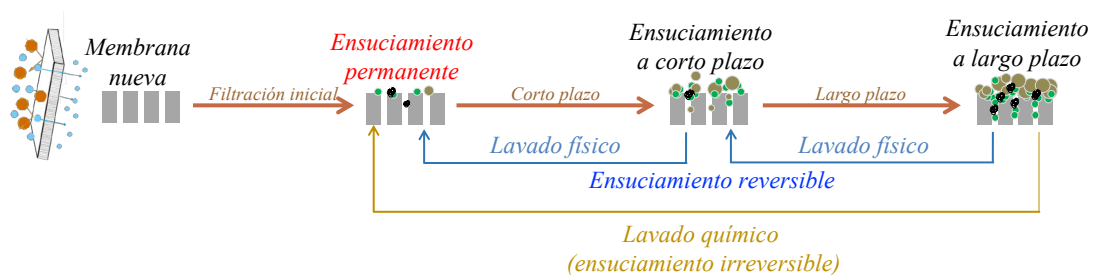


Figura 1: Esquema de la evolución del ensuciamiento

te del ensuciamiento superficial o los contra-lavados.

- Irreversible: Este tipo de ensuciamiento no puede eliminarse físicamente y requiere el uso de reactivos químicos, como hipoclorito sódico o ácido cítrico, para eliminar ensuciamiento orgánico o incrustaciones inorgánicas, respectivamente.

- Permanente: Se refiere al ensuciamiento que no puede eliminarse ni física ni químicamente y que determina la vida útil de las membranas.

**CASO DE ESTUDIO**

Un buen ejemplo de la aplicación de la tecnología MBR es la EDAR Riu Sec de Sabadell (Barcelona), gestionada por el ayuntamiento de Sabadell y operada por Aigües de Sabadell. Esta planta tiene tres líneas de tratamiento, dos de las cuales están dotadas con la tecnología MBR (con 4 reactores cada una), las cuáles contienen un total de 76800 membranas de placa plana (Tabla 1; Figura 2).

Esta planta lleva años incorporando proyectos de sostenibilidad energética para reducir el coste del tratamiento del agua residual. Como parte de esa iniciativa se ha establecido una colaboración con el grupo de investigación LEQUIA de la Universitat de Girona (<http://lequia.udg.cat>) para reducir el consumo energético directamente relacionado con la aireación de las membranas. En este caso las membranas de placa plana requieren aireación continua y esto aumenta considerablemente los costes operaciones comparativamente con otras configuraciones de membrana, como las de fibra hueca (Gabarrón et al., 2014; Verrecht et al., 2010).

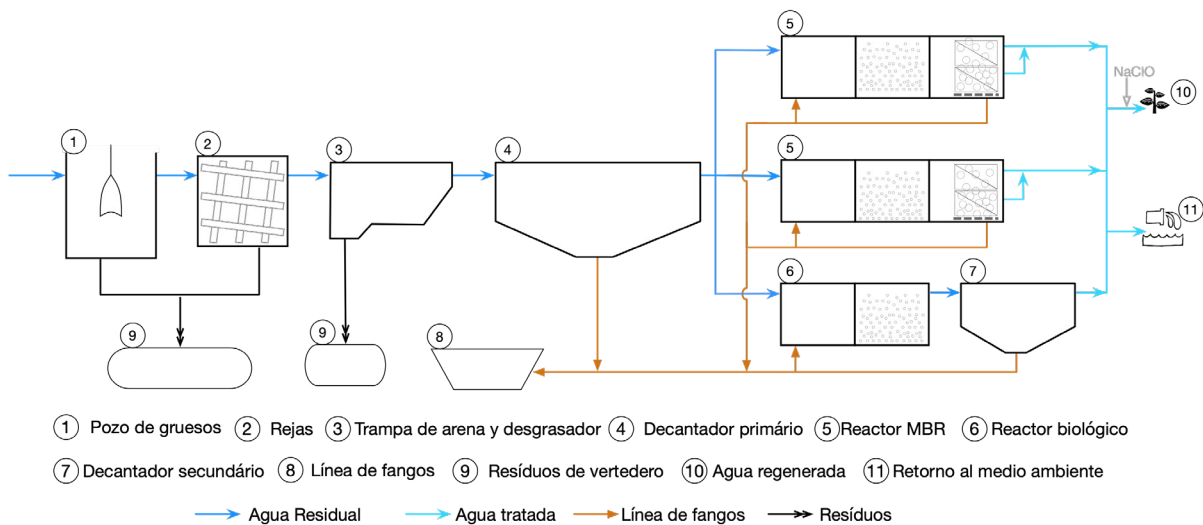
**Tabla 1: Características del MBR de Riu-Sec de Sabadell**

Parámetro	Valor	Unidades
Capacidad de la planta	35000	m <sup>3</sup> /día
Líneas de tratamiento	3	u
Líneas MBR	2	u
Reactores MBR por línea	4	u
Total reactores MBR	8	u
Módulo MBR	EK400	u
Membrana	H510	
Configuración	Placa Plana (FS)	-
Tipología de filtración	Ultrafiltración (UF)	-
Fabricante	Kubota®	-
Pisos de membranas por línea	2	u
Superficie por piso	3840	m <sup>2</sup>
Superficie total planta	61440	m <sup>2</sup>

**OBJETIVO**

El objetivo de la colaboración entre la EDAR Riu-Sec Sabadell y LEQUIA es desarrollar un sistema de control automático en tiempo real para optimizar la operativa de las membranas de placa plana de la EDAR Riu-Sec Sabadell, a la vez que permita reducir el consumo energético del sistema MBR asociado a la aireación de las membranas y controlar el ensuciamiento reversible.

Figura 2: Esquema de la línea de tratamiento de la EDAR Riu-Sec Sabadell



## METODOLOGÍA

Para cumplir con el objetivo, se ha desarrollado un sistema de monitorización y de control en tiempo real para las líneas MBR. Este desarrollo se ha dividido en 4 fases. Primero, estudiar las características de la EDAR; segundo, definir las variables que formarán parte del sistema de control y el lazo de control; tercero, simular y ajustar la respuesta del sistema de control; y finalmente aplicar y validar el sistema de control.

La EDAR Riu-Sec Sabadell cuenta con múltiples parámetros monitorizados en tiempo real en los reactores de MBR.

Se han identificado los parámetros que mejor representan el proceso de filtración y de operación a la vez que permiten cuantificar diferentes formas de ensuciamiento. Algunos de los parámetros están directamente disponibles a través del PLC, proporcionados por las distintas sondas y sensores instalados. Estas mediciones se complementan con otros parámetros subrogados (Tabla 2).

## RESULTADOS

Una vez identificados los parámetros de control se ha desarrollado un sistema de control automático basado en lógi-

ca difusa (*Fuzzy logic*) que combina la TMP junto con la permeabilidad a corto y largo plazo (STk y LTk) para ajustar el caudal de aire (Qa), proponiendo porcentajes de aumento o disminución que se aplican de forma gradual, en función del grado y velocidad de ensuciamiento de las membranas.

A continuación, se han realizado simulaciones del funcionamiento del sistema de control para evaluar la respuesta del lazo de control y poder estimar el potencial ahorro energético que comportaría la regulación del caudal de aireación en tiempo real. Las simulaciones preliminares se han realizado con datos históricos de la planta y estableciendo un caudal mínimo de aireación. El caudal mínimo se ha establecido como el 50% del caudal fijo al que se trabaja en condiciones normales.

Durante el periodo simulado, aproximadamente 200 días, se ha observado un ahorro potencial del 5.6% del caudal de aireación, lo que equivale a casi un 6% de ahorro energético sobre una línea (Figura 3).

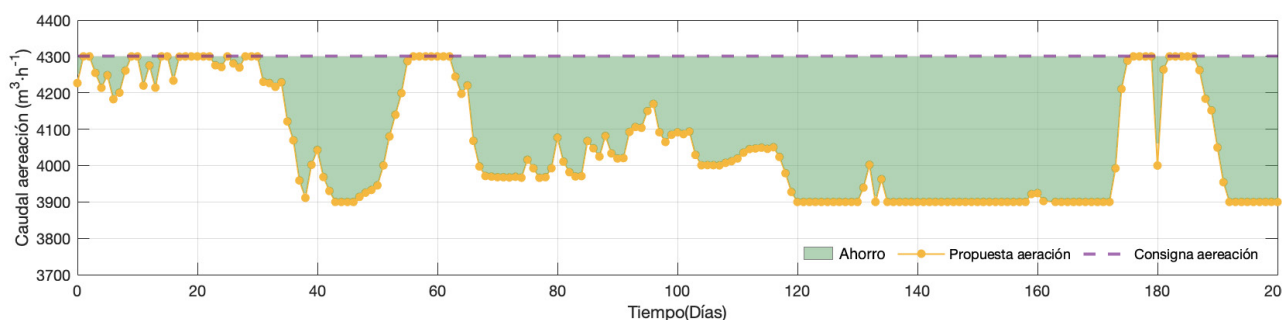
A partir del resultado de las simulaciones se ha procedido a la validación del sistema de control aplicándolo a una de las 8 líneas de la EDAR Riu Sec Sabadell. Dado que un ahorro del 50% del caudal de aireación podría afectar al funcionamiento general de la planta, se ha establecido un límite máximo de reducción de un 10% para la validación real.

Tabla 2: Parámetros monitorizados para el desarrollo del sistema de control

Parámetro	Símbolo	Descripción	Fórmula	Unidades
Superficie	S	Superficie de filtración	-	m <sup>2</sup>
Caudal Permeado	Qp	Caudal de agua que pasa a través de la membrana		
Caudal Aireación	Qa	Caudal de aire aplicado para la aireación de las membranas		
Presión trans membrana	TMP	Presión necesaria para forzar el paso del agua a través de la membrana	DP	bar
Flujo	J*	Caudal de permeado por superficie de membrana		(LMH)
Permeabilidad	K*	Capacidad de una membrana para permitir el paso del agua		
Permeabilidad a corto plazo	STk*	Evolución de la permeabilidad a corto plazo, últimos 4 días		
Permeabilidad a largo plazo	LTk*	Evolución de la permeabilidad a largo plazo, últimos 14 días		

\* Parámetros subrogados

Figura 3: Simulación de la evolución del Qa aplicando el sistema de control

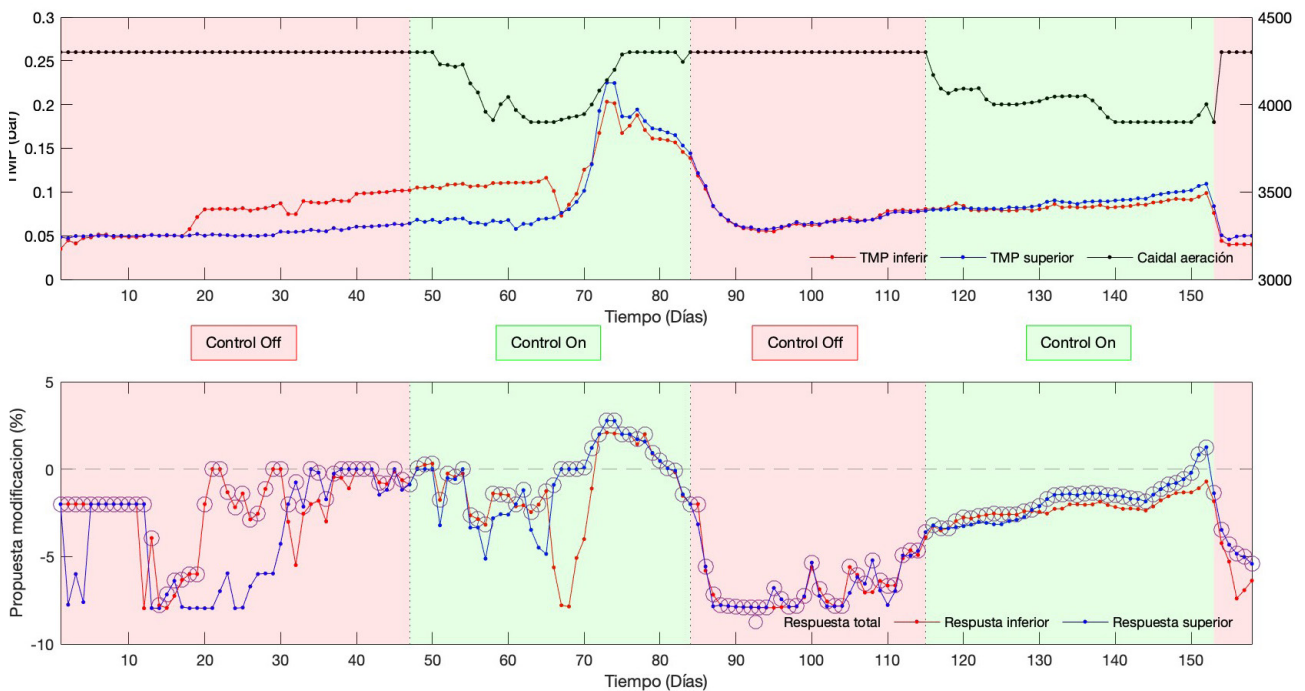


Debido a la operativa real de la EDAR, donde existen limitaciones y situaciones imprevistas, ha habido periodos en los que se ha tenido que desconectar el sistema de control. No obstante, se ha conseguido una reducción del caudal de aireación de un 4.8% (Figura 4).

La reducción del caudal de aireación en una línea de la planta representa un ahorro energético del 5.1% de los costes asociados a esta línea.

Durante el periodo simulado se ha observado un ahorro potencial del 5,6% del caudal de aireación, lo que equivale a casi un 6% de ahorro energético sobre una línea

Figura 4: Periodo de validación del sistema de control: a) Evolución de la TMP y del Qa de una línea; b) Respuesta del sistema de control



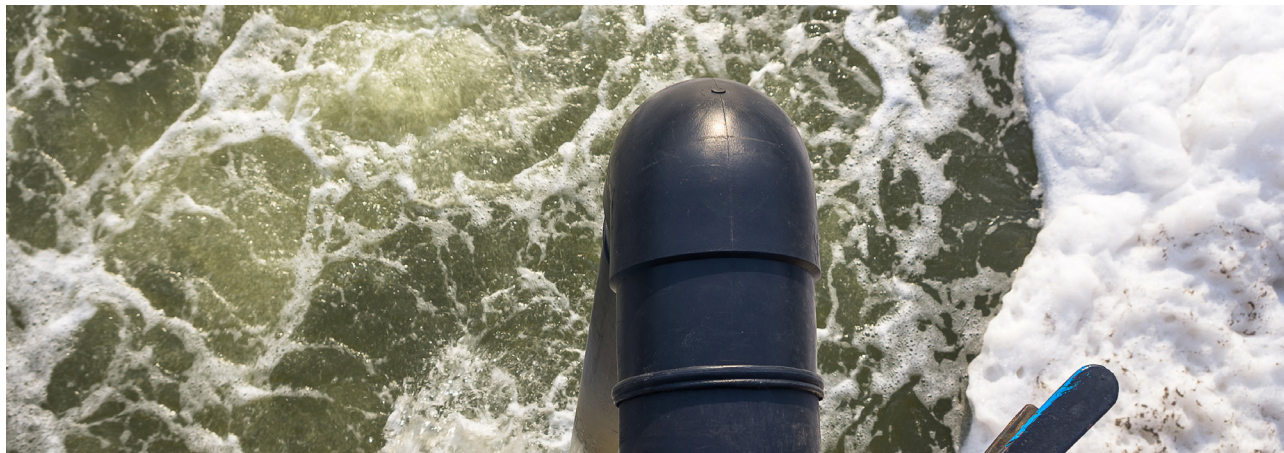
**BIBLIOGRAFIA**

Gabarrón, S., Ferrero, G., Dalmau, M., Comas, J., Rodríguez-Roda, I., 2014. Assessment of energy-saving strategies and operational costs in full-scale membrane bioreactors. *J. Environ. Manage.* 134, 8–14. <https://doi.org/10.1016/J.JENVMAN.2013.12.023>  
 Judd, S., 2011. *The MBR Book: Principles and Applications of Membrane Bioreactors for water and wastewater treatment*, 2nd ed. Oxford, UK, Elsevier.  
 Kent, F.C., Citulski, J., Farahbakhsh, K., 2011. Water reclamation using membranes: Permeate water

quality comparison of MBR and tertiary membrane filtration. *Desalination* 274, 237–245. <https://doi.org/10.1016/J.DESAL.2011.02.019>  
 Le Clech, P., Jefferson, B., Chang, I.S., Judd, S.J., 2003. Critical flux determination by the flux-step method in a submerged membrane bioreactor. *J. Memb. Sci.* 227, 81–93. <https://doi.org/10.1016/j.memsci.2003.07.021>  
 Ley Nº 1620 Boletín Oficial del Estado, España, 7 de diciembre del 2007. : BOE-A-2007-21092  
 Martí, E., Monclús, H., Jofre, J., Rodríguez-Roda, I., Comas, J., Balcázar, J.L., 2011. Removal of

microbial indicators from municipal wastewater by a membrane bioreactor (MBR). *Bioresour. Technol.* 102, 5004–5009. <https://doi.org/10.1016/J.BIORTECH.2011.01.068>  
 Meng, F., Chae, S.-R., Drews, A., Kraume, M., Shin, H.-S., Yang, F., 2009. Recent advances in membrane bioreactors (MBRs): Membrane fouling and membrane material. *Water Res.* 43, 1489–1512. <https://doi.org/10.1016/J.WATRES.2008.12.044>  
 Monclús, H., Dalmau, M., Gabarrón, S., Ferrero, G., Rodríguez-Roda, I., Comas, J., 2015. Full-scale





validation of an air scour control system for energy savings in membrane bioreactors. *Water Res.* 79, 1–9. <https://doi.org/10.1016/j.watres.2015.03.032>  
Monclús, H., Ferrero, G., Buttiglieri, G., Comas,

J., Rodríguez-Roda, I., 2011. Online monitoring of membrane fouling in submerged MBRs. *Desalination* 277, 414–419. <https://doi.org/10.1016/j.desal.2011.04.055>

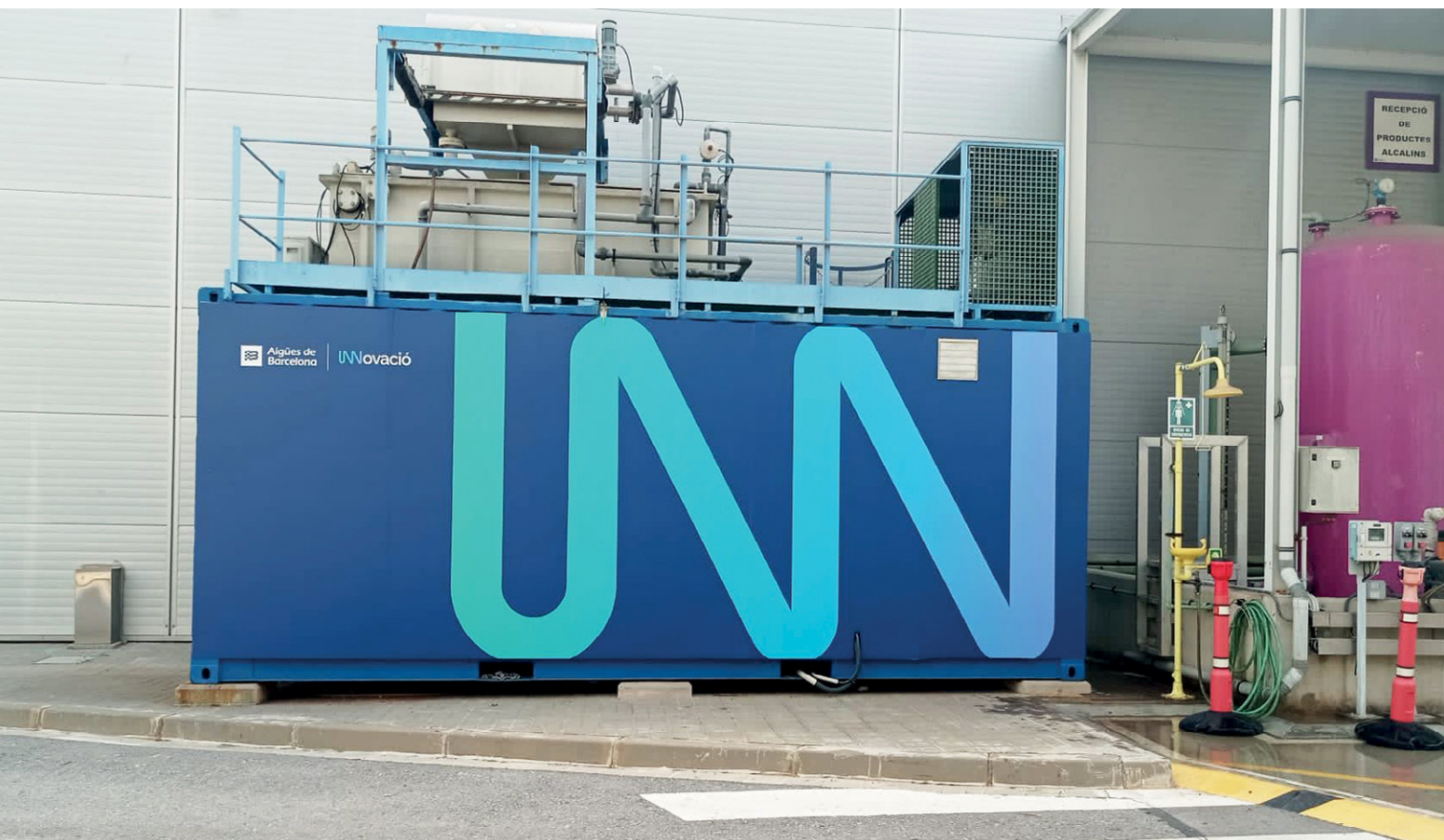
Verrecht, B., Maere, T., Nopens, I., Brepols, C., Judd, S., 2010. The cost of a large-scale hollow fibre MBR. *Water Res.* 44, 5274–5283. <https://doi.org/10.1016/j.watres.2010.06.054> ●

**SUCCESS IS... PERFORMANCE OUT OF PASSION.**

**SUS VENTAJAS UTILIZANDO LA SERIE FLOTTWEG X**

- Xtra eficiencia de deshidratación
- Xtra ahorro de polímero
- Xtra ahorro de energía
- Xtra limpieza: rendimiento > 99 %
- Xtra capacidad: hasta el 15 % más capacidad

**Flottweg** Engineered For Your Success



# Instalaciones para la validación de tecnologías de monitorización y tratamiento de aguas



Albert Serra-Compte<sup>1</sup>, Pablo Alemany<sup>2</sup>, Susana González<sup>3</sup>, Miquel Paraira<sup>4</sup>, Eva León<sup>5</sup>, Josep Oriol Canals<sup>6</sup>

<sup>1,2</sup>Project manager, <sup>3</sup>Responsable técnico, <sup>4</sup>Director de calidad del agua, <sup>5</sup>Responsable de proyectos de innovación, <sup>6</sup>Soporte operativo en producción para proyectos de innovación

<sup>1,2,3</sup> **CETAQUA, CENTRO TECNOLÓGICO DEL AGUA** | [www.cetaqua.com](http://www.cetaqua.com)

<sup>4,5,6</sup> **AIGÜES DE BARCELONA** | [www.aiguesdebarcelona.cat](http://www.aiguesdebarcelona.cat)

**E**l escenario presente y futuro que afronta el sector del agua, con una presión ambiental en crecimiento y con un marco legislativo cada vez más complejo y restrictivo, depende en gran medida de la incorporación

de nuevas tecnologías y soluciones. Una presión ambiental marcada por un cambio climático<sup>1</sup>, que está desequilibrando los recursos, junto con un deterioro de la calidad del agua en origen por los efectos de escasez y al-

teraciones antropogénicas del medio. Un escenario ambientalmente complejo al que hay que sumar el avance de las tecnologías de detección que, junto con los últimos estudios toxicológicos y epidemiológicos, han llevado a la

EL CICLO URBANO DEL AGUA NECESITA INCORPORAR NUEVAS TECNOLOGÍAS EN LOS PROCESOS DE OPERACIÓN. PARA ELLO, AIGÜES DE BARCELONA CUENTA CON ESPACIOS QUE FACILITAN LA VALIDACIÓN DE TECNOLOGÍAS Y SU RENDIMIENTO EN SITUACIONES REALES DE FUNCIONAMIENTO. ENTRE ELLAS DESTACAN, UNA QUE PERMITE LA VALIDACIÓN DE EQUIPOS DE MONITORIZACIÓN DE LA CALIDAD DEL AGUA, PRINCIPALMENTE DE MEDICIÓN A TIEMPO REAL; Y UNA PLANTA PILOTO DE TRATAMIENTO, DISEÑADA PARA EL TESTEO DEL RENDIMIENTO DE MEMBRANAS DE ÓSMOSIS INVERSA, ASÍ COMO LA UTILIZACIÓN DE DIFERENTES ANTIINCRUSTANTES O PRODUCTOS DE LIMPIEZA

identificación de nuevos contaminantes emergentes, que día a día se van incorporando a las diferentes legislaciones que regulan el sector del agua. Un nuevo marco legal con estrategias como el *Zero Pollution Action Plan*, dentro del pacto verde Europeo<sup>2</sup>, por el que se implementan nuevas políticas con el objetivo de mejorar la prevención, el tratamiento, el monitoreo y el reporte de la contaminación para proteger tanto al consumidor como a los ecosistemas<sup>3</sup>.

En este contexto, la incorporación de nuevas tecnologías de monitorización a tiempo real resulta esencial para crear sistemas de alerta temprana a eventos o situaciones adversas, garantizando la calidad y el suministro del agua y mejorando su seguridad. El desarrollo de equipos capaces de medir contaminantes de forma rápida, precisa y a bajo coste permitirá su implementación como sistemas de monitorización rutinaria, facilitando el control en las distintas etapas del ciclo del agua, tanto en procesos de depuración y regeneración como de potabilización. De la misma manera, es necesaria la mejora de los procesos operacionales, con la incorporación de tecnologías que permitan eliminar

un mayor número de contaminantes y con una mayor eficiencia, tales como las tecnologías de membranas, de las que forma parte la ósmosis inversa<sup>4</sup>.

Aun existiendo una creciente oferta de dichas tecnologías y de soluciones adaptativas, en muchas ocasiones la implementación de estas no resulta sencilla. Para validar el encaje entre el rendimiento de la tecnología y las demandas técnicas del sitio de operación suele requerirse el testeo o pilotaje de las soluciones en condiciones relevantes de operación, así como su validación en condiciones extremas que se puedan dar en eventos puntuales. Con el objetivo de disponer de espacios que permitan desarrollar y validar nuevas tecnologías y como resultado de la implementación de diferentes proyectos de innovación, Aigües de Barcelona ha creado sistemas versátiles a escala piloto que permiten el testeo de nuevas herramientas, tanto de monitorización como operacionales para el tratamiento del agua.

#### OBJETIVOS

En este artículo se describen dos de estas instalaciones: una plataforma

que permite la validación de equipos de monitorización de la calidad del agua en tiempo real y una planta de tratamiento a escala piloto, diseñada para el testeo de membranas de ósmosis inversa que permite comprobar su rendimiento, así como la eficacia de diferentes productos antiincrustantes y/o de limpieza. A continuación, se resumen las características de ambas instalaciones, así como el tipo de pruebas y validaciones que permiten llevar a cabo, incluyendo ejemplos de su aplicación.

#### INSTALACIONES PARA EL TESTEO DE TECNOLOGÍAS DEL AGUA

##### **Instalación para la validación de equipos de monitorización de calidad del agua**

**Características:** La instalación para el testeo de equipos de monitorización de la calidad del agua comprende tres espacios: circuito hidráulico y malla metálica, zona de trabajo y zona de almacenaje. La parte principal de esta instalación es el circuito hidráulico. Esta zona consiste en una red de circuitos hidráulicos de tubos de



Figura 1. Detalle del circuito hidráulico de la infraestructura para la validación de equipos de monitorización de la calidad del agua.

acero inoxidable de diámetro DN 20 y válvulas que permiten guiar, según necesidad, el flujo del agua (detalle en Figura 1). El sistema puede operar con agua de red de distribución de agua potable de Barcelona o bien mediante una recircularización de agua que se realiza a través de un depósito de 400L. Junto al circuito hidráulico se encuentra la malla metálica que facilita la instalación de equipos y sondas a través de by-pass. La instalación permite el aislamiento del circuito hidráulico en 4 módulos diferentes, por lo que se pueden validar diferentes tecnologías en paralelo. Tres de los módulos permiten la instalación de

sondas a través de un by-pass, mientras que el cuarto módulo permite la instalación de equipos de inserción en tubería de PVC.

La instalación se complementa con una zona de trabajo -poyata- para la preparación y procesado de las muestras, así como con una zona de almacenaje.

**Equipos / condiciones que se pueden probar:** La instalación se diseñó para testear equipos de monitorización de calidad del agua tanto en conexión mediante by-pass como en instalación de inserción. El hecho de disponer de conexión eléctrica permite probar no solo equipos con baterías

sino también aquellos que requieren de conexión a la red. La plataforma permite validar múltiples tipologías de equipos, pudiendo éstos estar destinados tanto a la medida de parámetros fisicoquímicos como microbiológicos, así como ser operados bajo diferentes condiciones. Entre ellas, la plataforma permite trabajar en condiciones reales de red de distribución, así como la operación en circuito cerrado mediante el depósito existente, permitiendo ajustar ciertas condiciones específicas tales como aumento de temperatura, pH, cloro, nutrientes, etc. y/o simular eventos específicos mediante dopajes.

Para impulsar la incorporación de nuevas tecnologías e incentivar la innovación abierta, Aigües de Barcelona abre sus instalaciones al ecosistema externo, como proveedores, start-ups, empresas y universidades

**Ejemplos de utilización de la infraestructura:** La instalación ha sido utilizada durante los últimos años para la validación de múltiples sensores. Concretamente, en uno de los proyectos llevados a cabo en esta in-

fraestructura, se validaron en paralelo cuatro equipos comerciales para la medición de cloro libre en agua potable. Dichos equipos fueron sometidos a diferentes condiciones, como variación de concentración de cloro en el

agua, cambios de pH, variaciones de temperatura, cambios en las características de la matriz (diferentes orígenes del agua), cortes de flujo del circuito hidráulico y cortes de suministro eléctrico. Las pruebas permitieron de-



THE ENVIRONMENTAL AND ENERGY SOLUTION SHOW

10 > 13 OCT 2023 LYON EUREXPO FRANCE

**pollutec**  
ACCELERATING THE ECOLOGICAL TRANSITION

Built by **RX** In the business of building businesses

POLLUTEC.COM

In association with

MAIRIE DE LYON  
EUROPEAN COMMISSION  
EUROPEAN UNION

The poster features a young girl with her arms raised in a gesture of joy or surprise against a bright sky. The design is split into blue and green geometric shapes. The event details are presented in a clean, modern font. The Pollutec logo is prominent, with a green arrow graphic. At the bottom, there are logos for the event's partners and sponsors, including RX and the Mairie de Lyon.



Figura 2. Detalle del interior (izquierda) y exterior (derecha) de la instalación para el testeo de membranas de ósmosis inversa.

terminar el rendimiento de cada uno de los equipos y seleccionar aquellos más adecuados para su posterior instalación en la red de distribución del Área Metropolitana de Barcelona. Se puede encontrar más información de estas pruebas en la bibliografía<sup>5</sup>.

### INSTALACIÓN PARA LA EVALUACIÓN DE MEMBRANAS DE ÓSMOSIS INVERSA

**Características:** La instalación para el testeo de membranas de ósmosis consiste en una planta piloto dentro de un contenedor de 20 pies que cuenta en su interior con cuatro tubos de presión,

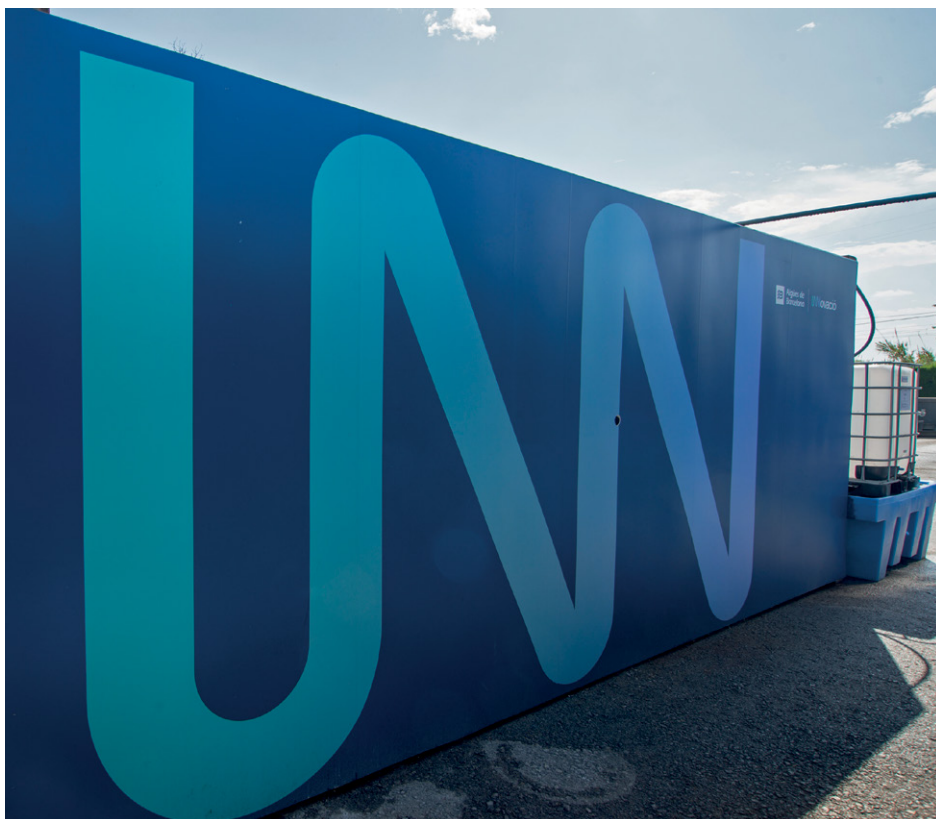
cada uno capaz de albergar un módulo de ósmosis inversa con un diámetro de 4 pulgadas, circuitos, bombas de alimentación y depósitos suficientes para poder operar los cuatro módulos en paralelo (Figura 2), permitiendo así comparar varias tecnologías o diferentes calidades de agua de entrada. La configuración es parecida a las utilizadas para el tratamiento de agua salobre en cuanto a recuperación y flujos. La planta dispone de conexiones en el tanque de permeado con las estaciones de dosificación y de limpieza *in situ*, lo que permite usar directamente el permeado para preparar las soluciones químicas requeridas.

### Equipos / condiciones que se pueden probar:

La planta piloto ha sido diseñada para la evaluación del rendimiento de membranas de ósmosis inversa y sus limpiezas, testear diferentes antiincrustantes, la optimización de las condiciones de operación con diferentes aguas, así como el cálculo del OPEX y de la resiliencia de la tecnología bajo condiciones reales de operación.

### Ejemplos de utilización de la infraestructura:

Esta instalación se construyó bajo el proyecto Europeo LIFE UFTEC, que tenía como objetivo validar el tren de tratamiento ultrafiltración + ósmosis inversa en el pro-



tanto proyectos públicos como privados- la comprobación del rendimiento y la selección de las tecnologías más óptimas para ser incorporadas en diferentes procesos operativos.

### PRÓXIMOS PASOS: UTILIZACIÓN DE LAS INSTALACIONES

Con el fin de fomentar la innovación abierta y facilitar la entrada al mercado de tecnologías innovadoras, Aigües de Barcelona abre sus instalaciones para que desarrolladores, proveedores, start-ups, universidades, etc. puedan hacer uso de estas plataformas y probar sus tecnologías bajo condiciones reales de operación.

Más información en:  
[www.abtestinglab.cat](http://www.abtestinglab.cat)

La utilización de espacios para la validación de tecnologías y su rendimiento se ha convertido en un punto clave para la incorporación de soluciones innovadoras en la operación del ciclo urbano del agua

ceso de potabilización de agua bruta. En dicho proyecto, la planta piloto de ósmosis inversa operó bajo diferentes condiciones de agua de entrada, modificando la operación de las etapas de pretratamiento y evaluando su rendimiento. Se puede encontrar más información en la bibliografía<sup>6</sup>.

### CONCLUSIONES

La utilización de plantas experimen-

tales para el testeo y validación de tecnologías se ha convertido en un punto clave para la incorporación de soluciones innovadoras en la operación del ciclo urbano del agua. Las dos instalaciones presentadas en este estudio, una para la validación de tecnologías de monitorización de la calidad del agua y otra para el testeo de tecnologías de tratamiento, han permitido a Aigües de Barcelona -en diferentes iniciativas que incluyen

### REFERENCIAS

<sup>1</sup> Climate change projections for the Mediterranean region. 2008. Giorgi, F.; Lionello, P. *Global and Planetary Change*. 63. 90-104.

<sup>2</sup> European Commission. Communication from the Commission: The European Green Deal. Brussels: 2019; <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?qid=1588580774040&uri=CELEX:52019DC0640>.

<sup>3</sup> European Commission. Directive (EU) 2020/2184 of the European Parliament and of the Council of 16 December 2020 on the quality of water intended for human consumption

<sup>4</sup> Dolar, D., et al. 2012. Removal of emerging contaminants from municipal wastewater with an integrated membrane system, MBR-RO. *Journal of Hazardous Materials*. 239-240. 64-69.

<sup>5</sup> Paraira Faus et al. 2016. Creación de una plataforma para la validación de sensores on line para el control de la calidad del agua. *Tecnoaqua*. nº 20 - Julio-Agosto 2016


<sup>6</sup> García Molina et al. 2014. Estudio de viabilidad y mejora de esquemas integrados de ultrafiltración y ósmosis inversa para la producción de agua potable a partir de agua superficial. *Tecnoaqua*. nº 8 - Julio-Agosto 2014. ●



# Ana Sánchez Espadas

GERENTE **DE BALTEN**

---

 Nuria Suárez

 TEMAS: REUTILIZACIÓN DE AGUA, ECONOMÍA CIRCULAR, CAMBIO CLIMÁTICO



**S**eguridad hídrica, reutilización o circularidad son algunas líneas estratégicas que cualquier organismo dedicado a la gestión del agua tiene integrado indiscutiblemente a día de hoy. A sabiendas de que Balsas de Tenerife tiene más de treinta años de experiencia en estos campos hemos entrevistado a su gerente, Ana Sánchez, para hablar de los principales desafíos y oportunidades que enfrentarán en los próximos años.

### **Balten nace en 1988 para abastecer a los agricultores de Tenerife, ¿Cómo surge la entidad y cómo ha sido su evolución?**

En septiembre de 1988 nació el Organismo Autónomo Local Balsas del Norte de Tenerife, BALNORTE, con el objetivo primordial de garantizar un suministro regular y suficiente a los agricultores de la vertiente norte de la isla de Tenerife.

Se apuesta en aquel momento, en el que se auspició la concepción del *Plan de Balsas* de la Isla, por el desarrollo de un conjunto de infraestructuras hidráulicas de vanguardia, con el que se creaba un sistema de aprovechamiento y almacenamiento de caudales que permitiría atender a las demandas del sector agrícola en la vertiente norte de Tenerife.

En 1993 BALTEN pasa a gestionar también las infraestructuras incluidas en el *“Programa de Reutilización de las aguas depuradas de las ciudades de Santa Cruz y La Laguna”*, y amplía su ámbito de gestión a todo el territorio insular.

Estos dos hitos marcan indudablemente la creación de la que conocemos como BALTEN hoy. Una apuesta decidida en su día que, sin duda, permitió el crecimiento de un sector agrícola que de otra manera no habría podido subsistir.

Desde aquel inicio hasta la actualidad, han sido numerosas las infraestructuras que se han incorporado. El volumen suministrado a los agricultores se ha visto incrementado un 70% en los últimos diez años, mejorándose también la calidad del agua entregada a los agricultores, gracias a mejoras tecnológicas e incorporaciones de nuevas plantas de tratamiento.

### **Canarias ha sido una de las regiones pioneras en España respecto al empleo de agua regenerada, ¿Qué papel juega la reutilización para la sostenibilidad en el territorio?**

La problemática del agua en Canarias no puede separarse de la escasez de recursos naturales, fragilidad medioambiental, impacto de actividades económicas y la elevada densidad de población.

El agua es un bien esencial para la vida y la existencia en Canarias de este déficit hídrico histórico ha provocado que las islas hayan sido pioneras en la implementación de nuevas

El gran reto que nos ocupa es seguir desarrollando sistemas de agua regenerada, que será el recurso con el que podemos garantizar un suministro continuado y de calidad



técnicas para la consecución de este recurso. En primera instancia se desarrolla las obras para la obtención de recursos subterráneos, de pozos y galerías, luego en reutilización y por último desalación, como resultado de la sobreexplotación de acuíferos y la implantación de actividades económicas como el turismo y la agricultura de exportación, altamente consumidoras del recurso hídrico.

Con la incorporación de agua regenerada se consigue dar respuesta, en un momento de escasez del recurso, a una demanda hídrica creciente del sector agrícola, con criterios de calidad sanitaria y agronómica que cumplen con los estándares más exigentes, y de forma medioambientalmente sostenible para el conjunto insular y contribuyendo a promover la economía circular.

### **La insularidad supone una desventaja a la hora de enfrentar el cambio climático, ¿Es posible hablar de seguridad hídrica sin considerar la reutilización y desalinización?**

La insularidad supone un reto y una responsabilidad a la hora de enfrentar el cambio climático. La reutilización y la desalación son instrumentos indispensables, a través de los que se puede hacer frente a la escasez de recursos, alcanzar los objetivos de recuperar, restaurar y proteger las masas de agua, incrementar la seguridad hídrica y avanzar en la sostenibilidad. En Tenerife es indudable la necesidad de incorporar estos recursos “no convencionales” para poder suplir el déficit hídrico existente y garantizar el suministro de agua a la población.

### **Con el Plan de Reequilibrio Energético, Balten se convierte en la primera empresa de Tenerife**



**en descarbonizar el agua, ¿Qué desafíos ha comportado el despliegue de renovables?, ¿Qué ventajas han brindado frente al incremento de los costes energéticos?**

En cualquiera de las distintas funciones del ciclo del agua, (captación, tratamiento, distribución, consumo, tratamiento del agua residual, regeneración) la energía es la partida de coste variable más importante.

El creciente coste de la energía exige mayor eficiencia en la gestión del ciclo del agua y la necesidad de mitigar el cambio climático cada vez más presente, también exige una mayor eficiencia en todos los procesos.

El ciclo del agua es exigente en términos energéticos, y por tanto se generan emisiones de gases efecto invernadero.

Una de las líneas de trabajo estratégicas de BALTEN es el desarrollo del "*Plan energético para la descarbonización del servicio público de abastecimiento de agua de riego de la isla de Tenerife*", que tiene como objetivo la reducción la huella de carbono como consecuencia de su actividad y la reducción de los costes energéticos asociados a las infraestructuras e instalaciones que gestiona, en todo el ámbito Insular de la isla de Tenerife. En resumen, el objeto principal de dicho estudio es desligar el servicio que actualmente presta la EPEL BALTEN (almacenamiento, transporte, distribución y tratamiento y producción de agua regenerada), de la quema de combustibles fósiles al menor coste posible.

En este sentido, estamos trabajando de manera intensa en la implantación de fotovoltaica en nuestras instalaciones, especialmente en aquellas en las que tenemos concentrados grandes consumos energéticos, y desarrollando análisis de

El agua es un bien esencial para la vida y la existencia de un déficit hídrico histórico ha provocado que las islas hayan sido pioneras en la implementación de nuevas técnicas para la consecución de este recurso



## La insularidad supone un reto y una responsabilidad a la hora de enfrentar el cambio climático, y la reutilización y la desalación son instrumentos indispensables



potencial hidráulico en nuestro servicio, para avanzar decididamente en el uso de energías renovables.

### **La nueva normativa en materia de aguas apuesta decididamente por implantar sistemas de reutilización de aguas regeneradas, ¿Con qué ventaja parte Balten en este campo? ¿qué impacto tendrá en la transición a nuevos modelos de gestión?**

En este enfoque de la gestión del agua basado en la garantía de su disponibilidad y calidad, en su gestión sostenible y eficiente y sobre todo en la potenciación de fórmulas de regeneración y reutilización, creo que Balten parte con la ventaja de la experiencia, ya que la entidad lleva ya 30

años reutilizando agua en la isla de Tenerife. Experiencia y concienciación son las principales bazas con las que cuenta BALTEN para seguir avanzando por este camino.

Un reto para nosotros en la implantación de los elementos de gestión establecidos en el Reglamento europeo 2020/741 sobre los requisitos mínimos para la reutilización de agua. Si bien es cierto que las plantas depuradoras que se están implantando en Tenerife cuentan con tecnología avanzada, lo que permitirá sin problemas poder cumplir con los requisitos de calidad exigidos, en relación al control de riesgos en las aguas regeneradas, la aplicación de las técnicas para reutilizar el agua conlleva la obligación para los responsables de las instalaciones dedicadas a ello de la elaboración de un plan de gestión de riesgos de la reutilización del agua. En este punto es en el que ahora estamos centrando nuestros esfuerzos.





El creciente coste de la energía exige mayor eficiencia en la gestión del ciclo del agua y la necesidad de mitigar el cambio climático cada vez más presente, también exige una mayor eficiencia en todos los procesos



**¿Cómo se está movilizando la inversión para ejecutar nuevos proyectos?, ¿Qué iniciativas destacan?**

La inversión de los proyectos que desarrolla Balten cuentan principalmente con financiación del Cabildo de Tenerife, y tradicionalmente de programas o fondos europeos, como el Fondo Europeo Agrario de Desarrollo Rural (FEADER). Además, en el marco de la iniciativa NextGenerationEU, BAL-TEN también está trabajando en numerosos proyectos, que contarán con financiación europea. Destacamos tres líneas estratégicas básicas en nuestra hoja

de ruta: digitalización, descarbonización del servicio y desarrollo de los sistemas de agua regenerada.

Para avanzar en estas tres líneas, queremos aprovechar la oportunidad de financiación que suponen los fondos europeos. De este modo, estamos trabajando en los proyectos de digitalización del servicio, con implantación de telelectura y un sistema de gestión integral que impulse la modernización de la Entidad y suponga un valor añadido en cuanto a la atención al agricultor, y esperamos poder optar a financiación del PERTE de digitalización del regadío. En la misma línea, también estamos impulsando proyectos de fotovoltaica, con especial interés en los de fotovoltaica flotante, apro-

vechando la gran superficie que proporcionan las láminas de agua de nuestras balsas.

Por último, quiero destacar el importante trabajo que se ha desarrollado para formalizar dos convenios con la Sociedad Estatal de Infraestructuras Agrarias (SEIASA), gracias a los que vamos a ejecutar dos grandes proyectos (una balsa y una red de riego), por importe de casi 19 M€ y que permitirán el suministro de agua regenerada en el oeste de la isla.

**En anteriores períodos de sequía Balten ha podido garantizar el suministro de agua para regadío, ¿Con qué ojos miran al futuro?, ¿cuáles son los principales desafíos respecto a la capacidad de suministro?**

En Tenerife nos estamos enfrentando a episodios recurrentes de sequía y déficit hídrico en los últimos años, que se van agudizando cada vez más.

En periodos anteriores se ha llevado a cabo una gestión del sistema de balsas y captaciones subterráneas disponibles intentando minimizar en el tiempo la aparición de los problemas e intentando demorar la adopción de medidas restrictivas en el suministro. Asimismo, BALTEN ya ha avanzado en la incorporación de aguas regeneradas y desaladas, para poder cubrir este déficit estructural de recursos en estos episodios de sequía.

Desafortunadamente nos estamos enfrentando a fenómenos marcados por escasa pluviometría y elevadas temperaturas, cada vez más prolongados, que están provocando una reducción de los recursos tradicionales de agua subterránea, que ya no son suficientes.

El gran reto que nos ocupa es seguir en el desarrollo de los sistemas de agua regenerada, que será el recurso con el que podamos garantizar a la agricultura un suministro continuado y de calidad. ●

**MOLECOR**  
Smart water

La gama más completa de productos al servicio del agua

Larga esperanza de vida

La mejor alternativa para el transporte de agua

Soluciones para saneamiento

soluciones para edificación

Soluciones para abastecimiento

Las soluciones mas respetuosas con el medioambiente

5c  
5 YEAR WARRANTY

info@molecor.com | www.molecor.com

Garantía aplicable exclusivamente a las tuberías fabricadas en los centros de producción de Loeches (Madrid) y Antequera (Málaga) con certificado AENOR de Producto nº 001/007104 y 001/007374 respectivamente, conforme con UNE-EN 17176-1-2 y 5.



Figura 1. Planta de producción de estruvita

# Estruvita, fuente de fósforo sostenible para suelos agrícolas

✍ | Lobo M.C, Mancho C, J. Alonso, Díez-Pascual S, Gutiérrez A, Gil-Díaz M, García-Gonzalo P.  
 IMIDRA | [www.comunidad.madrid/servicios/medio-rural/investigacion-agraria](http://www.comunidad.madrid/servicios/medio-rural/investigacion-agraria)

**E**l aumento global de la población hace patente la necesidad de una producción adecuada de alimentos de calidad, que a su vez se puede satisfacer a través de la intensificación del sector agrícola. El pronóstico de crecimiento de las Naciones Unidas para la población mundial de 9,8 mil millones para 2050 (UNDESA, 2017) supone un aumento del 33% en los próximos años lo que representará sin duda un incremento en la demanda de fertilizantes (Álvarez et al., 2018). El papel de

los fertilizantes es indispensable para asegurar una producción agrícola adecuada siendo el fósforo (P), junto con el nitrógeno (N) y el potasio (K) uno de los elementos esenciales para el cultivo. La fertilización mineral ha contribuido de forma significativa en la producción de los cultivos, sin embargo, su uso indiscriminado también ha conducido a problemas de eutrofización de aguas subterráneas como consecuencia de la liberación de sales solubles de fósforo y nitrógeno (Dodds et al. 2009; Withers et

al. 2014). En la actualidad las reservas globales de buena calidad de fósforo están disminuyendo lo que supone aumento de los costes (Reijnders 2014). Este hecho plantea problemas en relación a la adquisición de este tipo de fertilizantes y por consecuencia amenaza la seguridad alimentaria futura (Cordell y Neset 2014; Elser et al. 2012) siendo necesaria la búsqueda de nuevas fuentes de fósforo. En este sentido la sostenibilidad de la fertilización con fósforo va a depender de la recuperación de este

elemento de otras fuentes, como son las aguas residuales, lo que contribuiría positivamente al cumplimiento de los objetivos de la economía circular (Withers et al., 2015; George et al., 2016). Uno de los procedimientos disponibles para la recuperación de fósforo en las plantas de tratamiento de aguas residuales urbanas es la recuperación un fosfato de amonio y magnesio hexahidrato ( $MgNH_4PO_4 \cdot 6H_2O$ ) o estruvita (de-Bashanand Bashan, 2004, Reza et al., 2019). Dado que las aguas procedentes de la deshidratación de fango digerido tienen en su composición altas cantidades de ion fosfato y de ion amonio, pero escasa concentración de ion magnesio, es necesario aportar este elemento en forma de cloruro magnésico o de óxido de magnesio para generar un producto que puede ser utilizado a nivel industrial. En este sentido, en los últimos años diferentes estudios han evaluado la utilidad de la estruvita como fuente de P para suelos agrícolas (Nongqwenga et al., 2017; Munir et al., 2017). Actualmente, la legislación europea (UE 2021/2086 de la Comisión Europea) incluye las sales de fosfato precipitadas y sus derivados como categoría de materiales componentes de fertilizantes autorizados en la UE, siendo aceptados los lodos de las plantas de tratamientos de aguas residuales municipales como materia prima para su producción.

Desde 2018, Canal de Isabel II ha financiado diversos contratos de investigación para la evaluación de la capacidad fertilizante de la estruvita obtenida en la planta ubicada en la Estación Depuradora de Aguas Residuales Sur de Madrid (Figura 1).

La caracterización del producto (Tabla 1) muestra la baja concentración de P soluble en agua en comparación con el resto de los fertilizantes, lo que evita las pérdidas por solubilidad cuando se aplica como fertilizante. En relación a las concentraciones de P soluble en citrato o en ácidos minerales la concen-

LA UTILIZACIÓN DE LA ESTRUVITA COMO FERTILIZANTE FOSFORADO SUPONE LA RECUPERACIÓN DE UN RECURSO DE ELEVADO VALOR A PARTIR DEL TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES, REPRESENTANDO UNA ESTRATEGIA SOSTENIBLE EN LÍNEA CON LOS OBJETIVOS DE LA ECONOMÍA CIRCULAR PARA SU USO EN SUELOS AGRÍCOLAS

tración que proporciona la estruvita es superior a la que se observa en el NPK y el SP. No se detectan en su composición concentraciones apreciables

de metales pesados con la excepción del manganeso, que se considera un oligoelemento esencial para la planta por lo que la concentración detectada

Tabla 1.- Características físico-químicas de la estruvita y otros fertilizantes fosforados.

	ESTR	NPK	FA	SP
Materia seca a 105°C (%)	58,40	97,60	99	93
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> soluble en agua (%)	1,3	14,1	46,5	17,5
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> soluble en citrato amónico neutro y agua (%)	22,3	15,2	61,6	18,0
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> soluble en ácidos minerales (%)	28,8	15,1	61,5	19,2
Nitrógeno total (%)	5,7	14,4	12,2	0,5
Nitrógeno amoniacal (%)	5,5	14,1	11,9	0,3
Nitrógeno nítrico (%)	0,1	0,2	0,2	0,1
Nitrógeno ureico (%)	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0
K water soluble (in K2O) (%)	<1,0	15,3	<1	<1
Cd (mg/kg MS)	<0,5	<0,5	<0,5	18,5
Cu (mg/kg MS)	<20,0	<20,0	<20,0	21,5
Cr (mg/kg MS)	<10,0	<10,0	<10,0	38,0
Hg (mg/kg MS)	<0,4	<0,4	<0,4	<0,4
Ni (mg/kg MS)	<5,0	<5,0	<5,0	31,6
Pb (mg/kg MS)	<5,0	<5,0	<5,0	<5,0
Zn (mg/kg MS)	<25,0	<25,0	<25,0	286
As (mg/kg MS)	<2,0	<2,0	<2,0	5
B (mg/kg MS)	<4,0	<4,0	<4,0	19,2
Mo (mg/kg MS)	<0,5	<0,5	<0,5	17,9
Mn (mg/kg MS)	36,2	142,0	<10,0	20,5

ESTR: Estruvita, FA (fosfato amónico), SP (superfosfato), NPK (15:15:15), MS (materia seca)

sería positiva para la utilización de estruvita como fertilizante.

Es importante destacar sin embargo, las elevadas concentraciones de Cd, Cu y Ni observadas en el superfosfato (SP), lo que supone un potencial riesgo de transferencia al sistema suelo-planta al aplicar este producto al suelo. Considerando el origen de la estruvita se han analizado otras características físico-químicas observándose que el producto tiene pH básico (9,3) y bajos valores de conductividad eléctrica (0,24 dS/m). Dado su origen, se detecta materia orgánica en su composición, aunque en muy baja proporción (0,3%). Asimismo, no se detecta la presencia de microorganismos patógenos (*salmonella spp*, *escherichia coli*), lo que supone ausencia de riesgo desde el punto de vista microbiológico.

Ensayos de lixiviación en columnas han demostrado que el uso de estruvita como fertilizante P reduciría la lixiviación de P y, en consecuencia, el riesgo de eutrofización derivado de la alta so-

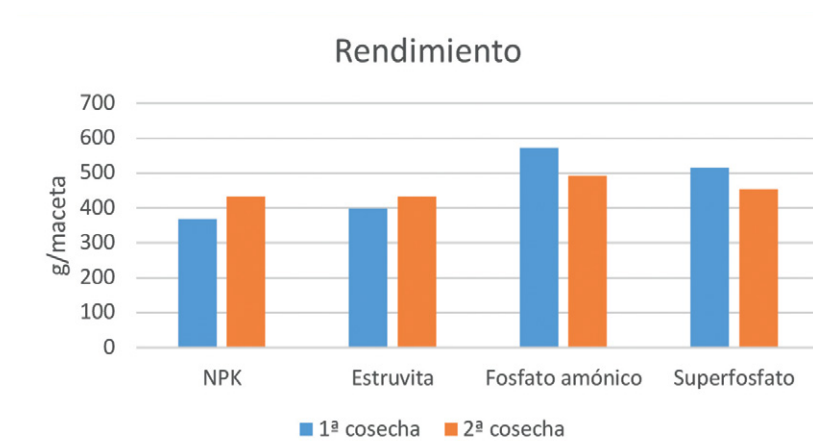


Figura 2. Valores de producción de lechuga en los diferentes tratamientos en las dos cosechas

lubilidad de los fertilizantes convencionales, lo que convertiría a este producto en un fertilizante fosforado ambientalmente seguro (Mancho et al., 2023a).

Se ha evaluado su utilización como fertilizante a medio plazo para la producción de lechuga en comparación con otros fertilizantes fosforados, como NPK,

fosfato amónico (FA) y superfosfato (SP). La estruvita presenta resultados de biomasa comparables a los obtenidos con NPK en dos cosechas consecutivas. En la primera de ellas los mayores porcentajes de biomasa se obtuvieron con FA y SP observándose una reducción en la producción en la segunda cosecha (Fi-



Figura 3. Aspecto del cultivo de lechuga en el umbráculo durante el ensayo



gura 2). En ambas cosechas las plantas tratadas con estruvita presentaron un adecuado desarrollo (Figura 3).

En relación a la nutrición fosforada, las plantas cultivadas con estruvita presentaron concentraciones de P en planta comparables a las observadas con NPK y similares a las obtenidas con FA y SP en la segunda cosecha.

En el suelo se observó que la concentración de P se mantuvo durante las dos cosechas, lo que confirma la lenta liberación de P de este producto (Figura 4). Asimismo, se observó un impacto positivo sobre la actividad biológica y la diversidad funcional de las poblaciones del suelo (Mancho et al., 2023b).

Otros ensayos se llevaron a cabo comparando el uso de estruvita con NPK y con lodo tratado por secado térmico (ST) que se utiliza como fertilizante.

Hay que destacar que las producciones con estruvita (Figura 5) mantienen los valores con respecto a la primera cosecha; sin embargo, en el caso del ST que habían obtenido los mejores rendimientos en la primera cosecha los valores disminuyen. Este hecho implica que la lenta liberación de la estruvita permite mantener una adecuada concentración de P en el suelo para cumplir los requerimientos nutritivos de la planta en dos cosechas consecutivas (Figura 6).

El análisis de compuestos fenólicos en la lechuga (Figura 7) nos muestra que las plantas cultivadas en suelos tratados con estruvita presentan mayores contenidos en este parámetro en ambas cosechas. Los compuestos fenólicos están relacionados con la capacidad antioxidante, de forma que en la actualidad se consideran propiedades fitoquímicas

de interés desde el punto de vista de la calidad alimentaria. En relación al fósforo asimilable en el suelo, tras la segunda cosecha se observa un incremento significativo en el tratamiento de estruvita con respecto al resto de los tratamientos como se vio en el anterior ensayo.

Considerando que el porcentaje de N en la estruvita es menor que en el NPK, en un ensayo de producción de acelgas, se suplementó la estruvita con una fuente de nitrógeno para lo que se seleccionaron tratamientos combinados de estruvita + urea (STR+urea) o de estruvita con lodo secado térmico (STR+ST). Los resultados se muestran en la Figura 8, donde se observa que las producciones de acelga obtenidas con estruvita+urea y estruvita +ST fueron similares y ligeramente inferiores a los valores con NPK. En todos los casos

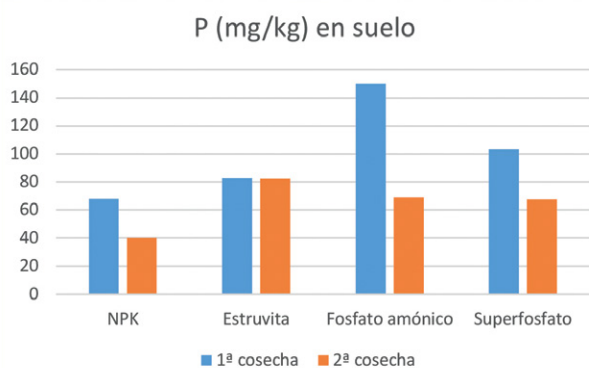


Figura 4. Contenido de P en el suelo

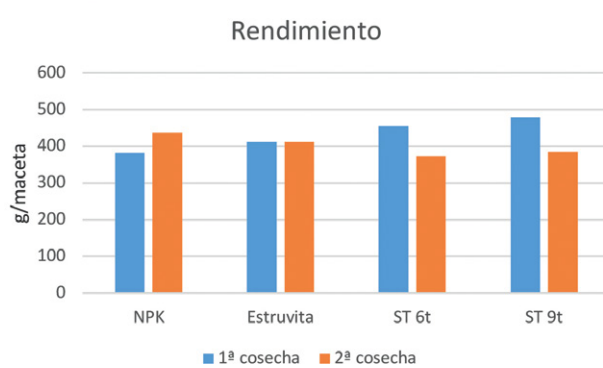


Figura 5. Producción de lechuga obtenida los diferentes tratamientos en las dos cosechas

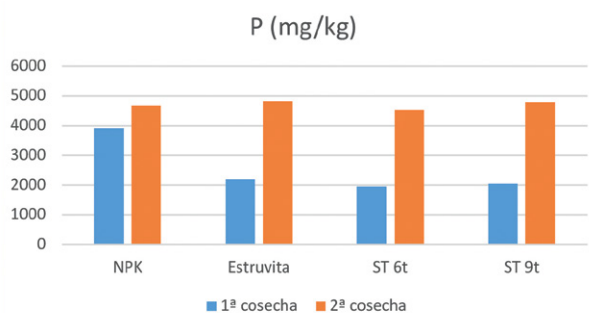


Figura 6. Contenido en P en las lechugas obtenidas en las dos cosechas

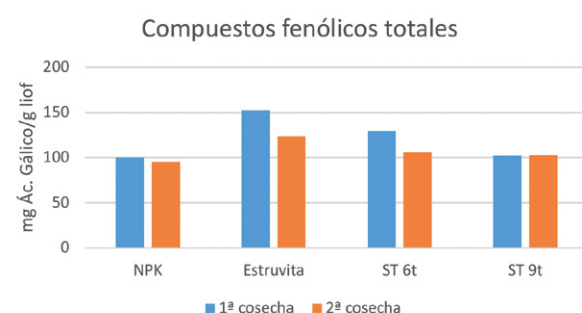


Figura 7. Compuestos fenólicos en plantas de lechuga

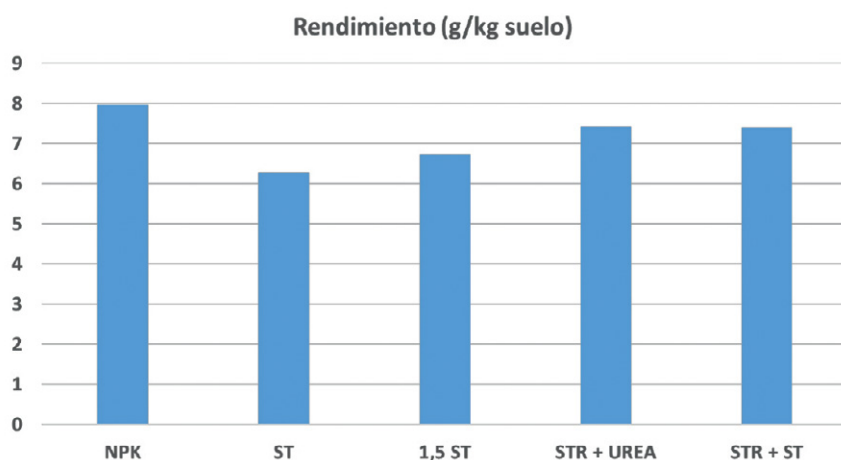


Figura 8. Producción de acelga con los diferentes tratamientos



Figura 9. Evolución del cultivo de maíz

el cultivo presentó un adecuado desarrollo vegetativo y buen aspecto. Con el fin de extrapolar los resultados a parcelas en condiciones de campo, se llevó a cabo un ensayo para la producción de maíz en la Finca “El Encin” situada en Alcalá de Henares utilizando parcelas de 7x3 m y una densidad de cultivo de 8 plantas/m<sup>2</sup>. En la figura 9 se pueden observar diferentes aspectos del cultivo a lo largo del ciclo vegetativo. Los resultados obtenidos en el ensayo mostraron un incremento significativo de la biomasa total cosechada (conjunto de tallos, hojas y mazorcas con grano) en los tratamientos con estruvita suplementada con una fuente de nitrógeno, bien en forma de ST o de urea, en comparación con el suelo sin tratamiento fertilizante de fondo. Aunque se observa una tendencia a una mayor producción de biomasa total en los tratamientos con estruvita (STR) (en especial en combinación con ST) con respecto al fertilizante mineral tradicional NPK, las diferencias con él no son estadísticamente significativas (Figura 10). El maíz es un cereal muy apreciado y con un elevado valor comercial. De las distintas fracciones de la planta, lo más valorado es el grano por ser fuente de energía y tener sus proteínas un alto valor biológico. La mayor producción de grano de maíz se obtuvo en los tratamientos con estruvita, siendo las diferencias estadísticamente significativas con respecto al control sin fertilizar, pero no con respecto a la fertilización con NPK (Figura 11).

De los resultados obtenidos, se puede concluir que la fertilización del suelo con estruvita, complementada con una fuente de nitrógeno, consigue producciones de maíz comparables a las obtenidas con el fertilizante tradicional NPK. En relación al contenido de P en la planta, los resultados son comparables también a la fertilización con NPK, aunque se observa una tendencia a una mayor concentración de P en los tratamientos con estruvita.

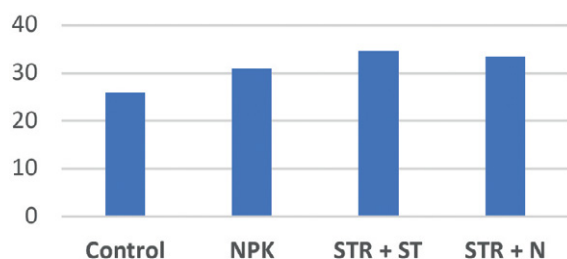
**Biomasa total (kg/parcela)**

Figura 10. Producción de biomasa de maíz

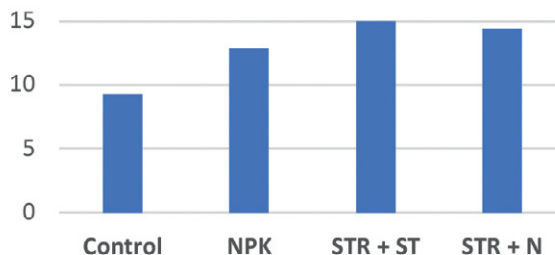
**Producción de grano (kg/parcela)**

Figura 11. Producción de grano de maíz

La combinación de estruvita, tanto con ST como con urea como fuentes de N, mostró buenos resultados en su empleo como fertilización de fondo del cultivo de maíz, siendo comparable los resultados de producción y los efectos sobre planta y suelo a los obtenidos con la fertilización convencional. Además, su combinación con ST fomenta el incremento de materia orgánica del suelo lo que repercute en una mejora de las características fisicoquímicas del suelo.

Una de las aplicaciones de estruvita podría ser su uso como fertilizante para céspedes deportivos. Tras ensayos preliminares en condiciones de invernadero se llevó a cabo un ensayo en un campo de Golf situado en Alcalá de Henares (Figura 12) donde se seleccionaron dos áreas para su aplicación con diferentes tipologías de césped, zona de greens y zona de fairway o calles.

La aplicación de estruvita se realizó mediante abonadora en una dosis de 20 gr/m<sup>2</sup>, utilizando sobre las superficies tratadas, un total de 2.600 m<sup>2</sup>, el mismo mantenimiento que sobre el resto del campo de golf. Se realizaron tres aplicaciones (noviembre de 2021, marzo de 2022 y agosto de 2022). Dado que las necesidades nutritivas de una pradera de césped deportivo son variables en función del tipo de pradera y de suelo, se consideró, dada la caracterización del producto, que con las aplicaciones

realizadas se incorporaron al suelo del orden de 34.2 UF de N, 133.8 de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, 1.8 de K<sub>2</sub>O y 17.74 de MgO. Durante 12 meses se analizaron parámetros de calidad de césped, así como otros datos complementarios de jugabilidad.

Se observó que en la zona de greens, la forma idónea de aplicación de estruvita sería después de un pinchado de greens, a fin de evitar que se elimine el producto en las continuas siegas que se realizan dada su lenta velocidad de disolución.

En el caso de las zonas de fairways o calles, la aplicación de estruvita resulta

de interés al aplicarse en las calles construidas con suelos desde arcillosos hasta franco-arenosos o arenosos. Aunque tarda en disolverse en el suelo con el riego, no se elimina con las siegas cuando se disuelve en el terreno, por lo que no se pierde por lixiviación siendo los valores de N, P y Mg disponibles para la planta más altos en zona tratada con estruvita y permanecen durante más tiempo en el suelo y a disposición del cultivo. Se observan valores más altos de P en hoja en la zona tratada con estruvita que en la zona control. En este caso la aplicación de estruvita en estas zonas del campo de golf sería adecuada y sostenible.

## CONCLUSIONES

Los ensayos realizados, muestran que la utilización de la estruvita como fertilizante fosforado supone la recuperación de un recurso (nutriente) de elevado valor a partir del tratamiento de aguas residuales lo que representa una estrategia sostenible en línea con los objetivos de la economía circular para su uso en suelos agrícolas.

Su aplicación como fertilizante reduciría la lixiviación de P y, en consecuencia, el riesgo de eutrofización derivado de la alta solubilidad de los fertilizantes convencionales, lo que convertiría a este producto en un fertilizante fosforado ambientalmente seguro.

Los estudios realizados han mostrado resultados favorables que apoyan la utilización de estruvita como fertilizante con capacidad para suministrar P, N y Mg a los suelos agrícolas

Su utilización en combinación con otros fertilizantes, a fin de obtener las formulaciones adecuadas para cada cultivo, supondría una reducción en la utilización de fertilizantes minerales tradicionales y por consecuencia en la emisión de gases de efecto invernadero y contribuiría a la mitigación del cambio climático.

En general los estudios realizados han mostrado tanto en condiciones de invernadero como de campo y con diferentes cultivos, resultados favorables que apoyan la utilización de estruvita como fertilizante con capacidad para suministrar P, N y Mg a los suelos agrícolas.

### Agradecimientos

Canal de Isabel II (Comunidad de Madrid).

### REFERENCIAS

Alvarez, J., Roca, M., Valderrama, C. and Cortina, J.L. (2018) 'A Phosphorous Flow Analysis in Spain', *Science of the Total Environment*, 612, 995-1006, available: <http://dx.doi.org/10.1016/j.scitotenv.2017.08.299>.

Cordell, D. and Neset, T.S.S. (2014) 'Phosphorus vulnerability: A qualitative framework for assessing the vulnerability of national and regional food systems to the multidimensional stressors of phosphorus scarcity', *Global Environmental Change-Human and Policy Dimensions*, 24, 108-122, available: <http://dx.doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2013.11.005>.

Gilde-Bashan, L.E. and Bashan, Y. (2004) 'Recent advances in removing phosphorus from wastewater and its future use as fertilizer (1997-2003)', *Water Research*, 38(19), 4222-4246, available: <http://dx.doi.org/10.1016/j.watres.2004.07.014>.

Dodds, W.K., Bouska, W.W., Eitzmann, J.L., Pilger, T.J., Pitts, K.L., Riley, A.J., Schloesser, J.T. and Thornbrugh, D.J. (2009) 'Eutrophication of US Freshwaters: Analysis of Potential Economic Damages', *Environmental Science & Technology*, 43(1), 12-19, available: <http://dx.doi.org/10.1021/es801217q>.

Elser, J., 2012. Phosphorus: a limiting nutrient for humanity? *Curr. Opin. Biotechnol.* 23,



Figura 12. Zona de ensayo en campo de golf

833-838. doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.copbio.2012.03.001>.

EU.2021. Reglamento delegado (UE) 2021/2086 de la comisión de 5 de julio de 2021 que modifica los anexos II y IV del Reglamento (UE) 2019/1009 del Parlamento Europeo y del Consejo con el fin de añadir las sales de fosfato precipitadas y sus derivados como categoría de materiales componentes en los productos fertilizantes UE.

George, T. S.; Hinsinger, P.; Turner, B. L. (2016) Phosphorus in soils and plants - Facing phosphorus scarcity. *Plant and Soil*, v.401, p.1-6, 2016. <https://doi.org/10.1007/s11104-016-2846-9>

Mancho, C.; Diez-Pascual, S.; Alonso, J.; Gil-Díaz, M.; Lobo, M.C. (2023a). Assessment of Recovered Struvite as a Safe and Sustainable Phosphorous Fertilizer. *Environments* 10, 22. <https://doi.org/10.3390/environments10020022>

Mancho, C.; Diez-Pascual, S.; Alonso, J.; Gil-Díaz, M.; García-Gonzalo, P.; Lobo M.C. (2023b). Medium/long-term efficiency of struvite for lettuce (*Lactuca sativa* L.) production: Effect on soil quality. *Horticulturae* 2023, 9, x. <https://doi.org/10.3390/xxxxx> (en prensa)

Munir, M.T., Li, B., Boiarkina, I., Baroutian, S., Yu, W. and Young, B.R. (2017) 'Phosphate recovery from hydrothermally treated sewage sludge using struvite precipitation', *Bioresource Tech-*

nology, 239, 171-179, available: <http://dx.doi.org/10.1016/j.biortech.2017.04.129>.

Nongqwenga, N.; Muchaonyerwa, P.; Hughes, J.; Odindo, A.; Bame, I. (2017) Possible Use of Struvite as an Alternative Phosphate 491 Fertilizer. *J. Soil Sci. Plant Nutr.* 17, 581-593; DOI:10.4067/S0718-95162017000300003.

Reijnders, L. (2014) 'Phosphorus resources, their depletion and conservation, a review', *Resources Conservation and Recycling*, 93, 32-49, available: <http://dx.doi.org/10.1016/j.resconrec.2014.09.006>.

Reza, A.; Shim, S.; Kim, S.; Ahmed, N.; Won, S.; Ra, C. (2019) Nutrient Leaching Loss of Pre-Treated Struvite and Its Application in 432 Sudan Grass Cultivation as an Eco-Friendly and Sustainable Fertilizer Source. *Sustain.* 11, 1-14; DOI:10.3390/su11154204. 433

UNDESA (United Nations, Department of Economic and Social Affairs, Population Division). 2017. World population 402 prospects: The 2017 revision, key findings and advance tables. Working Paper No. ESA/P/WP/248. United Nations, New York

Withers, P.J.A., Neal, C., Jarvie, H.P. and Doody, D.G. (2014) 'Agriculture and Eutrophication: Where Do We Go from Here?', *Sustainability*, 6(9), 5853-5875, available: <http://dx.doi.org/10.3390/su6095853>. ●

# C8E: procesos de deshidratación y espesamiento de lodos a gran escala

**E**l tratamiento de lodos desempeña un papel importante en las plantas de tratamiento de aguas residuales: un componente clave en el proceso de tratamiento de agua potable y aguas residuales es la separación y deshidratación eficientes de lodos de grano fino, utilizando medios mecánicos siempre que sea posible. En particular, las grandes plantas de tratamiento de aguas residuales que dan servicio a una población de 200.000 o más habitantes deben encontrar la solución óptima y más económica para los procesos de deshidratación y espesamiento. Teniendo en cuenta esta exigencia, es de gran importancia lograr

una gran fiabilidad, una alta eficiencia económica y un mantenimiento mínimo para las plantas de tratamiento de aguas residuales.

Basándose en 50 años de experiencia, Flottweg desarrolló la serie C para poder ofrecer unas unidades de separación potentes y eficaces para el espesamiento y deshidratación de los lodos. La serie C se diseñó especialmente para tareas de separación relacionadas con el procesamiento de lodos de aguas residuales y el tratamiento de agua potable.

El modelo C8E, la centrífuga más grande de la serie C, ofrece el rendimiento necesario para obtener grandes rendimientos de caudal: La

centrífuga puede procesar entre 100 y 200 m<sup>3</sup>/h (entre 440 y 880 gpm) durante el espesamiento, y entre 80 y 160 m<sup>3</sup>/h (entre 352 y 704 gpm) durante la deshidratación. El modelo C8E cuenta con características como un accionamiento de bajo consumo y alto rendimiento, una recuperación de energía a través del sistema Recuvarne® de Flottweg, un mantenimiento sencillo y unos requisitos mínimos de personal gracias a su alto nivel de automatización. ●



**FLOTTWEG**  
www.flottweg.com/es



# Arnold Kleijn

SALES & PRODUCT DEVELOPMENT MANAGER DE  
**HRS HEAT EXCHANGERS**

**L**a búsqueda y desarrollo de soluciones que mejoren la eficiencia de las operaciones en el sector del tratamiento de aguas y residuos está en el centro de la estrategia de la industria. HRS nació hace más de cuatro décadas con esta filosofía, y a día de hoy está posicionada como un referente en estas soluciones. Hablamos con Arnold Kleijn, Sales & Product Development Manager de la compañía.

**HRS se ha consolidando en los últimos años gracias a su tecnología exclusiva de intercambiadores de calor pero, ¿cómo nace la compañía? ¿cuál es vuestra filosofía, objetivos y sectores de actividad?**

HRS Heat Exchangers es una empresa de transferencia tér-

mica con presencia global fundada en 1981. Nos dedicamos a fabricar intercambiadores de calor y otros sistemas más completos, basados en la tecnología térmica. Nuestra misión como empresa viene impuesta por los tiempos en los que vivimos. Nuestro planeta nos exige vigilar, cada vez más, la huella de carbono y el ahorro de energía, y es ahí precisamente donde los intercambiadores o recuperadores de calor juegan un papel fundamental. Por tanto, nuestro objetivo primero es utilizar tecnologías de transferencia de calor para ayudar a hacer un mundo más sostenible y nuestra actividad se centra, sobre todo en los sectores medioambiental, alimentario, industrial y farmacéutico. Actualmente, tenemos un gran número de peticiones de muchas partes del mundo, con aplicaciones para gases renovables o biogás.

## En la industria medioambiental, vemos una gran demanda de soluciones de sistemas de concentración o evaporación



### ¿Qué hitos destacaría de la trayectoria de HRS?

El primer hito a destacar viene casi de forma paralela al nacimiento de HRS, hacia los años 90, cuando fabricamos un producto "un tanto especial" para aquel momento: un intercambiador de superficie rascada, esto es, un equipo para tratar fluidos difíciles. Existen aplicaciones de transferencia de calor complicadas, donde la alta viscosidad y el ensuciamiento pueden suponer un problema para el rendimiento de las máquinas. Por ello, el primer éxito de nuestra trayectoria fue la creación de esta máquina, en su origen para la industria alimentaria, que consiguió con éxito transferir el calor, asegurando una superficie libre de incrustaciones. Pronto conseguimos llevar esta tecnología de superficie rascada a otros sectores. A partir de 2010, la utilizamos dentro de la industria medioambiental, con aplicaciones en EDARs o plantas de tratamiento municipal o industrial, entre otras.

Otro momento clave en la trayectoria de HRS fue cuando en 2016, comenzamos a aplicar esta misma tecnología de superficie rascada en procesos de evaporación, para la concentración de aguas residuales. La tecnología recibe el nombre de Zero Liquid Discharge (ZLD), o residuo líquido cero: evapora el agua y se consigue un residuo casi sólido. El objetivo es recuperar productos sólidos disueltos en residuos líquidos de muchas industrias, lo que sirve para recuperar materia prima de valor y a la vez reducir el impacto medioambiental.

Por último, destacar también que hacia el año 2012, comenzamos a recibir peticiones de aplicaciones para el mundo del biogás, sobre todo en Inglaterra, donde había incentivos por parte del gobierno. Las empresas buscaban soluciones para la pasteurización de fangos. Desarrollamos un proceso, basado en nuestra tecnología de intercambio térmico, que tenía un alto grado de recuperación energética, llamado DPS (Digestive Pasteurization System). El sistema de pasteurización de digestato se diseñó para satisfacer los requisitos de pasteurización en los sectores de digestión anaerobia y las energías renovables. El sistema es capaz de pasteurizar digestato, materias primas, lodos y mate-

riales similares y es adecuado tanto para la pasteurización previa como posterior a la digestión, lo que permite a los operadores maximizar la eficiencia de sus procesos. La primera instalación que entregamos por entonces funcionó muy bien, y abrió paso a muchos pedidos y una amplia trayectoria. El éxito pronto se extendió a otros países como Francia, Lituania o Australia.

### ¿Cómo se ha comportado el negocio de HRS en los últimos tiempos?

Los resultados han sido muy positivos y estamos muy satisfechos con la evolución de nuestro negocio. En tan solo

Nuestro *Digestive Pasteurization System* es capaz de pasteurizar digestato, materias primas, lodos y materiales similares y es adecuado tanto para la pasteurización previa como posterior a la digestión, lo que permite a los operadores maximizar la eficiencia de sus procesos





cinco años, desde 2018 a 2022, nuestra facturación se ha multiplicado por dos. A pesar de la crisis sanitaria de la Covid y otros problemas globales, como la guerra de Ucrania, nuestro negocio ha conseguido resistir, e incluso se ha multiplicado. A día de hoy sigue creciendo, motivo por el cual, hemos tenido que ampliar plantilla en todas nuestras sedes alrededor del mundo, para poder satisfacer la demanda. Nos damos cuenta, cada vez más, de que el mundo requiere, de alguna forma, las soluciones que nosotros podemos ofrecer.

**¿Qué soluciones o sectores están impulsando el negocio de la compañía?**

En materia medioambiental, hemos identificado que nuestro mercado más importante es el biogás. La no dependencia del gas ruso está obligando a Europa a buscar otras fuentes de gas o combustibles fósiles, y el biogás se posiciona como una de las mejores opciones. En el caso de España, pese al gran potencial de biogás y biomasa que existe, aún vamos a la cola en relación con otros países como Inglaterra, Francia o Alemania; no obstante, esto quiere decir que queda terreno por conquistar. Si las políticas ayudan y se impulsa una legislación y reglamentos favorables, se espera un gran despegue del biogás en nuestro país. También es así en el mercado estadounidense, donde se espera un un boom de plantas de biogás y donde vemos muchas posibilidades. Otros mercados importantes son los sistemas de concentra-

Si las políticas ayudan y se impulsa una legislación y reglamentos favorables, se espera un gran despegue del biogás en nuestro país



ción de residuos, donde seguimos recibiendo muchísimas peticiones; o dentro del sector alimentario, las aplicaciones de sistemas para la pasteurización de zumos, productos a base de vegetales o salsas.

Por último, nosotros vendemos además intercambiadores sueltos para cualquier aplicación en el mundo del medio ambiente: fangos, lodos, purines... Tenemos intercambiadores para cualquier aplicación donde haya necesidad de transferir calor.

**¿Cuál es la estrategia de cara a los próximos años?**

Con vistas al futuro, nuestra pretensión es continuar trabajando y creciendo dentro de los mercados de gas renovable



y residuos, y para ello, tenemos que seguir dándonos a conocer. Por este motivo, tratamos de estar en todas las ferias de los mercados principales en diferentes países (España, Inglaterra, Estados Unidos...), donde nos dejamos ver y mostramos nuestros productos; además de trabajar en asociación con otras empresas del sector. No obstante, tenemos ya una gran base de datos de proyectos realizados y son muchas veces nuestro propios clientes los que nos recomiendan a otros.

**¿En qué novedades trabaja la compañía de cara a los próximos meses? ¿Qué veremos en el futuro?**

Estamos en un proceso de I+D continuo que pretende, no solo optimizar el funcionamiento de los productos ya existentes, sino integrar nuevas soluciones. Estamos trabajando para conseguir sistemas más eficientes y con mayor rendimiento para aumentar la transferencia, pensando en otras geometrías y otros tipos de intercambiadores. Otro de



## Otra de las soluciones más demandadas son los sistemas de pasteurización de fangos o lodos, tanto en plantas de residuos como plantas de agua residuales



nuestros objetivos a futuro, es crear sistemas cada vez más compactos, sobre todo pensando en los mercados de exportación.

**¿Qué tecnologías o soluciones tienen más proyección de futuro en el sector medioambiental desde vuestro punto de vista?**

En la industria medioambiental, se ha incrementado la demanda de soluciones de sistemas de concentración o evaporación de residuos. Es un mercado grande, en el que operamos para reducir el volumen de residuos, tales como salmueras, purines y digestatos. Aplicamos nuestras tecnologías para aportar soluciones que garanticen un mayor tiempo de funcionamiento para tratar efluentes que causan ensuciamiento.

Otra de las soluciones más demandadas son los sistemas de pasteurización de fangos o lodos, tanto en plantas de residuos como plantas de agua residuales. Se trata de un mercado en constante crecimiento, cuyo tratamiento viene ya impuesto por normativa europea. También apreciamos una gran proyección en Estados Unidos.

**Nos gustaría conocer algún proyecto en el que HRS haya tenido un papel destacado, ¿podría hablarnos de alguno/s proyectos de éxito recientes?**

El proyecto más reciente ha sido en una planta de tratamiento de agua proveniente de la industria de detergentes. Se trata de un agua muy difícil de tratar por la generación de espumas, y que requiere de muchas pruebas. Para ofrecer una solución, primero se ha de investigar. Sin embargo, tras trabajar exhaustivamente durante más de un año, conseguimos dar con la tecla y ofrecer una solución de demostración para un producto muy difícil, por lo que ha sido todo un éxito. ●



# Biofactorías para la transformación de lodos de EDAR y biorresiduos urbanos en productos de alto valor añadido



Antón Taboada Santos<sup>1</sup>, Celia Castro Barros<sup>2</sup>, Ángela Muñiz Varela<sup>3</sup>, Leticia Rodríguez-Hernández<sup>4</sup>

<sup>1</sup>Coordinador del Proyecto Ecoval, <sup>2</sup>Responsable Técnica de Biofactoría y Recuperación de Recursos, <sup>3</sup>Project Manager de Proyectos Europeos, <sup>4</sup>Directora de Desarrollo Sostenible

<sup>1</sup>**CETAQUA GALICIA** | [www.cetaqua.com](http://www.cetaqua.com) <sup>2</sup>**CETAQUA** | [www.cetaqua.com](http://www.cetaqua.com) <sup>3</sup>**FEUGA** | [www.feuga.es](http://www.feuga.es) <sup>4</sup>**VIAQUA** | [www.viaqua.gal](http://www.viaqua.gal)

**E**l proyecto Ecoval Sudoe, acrónimo de 'Estrategias de coordinación de gestión y valorización de fangos y residuos orgánicos en la región Sudoe', (nov 2020-mar 2023), ha propuesto un nuevo mo-

delo circular para la gestión de residuos orgánicos urbanos y lodos de depuradora, impulsando el concepto de biofactoría. Las biofactorías van más allá del tradicional concepto de depuración y permiten generar pro-

ductos de alto valor añadido como los ácidos grasos volátiles (AGV). Los AGV son recursos altamente demandados por las industrias química y petroquímica y han sido obtenidos tradicionalmente a partir de recursos

fósiles. Ecoval ha demostrado la viabilidad técnica de la obtención de AGV a partir de lodos y biorresiduos urbanos, impulsando un nuevo modelo circular que permite la transformación de las corrientes residuales urbanas en productos de alto valor añadido con alto potencial de aplicación industrial, fortaleciendo el nexo industria sostenible-ciudad.

## DE DEPURADORAS A BIOFACTORÍAS

Los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) establecen, hasta el año 2030, la agenda de los gobiernos y organizaciones que se acogen a los tratados internacionales medioambientales de las Naciones Unidas. Dichos objetivos promueven “Ciudades y comunidades sostenibles” y “Agua, industria innovación e infraestructura”, entre otros, alineándose con el concepto de “Economía Circular”. Europa, España y Galicia han desarrollado estrategias que promulgan la implantación de modelos circulares de flujos de materiales en sus territorios. El objetivo es permitir la descarbonización de las actividades humanas e industriales, generando nuevas cadenas de valor y modelos de negocio, que buscan disminuir la sobreexplotación de los recursos naturales y nuestra dependencia de los recursos fósiles, a la vez que se minimizan los impactos ambientales y económicos

de la gestión de corrientes residuales de procesos urbanos o industriales.

En esta línea, se está produciendo un cambio de paradigma en el que las estaciones depuradoras de aguas residuales urbanas (EDAR), diseñadas tradicionalmente para depurar el agua y reducir su carga contaminante antes de ser devuelta al medio receptor, son convertidas en biofactorías, instalaciones en las cuales se busca valorizar los subproductos resultantes del proceso de depuración: agua regenerada para diversos usos, energía eléctrica renovable, fertilizantes o biocompuestos como los ácidos grasos volátiles (AGV), en los que se centró el proyecto Ecoval Sudoe.

## ÁCIDOS GRASOS VOLÁTILES (AGV)

Los AGV, ácidos carboxílicos de cadena corta, son compuestos de alto valor añadido que sirven como materia prima en la industria química para la formulación de una gran variedad de productos tales como pinturas, lubricantes, plásticos, etc. Su coste oscila entre los 1.000 y 2.500 €/tonelada y actualmente se obtienen prácticamente en su totalidad a partir del petróleo, lo que implica un muy elevado impacto ambiental y una dependencia de recursos no renovables. El origen renovable en la producción de AGV representa todavía una fracción mí-

nima, por lo que deben desarrollarse soluciones circulares como la que ha planteado Ecoval.

## CONSORCIO ECOVAL

El proyecto Ecoval fue cofinanciado por el Programa Interreg Sudoe a través del Fondo Europeo de Desarrollo Regional (FEDER), con una financiación de 1.109.250 €. Comenzó su ejecución en noviembre de 2020 y sus actividades se extendieron hasta marzo de 2023. La región Sudoe abarca las comunidades autónomas españolas (excepto Canarias), las regiones del sudoeste de Francia, las regiones continentales de Portugal, Gibraltar y el Principado de Andorra.

El consorcio fue liderado por Cetaqua Galicia y en él participaron también la Universidad de Santiago de Compostela (USC), la Fundación Patrimonio Natural (FPNCyL), la Fundación Empresa Universidad de Galicia (FEUGA) como representantes españoles; el Institut National des Sciences Appliquées de Toulouse (INSA-Toulouse), Nereus Water (Francia), como representantes franceses, y Portoambiente y Aguas do Tejo Atlántico (AdTA) como socios portugueses.

## TRABAJO REALIZADO EN ECOVAL

Ecoval ha permitido validar técnicamente la tecnología de producción

EL PROYECTO ECOVAL SUDOE HA PROPUESTO UN NUEVO MODELO CIRCULAR PARA LA GESTIÓN DE RESIDUOS ORGÁNICOS URBANOS Y LODOS DE DEPURADORA, IMPULSANDO EL CONCEPTO DE BIOFACTORÍA

Ecoval ha permitido validar técnicamente la tecnología de producción de AGV (acético, propiónico y butírico) a partir de lodos de depuradora y biorresiduos urbanos a escala piloto



Figura 1. Prototipo piloto para la producción de AGV a partir de lodos de EDAR y biorresiduos urbanos del proyecto Ecoval

de AGV (acético, propiónico y butírico) a partir de lodos de depuradora de laboratorio y biorresiduos urbanos a escala piloto (Figura 1). El pilotaje se ha llevado a cabo durante más de dos años en la Biofactoría de Ourense, operada por Viaqua, que es un referente internacional en aplicación de la economía circular al ciclo del agua gracias a su tecnología de última generación. Así, en esta biofactoría se obtiene agua apta para ser reutilizada, se producen energías renovables a partir de los fangos de depuración y se valorizan otros subproductos como arenas y grasas). No obstante, Cetaqua (líder del proyecto), Viaqua (gestora de la instalación) y el Concello de Ourense (propietario de la instalación), siguen impulsando el modelo de Biofactoría yendo un paso más allá, no sólo valorizando los subproductos obtenidos en la depuración del agua urbana sino también creando y optimizando sinergias entre el ciclo del agua y el de los biorresiduos urbanos.



Figura 2. Ciclo de trabajo y principales acciones de los socios del proyecto Ecoval

El trabajo de Ecoval va más allá de la planta piloto de Ourense (Figura 2). La fermentación anaerobia es un proceso complejo en el cual las propiedades físico-químicas de los residuos y las condiciones de operación juegan un papel fundamental en el rendimiento del proceso y el tipo de AGV que se obtiene. Así, la operación piloto fue asistida por la Universidad de Santiago de Compostela (USC) y el Instituto de Ciencias Aplicadas (INSA) de Toulouse mediante modelos metabólicos que permitieron optimizar dicha fermentación, obteniendo rendimientos de conversión superiores al 35%. Tras esto, el residuo fermentado se separó en i) una corriente líquida rica en AGV que el socio Nereus pu-

rificó en su planta piloto de nanofiltración dinámica y electrodiálisis, generando una corriente de AGV concentrada y ii) una corriente sólida, que lejos de considerarse un residuo, fue valorizada energéticamente mediante la transformación en biogás por el INSA a través de una tecnología avanzada de digestión anaerobia. La fracción sólida no convertida a biogás tampoco es un residuo ya que la Fundación Patrimonio Natural de Castilla y León demostró que posee un alto potencial para su aplicación en suelos generando un impacto positivo en la biodiversidad. Por lo tanto, se demostró que el modelo propuesto por Ecoval es totalmente circular y permite obtener el residuo 0.

El proyecto no tuvo sólo un enfoque tecnológico sino que otros socios analizaron las barreras que limitan la implantación de este tipo de alternativas. En este sentido, Águas do Tejo Atlántico y Portoambiente lideraron la parte del proyecto dedicada a la evaluación económica, medioambiental y legal de los sistemas actuales de gestión de residuos orgánicos urbanos y lodos de depuradora, identificando las barreras legales y medioambientales para la valorización tanto de lodos como de los biorresiduos en forma de AGV. Entre las principales barreras legales se destacó la falta de un criterio homogéneo a nivel europeo sobre los requisitos que deben tener los AGV para ser comercializados, ya que la Directiva Marco de



Figura 3. Visita a la Biofactoría de Ourense en el evento de cierre de Ecoval



Figura 4. Planta piloto para la purificación de AGV obtenidos a partir de corrientes residuales orgánicas

Residuos (2008/98/CE) deja en manos de los estados miembros este tipo de cuestiones. Otro tipo de barrera identificada es la baja tasa de recogida selectiva de biorresiduo urbano alcanzada por el momento, ya que todavía el 80% de la fracción bio de los residuos urbanos no se separa selectivamente y se sigue depositando mayoritariamente en el contenedor resto.

La comunicación y difusión del proyecto, clave para poder alcanzar el cambio de paradigma planteado en Ecoval, fue liderada por la Fundación Empresa-Universidad Gallega (FEUGA).

## CIERRE DE PROYECTO Y PERSPECTIVAS DE FUTURO

El 9 de marzo tuvo lugar, en Ourense, el evento de cierre del proyecto en el cual se han dado a conocer los principales resultados obtenidos. Dicho evento, en el que participaron más de 60 personas, acabó con una visita técnica a la Biofac-

toría de Ourense (Figura 3). Se demostró cómo la ejecución de Ecoval ha permitido el acercamiento de la tecnología de producción de AGV a partir de corrientes residuales urbanas al mercado. El cuello de botella del proceso es la purificación de los AGV, ya que las tecnologías planteadas en Ecoval no permiten alcanzar una pureza suficiente para que estos reemplacen su actual producción a partir de recursos fósiles.

Así, los trabajos en la Biofactoría de Ourense no finalizan, sino que tendrán continuidad a través de los proyectos Biocenplas y CIGAT Circular, en los cuales se pretende validar en una planta piloto ya instalada (Figura 4) un novedoso tren de purificación de AGV que en ensayos preliminares ha permitido alcanzar altas purezas de producto. Se espera que estos proyectos sean el paso definitivo para la puesta en el mercado de las nuevas tecnologías, sus cadenas de valor asociadas y los nuevos modelos de negocio ge-

nerados a partir de la producción y recuperación de los AGV.

## Agradecimientos

Ecoval (SOE4/P1/E1104), en el que han participado Cetaqua Galicia, Universidad de Santiago de Compostela (USC), la Fundación Patrimonio Natural (FPNCyL), la Fundación Empresa Universidad de Galicia (FEUGA), el Institut National des Sciences Appliquées de Toulouse (INSA-Toulouse), Nereus Water (Francia), Portoambiente y Aguas do Tejo Atlántico (AdTA).

Biocenplas, en el que participan Anfac, Cetaqua Galicia y la Universidad de Santiago de Compostela (USC).

Centro Mixto de investigación CIGAT-Circular (IN853C2022/03) en la que participan Cetaqua Galicia, Víaqua Gestión Integral de Aguas de Galicia, S.A.U. y la Axencia Galega de Innovación (GAIN) de la Xunta de Galicia. ●

REGISTRATION IS OPEN



15-18 October 2023  
Seville, Spain



# IDA SEVILLE SUMMIT ON Water & Climate Change

Under the Patronage of Hon. Teresa Ribera Rodríguez, Deputy Prime Minister  
and the Minister for Ecological Transition of Spain



Endorsed by Hon. José Luis Sanz, Mayor of Seville

Sevilla.

Diamond Sponsor



Gold Sponsor



Silver Sponsor

ABENGOA

Cocktail Reception at Las Setas Monument Sponsor



A Welcome Reception Sponsor



IDA 50th Anniversary Gala Dinner Sponsors



Sponsors of the Hacienda Program

Technical Session Sponsors



Supporting Partners

Media Partners



Supporting Affiliates







---

# **LODOS:**

## **Cómo un desecho se convirtió en clave para impulsar la descarbonización**

Conocemos el potencial de los lodos de depuración a través de varios proyectos paradigmáticos que buscan resolver la problemática que presenta el almacenamiento y la eliminación de los mismos. Biogás, economía circular y bioaumentación son algunos términos clave concretados en esta pieza.

 NURIA SUÁREZ

COMO PARTE INESCINDIBLE DEL COMPLEJO PROCESO DE TRANSICIÓN HACIA UN PLANETA DESCARBONIZADO, EL SECTOR DEL TRATAMIENTO DE LAS AGUAS RESIDUALES, CARACTERIZADO POR LA ENORME CAPACIDAD DE GENERAR VALOR AÑADIDO, SE HA VISTO INMERSO EN LA POTENCIACIÓN DE INICIATIVAS QUE ESTIMULEN LA CREACIÓN DE OPORTUNIDADES Y PROPONGAN ALTERNATIVAS A LA GESTIÓN TRADICIONAL DE LOS LODOS DE DEPURADORA. ¿EN QUÉ SE ESTÁ TRABAJANDO Y DE QUÉ MODO ACELERARÁN LA CONVERSIÓN DEL SECTOR? HABLAMOS CON SILVIA DOÑATE DEL GRUPO DAM, ORIOL CASAL DEL PROYECTO LIFE NIMBUS EN CETAQUA, Y JORGE VICENTE, PRESIDENTE DE DEPLAN S.L.

**A**l preguntar en qué momento comenzaron a perfilarse las aguas residuales como un recurso Silvia Doñate responde que el tratamiento de las mismas “ha sufrido un profundo cambio en las dos últimas décadas motivado por la necesidad de que las depuradoras se integraran dentro del concepto de economía circular, fomentándose de esta forma la recuperación y valorización de todos los recursos presentes en las mismas. Estos cambios han venido acompañados y promovidos por legislación europea”.

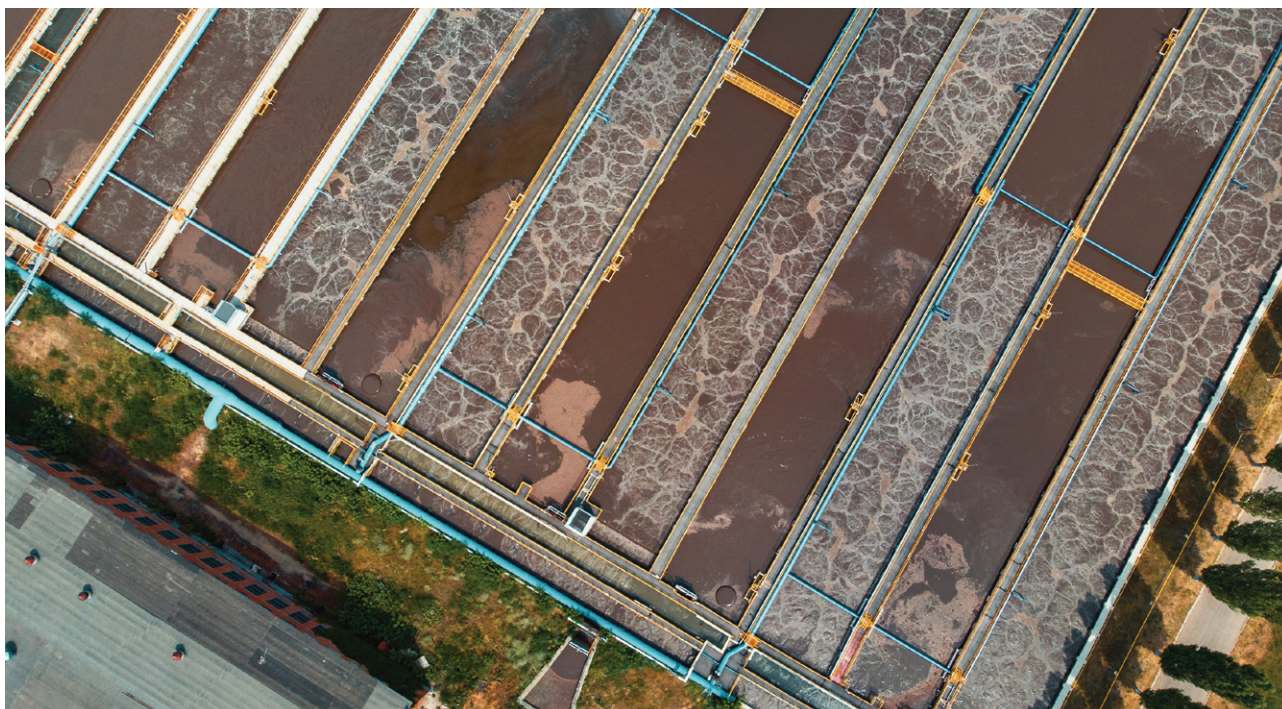
Especifica que “en diciembre de 2015 la Comisión Europea publicó el Plan de Acción de la UE para la economía circular, pero también ha habido otras medidas posteriores; la legislación de la UE sobre residuos entró en vigor en 2018 estableciendo objetivos claros de reciclaje y en marzo de 2020 nació el Pacto Verde Europeo para impulsar el uso eficiente de los recursos

mediante el cambio a una economía limpia y circular, recuperar la biodiversidad y reducir la contaminación. Posteriormente, el establecimiento de una serie de compromisos para cumplir con la Agenda 2030 y los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) de Naciones Unidas han impulsado acciones dentro del sector del agua, el cual se considera clave para garantizar la reconstrucción verde. De hecho, el establecimiento de los objetivos de desarrollo sostenible debe ayudar a articular un nuevo modelo de crecimiento, sustentado en la economía circular, para garantizar la disponibilidad de recursos naturales para las generaciones futuras”.

En un contexto de creciente escasez, la reutilización de aguas residuales supone una garantía para mantener una adecuada gestión del agua, perfilándose como “una alternativa de gran futuro, ya que aumenta la oferta de recursos hídricos y reduce el problema de la contaminación. En las últimas décadas, el avance tecnológico en materia de regeneración de aguas re-

siduales ha sido muy importante, hasta el punto que en la actualidad, la viabilidad de los proyectos de reutilización de aguas residuales está supeditada fundamentalmente a aspectos económicos”, sintetiza Doñate.

Por su parte, Oriol Casal estima que la visión de las aguas residuales como recurso obedece al cambio de paradigma en los procesos productivos gradual y lento. “En este caso, esta evolución viene motivada no solo por la conciencia de las entidades operadoras de una estación depuradora, sino también por la industria y el imperativo de la competitividad económica, así como la regulación que acompaña y estimula este cambio. Es un proceso que, aunque se inició hace décadas con los primeros pasos en aprovechamiento de residuos, está todavía en transición y hay trabajo por hacer tanto en implementación como en I+D, y no solo en el ciclo del agua, sino también en otras industrias, como las cementeras o las acerías, donde ya se pueden ver a día de hoy algunas muestras de este cambio”.



Otro factor relevante es la afectación del cambio climático sobre los procesos productivos, pues tal y como expone Jorge Vicente “no ha sido hasta en el momento en que las aguas dulces han comenzado a ser un bien escaso con motivo de las sequías provocadas por las alteraciones climáticas, que las aguas residuales tratadas de grandes urbes han empezado a perfilarse como un bien útil para reincorporar a diversos fines, como puede ser el regadío mediante aguas regeneradas”. Es por ello que desde DEPLAN se especializan en acercar soluciones que permitan aplicar la circularidad en la totalidad del ciclo del agua. Ejemplo de ello son las prensas de tornillo para la deshidratación de fangos, gracias a las cuales “las empresas tienen una oportunidad para mejorar sus objetivos de reducción de costes y ser más respetuosos con el medio ambiente. Barajamos muy buenas perspectivas ya que la demanda y el interés están creciendo al tratarse de una instalación sencilla, con menores costes de instalación y explotación,

más eficaz energéticamente y con un rendimiento mayor”.

En relación a la cuestión ambiental, Doñate explica que “la presión sobre determinados recursos finitos como el fósforo, debido a la sobreexplotación de las minas de roca fosfórica que será limitante en un plazo de 10 a 20 años para satisfacer la demanda agrícola mundial, ha favorecido que se hayan considerado a las aguas residuales una fuente muy interesante para la recuperación de fósforo y de otros nutrientes. De hecho, en el informe mundial de las

Naciones Unidas sobre el desarrollo de los recursos hídricos (2021) indica que la completa recuperación de los nutrientes (nitrógeno, fósforo y potasio) presentes en las aguas residuales compensaría más del 13% de la demanda global de nutrientes en agricultura. Además, hay otros productos de valor añadido que pueden generarse a partir de las aguas residuales, como por ejemplo, plásticos biodegradables.

A todo esto se suma que las depuradoras son grandes consumidoras de energía eléctrica, por lo que la explo-

Mediante las prensas de tornillo para la deshidratación de fango, las empresas tienen una oportunidad para mejorar sus objetivos de reducción de costes y ser más respetuosos con el medio ambiente



La presión sobre determinados recursos finitos como el fósforo ha favorecido que se hayan considerado a las aguas residuales una fuente muy interesante para la recuperación de este y otros nutrientes.

**Silvia Doñate,**  
responsable de  
Innovación del  
Grupo DAM.

ración de nuevas fuentes renovables de energía ya presentes en la misma a partir de la materia orgánica del agua residual se han implementado hace décadas con la instalación de sistemas de cogeneración y más recientemente con la purificación a biometano”.

En un intento por encontrar soluciones alternativas frente al almacenamiento o eliminación de los fangos, dos iniciativas respaldadas por fondos europeos han centrado sus esfuerzos en promover la economía circular a través de la generación de biometano por un lado y el desarrollo de un compost mejorado por otro. Se trata de los proyectos COMPOST-UP! y LIFE NIMBUS, el primero participado por DAM y el segundo por Cetaqua, ambos compartiendo el objetivo final de reducir la huella de carbono de estos compuestos y disminuir las emisiones de gases de efecto invernadero que generan.

A sabiendas de que los lodos de depuradora y las aguas residuales son un residuo del cual se puede y debe extraer hasta el último recurso para introducirlo de nuevo en la cadena de valor,

Oriol Casal explica que a través de LIFE NIMBUS “nos acercamos al objetivo de contribuir al residuo cero y fomentar la economía circular, que es además uno de los ejes prioritarios de la estrategia

de Cetaqua. Los recursos que recuperamos de las aguas residuales pueden ser en forma de nutrientes, agua regenerada o energía en forma de electricidad, calor o biometano. El uso de este último en el transporte público mediante un proceso de metanación biológica, tal y como propone el proyecto, “cambia completamente el paradigma. Gracias a este combustible sostenible se puede lograr una descarbonización del transporte público y privado sin tener que cambiar la infraestructura al no ser necesario reemplazar los vehículos, ya que los motores y sistemas de Gas Natural Comprimido son totalmente compatibles con el uso de biometano.

En el caso de COMPOST-UP!, Doñate aclara que el surgimiento del proyecto tiene que ver con que el Real Decreto 1310/1990 establece la importancia de hallar una solución a la gestión de los lodos de depuradoras, que plantea serios problemas para su almacenamiento y, sobre todo, para su eliminación. “Bajo este contexto, la planta de tratamiento de residuos “La Vintena” viene empleando los lodos de EDAR en el

Los lodos de depuradora han dejado de ser considerados un residuo denostado y de difícil tratamiento para erigirse como pieza clave en la aceleración de un modelo circular de desperdicio cero

proceso de compostaje. Sin embargo, este bioresiduo presenta limitaciones, como una alta humedad, alto contenido en nitrógeno, una relación carbono/nitrógeno baja y una alta carga microbiana. En el proyecto COMPOST UP! abordamos este problema, promoviendo el concepto de bioaumentación como una potente herramienta para la mejora y optimización del proceso de compostaje a partir de estos biorresiduos para la obtención de un compost mejorado”.

El proyecto consigue a través del propio compost obtener el lecho necesario para que el biofiltro pueda eliminar compuestos odoríferos, como son los gases generados durante el propio proceso de compostaje, consiguiendo elevar nutricionalmente las propiedades del compost cuando la vida útil del lecho finalice. “Mediante el desarrollo del biofiltro pretendemos mitigar el impacto ambiental y rechazo social generado por las propias emisiones del proceso a través del tratamiento de corrientes gaseosas odoríferas (COVs, NH<sub>3</sub>, H<sub>2</sub>S), como son los gases procedentes de los propios procesos de compostaje, que se encuentran presentes en diversos sectores industriales. Se espera también alcanzar la mineralización de estos compuestos sobre el lecho del biofiltro, otorgando un valor añadido al compost como potencial biofertilizante o bioestimulante tras finalizar como lecho de biofiltro”.

Una vez desarrollada la tecnología pertinente, una cuestión a abordar es su posible transferencia a otros sectores y la viabilidad económica de la misma. Desde LIFE NIMBUS afirman que “la tecnología desarrollada en el marco del proyecto no solo es aplicable al biogás producido en los lodos de depuradora, sino que se puede replicar en todas aquellas plantas que producen biogás. Incluso podría ir más lejos y aplicarse junto a la captura de CO<sub>2</sub> de cualquier chimenea para almacenaje de energía en momentos de sobreproducción de renovables. En este

caso, se usaría el término gas natural sintético, otro combustible que sustituye al gas natural fósil que se extrae de los pozos de petróleo y gas”.

La responsable de Innovación del Grupo DAM enfatiza la presencia de los compuestos odoríferos resultantes del proceso de compostaje en diversos sectores industriales, factor que propicia la aplicación de la metodología desarrollada a otros sectores como el cárnico, las plantas de producción de amoníaco, los procesos químicos o las industrias textiles. “El presente proyecto busca afianzar a la empresa en este liderazgo estratégico en las investigaciones y la tecnología utilizada para mitigar el impacto de las emisiones gaseosas de las EDARs, dando además valor a otras líneas de negocio de la empresa al proporcionar una nueva aplicación al compost obtenido en la Planta de Valorización de Residuos La Vintena, propiedad del Grupo DAM. Además, posibilita reducir los costes de desodo-

rización, adquiriendo conocimiento y aportando un medio propio como producto mejorado. Cabe resaltar la versatilidad del biofiltro desarrollado, que es aplicable a otros sectores; el fácil montaje del sistema; el elevado rendimiento en tratamiento de gases y los bajos costes energéticos. Además, al finalizar la vida útil del lecho, se obtiene un compost enriquecido que podría emplearse en aplicación agrícola o comercializarse”, concluye.

De todo ello puede extraerse la certeza de que los lodos de depuradora han dejado de ser considerados un residuo denostado y de difícil tratamiento para erigirse como pieza clave en la aceleración de un modelo circular de desperdicio cero. La infinidad de aplicaciones que pueden atribuírseles ayudará sin duda alguna a acelerar una transición ecológica que no solo beneficiará ambientalmente al planeta, sino que generará oportunidades económicas a través de la creación de nuevos mercados ●



El proyecto LIFE NIMBUS espera reducir la huella de carbono de un autobús barcelonés en más de un 85% utilizando biogás procedente de lodos de depuradora

# EL REÚSO DE AGUA ES IMPRESCINDIBLE PARA LAS METRÓPOLIS LATINOAMERICANAS

---



**GERALD ROSS**  
PRESIDENTE DE ALADYR

Está previsto que las condiciones climáticas y el crecimiento poblacional tengan una profunda incidencia en la disponibilidad de agua, por lo que la adopción del reúso de agua como herramienta para la eficiencia hídrica será una consecuencia racional.

---

**E**n la Estación Espacial Internacional suelen convivir seis personas que deben ser autosuficientes por meses. Es costoso llevar agua y almacenarla en grandes volúmenes. La solución que hallaron los ingenieros, lejos de prejuicios y legislaciones terrenales, fue el reúso potable directo. Desde la orina y la condensación hasta el remanente del combustible quemado, en la Estación todo se

recolecta para ser tratado y consumido por los mismos astronautas.

El cambio climático y la creciente demanda de agua están ejerciendo una presión sin precedentes sobre los recursos hídricos. La reutilización del agua ofrece una solución a esta crisis y permite abordar tanto la escasez como la contaminación de manera eficiente.

Las aguas residuales son una fuente valiosa de agua, nutrientes y energía.

Con la tecnología y las políticas adecuadas, es posible convertir el desafío de las aguas residuales sin tratar de Latinoamérica – 70% aproximadamente - en una oportunidad.

## ¿EN QUÉ CONSISTE EL REÚSO O RECICLAJE DEL AGUA?

Esto se refiere al proceso de tratar y utilizar el agua que ha sido previamente





Las aguas residuales son una fuente valiosa de agua, nutrientes y energía. Con la tecnología y las políticas adecuadas, es posible convertir el desafío de las aguas residuales sin tratar de Latinoamérica en una oportunidad

te utilizada en un determinado proceso o actividad, para luego emplearla nuevamente en lo mismo o en otro uso, en lugar de descartarla como residuo.

Existen diferentes niveles de reutilización del agua, que van desde usos

no potables hasta usos potables o aptos para el consumo humano. Los usos no potables incluyen el riego de áreas verdes, la recarga de acuíferos, la limpieza de calles y la refrigeración industrial, entre otros.

El máximo nivel de esta escala es el reúso potable directo, que consiste en tomar el efluente tratado y llevarlo, mediante tratamientos como la ósmosis inversa y la oxidación avanzada por rayos ultravioleta, a una calidad




apta para consumo humano. Esto es totalmente posible y seguro debido los procesos y el constante monitoreo del agua luego de cada estación de tratamiento.

Casi cualquier planta de tratamiento de aguas residuales puede adaptarse para ser una estación de reúso y los costos y el espacio requerido son cada vez menores. A menudo, la mayor parte del costo de construcción (CAPEX) de estas obras tiene que ver con el sistema de colectoras y tuberías. Además, en este sector la automatización avanza a gran ritmo lo que reduce los costos de operación (OPEX).

Aquapolo Ambiental en San Pablo, Brasil, es un ejemplo de reúso directo con aplicación industrial. Toman el agua residual tratada por la compañía de saneamiento local y en el mismo predio construyeron las instalaciones de tratamiento terciario que constan, principalmente, de un reactor biológico de membranas y ósmosis inversa para llevar el agua a la calidad que requieren los clientes del polo petroquímico ABC.


Si la legislación lo permitiera, esta misma planta podría abastecer de agua potable de manera segura, confiable y eficiente a una ciudad de 500 mil habitantes, pero aún existen barreras culturales que definitivamente irán cayendo con el tiempo y la necesidad.

San Pablo ya sabe lo que es no tener agua por periodos prolongados – crisis 2014- y si se le explica al ciudadano



**El reciclaje de agua no es sólo una estrategia de ahorro de agua, sino también una estrategia de adaptación al cambio climático**

## **El agua debe ser una prioridad de los Gobiernos, y la falta de planificación, gobernanza y liderazgo son factores clave en esta crisis**



que el agua de reúso, sin importar su procedencia, tiene una calidad incluso superior que la mayoría de las embotelladas del supermercado, de seguro aceptaría el servicio, pero es necesario el proceso de socialización.

Otro ejemplo es de la Biofactoría La Farfana de Santiago de Chile que resalta porque aprovecha todo de los efluentes. Genera la mayor parte de la energía que consume a partir de los mismos desechos que recolecta, aprovecha sólidos como fertilizantes y el agua que trata se reutiliza en la agricultura mediante canales de riego.

### **URUGUAY DISTÓPICO**

La sequía que afecta al Uruguay ha generado descontento y preocupación en la sociedad que se ha volcado a las calles en protestas por la calidad en el agua que sale de los grifos, que duplica el límite recomendado por la Organización de las Naciones Unidas para las concentraciones de sodio.

Montevideo se convirtió en una de las distopías más vaticinadas por los expertos del cambio climático pero lo cierto es que una crisis hídrica de estas proporciones tiene un alto componente de falta de políticas públicas y previsibilidad a lo largo de varias administraciones estatales que fueron corriendo la responsabilidad.

Al día en que se escribió este artículo aún no hay nubes de lluvia en el horizonte de Uruguay y las autoridades siguen viéndose en la obligación de mezclar agua potable con salada para que el poco recurso que queda

alcance para todos. En escenarios como estos cada gota es valiosa y el reúso se posiciona como una herramienta fundamental.

El agua debe ser una prioridad de los Gobiernos, y la falta de planificación, gobernanza y liderazgo son factores clave en esta crisis. Los líderes de las capitales y urbes de Latinoamérica deben tener presente el temible día cero (en referencia al día en el cual la ciudad estaría imposibilitada para abastecer de agua a su población) que se acerca a Montevideo. Esta es también una amenaza que se cierne sobre México DF, San Pablo, Santiago y Lima, entre otras.

El cambio climático, el crecimiento demográfico y la expansión económica están exacerbando la escasez de agua en América Latina. Según el Panel Intergubernamental sobre el Cambio Climático (IPCC), se espera que las sequías se vuelvan más frecuentes y severas en la región en las próximas décadas, lo que aumenta la urgencia del reúso.

El reciclaje de agua no es sólo una estrategia de ahorro de agua, sino también una estrategia de adaptación al cambio climático. Al reciclar y reutilizar el agua es posible ahorrarlos malos ratos a ciudades de alto estrés hídrico.

Es prudente imaginar a cada metrópoli latinoamericana como una estación espacial a la que es difícil y costoso llevar agua y donde la opción más segura y eficiente es el reúso. Luego del reúso, están todas las soluciones, pero el reúso directo de agua para todos los fines es la piedra angular de eficiencia. ●



# Inteligencia artificial y modelado avanzado para la predicción del impacto del olor en entornos urbanos

La problemática de las emisiones de olor de las EDAR en zonas urbanas



Sergio Chiva<sup>1</sup>, Raúl Martínez<sup>1</sup>, Aina Macías<sup>1</sup>, Tania Portolés<sup>1</sup>, Marcos Granell<sup>1</sup>, Oriol Lehmkuh<sup>2</sup>, Joan Calafell<sup>2</sup>, Raúl Muñoz<sup>3</sup>, Sergio Bordel<sup>3</sup>, Javier Climent<sup>4</sup>, Pablo Carratalá<sup>4</sup>

<sup>1</sup>UNIVERSITAT JAUME I [www.uji.es](http://www.uji.es) ■ <sup>2</sup>BARCELONA SUPERCOMPUTING CENTER (BSC) | [www.bsc.es](http://www.bsc.es) ■

<sup>3</sup>UNIVERSIDAD DE VALLADOLID | [www.uva.es](http://www.uva.es) ■ <sup>4</sup>FACSA | [www.facsa.com](http://www.facsa.com)

## EL PROYECTO APPWIND ESTUDIA LA CREACIÓN DE UN GEMELO DIGITAL, BASADO EN TÉCNICAS CFD, A PARTIR DE UNA GEOMETRÍA MUY FIEL A LA REALIDAD EN BASE A DATOS LIDAR PARA DISPONER DE PREDICCIONES FIABLES EN POCOS SEGUNDOS

Las emisiones de malos olores de las Estaciones Depuradoras de Aguas Residuales (EDARs) están constituidas por mezclas complejas de compuestos químicos volátiles procedentes tanto de descargas industriales y domésticas a las redes de alcantarillado, como de reacciones bioquímicas que ocurren bajo condiciones anaerobias durante el transporte y tratamiento del agua residual. La mayoría de estos compuestos químicos volátiles presentan bajos umbrales de detección y descriptores de olor de naturaleza desagradable, lo que origina quejas por malos olores por parte de la población próxima a las EDARs, a pesar de las bajas concentraciones

en las que estos compuestos odoríferos están presentes (ppb y ppt). El creciente número de quejas y denuncias interpuestas por la población afectada por este tipo de contaminación ha derivado a su vez en una creciente preocupación por las administraciones y las empresas explotadoras de EDARs, lo que se ha traducido en la necesidad de reducir sus emisiones odoríferas hasta niveles que garanticen concentraciones de inmisión de olor por debajo del umbral de molestia.

Esta problemática resulta especialmente compleja cerca de los entornos urbanos, donde la morfología urbana, edificios, vegetación o mobiliario urbano, tienen un papel relevante, y

en el que los programas de cálculo y simulación habituales encuentran dificultades por la resolución espacial que se necesita para contemplar la geometría urbana en detalle. La Universitat Jaume I de Castellón, el Barcelona Supercomputing Center, el Instituto de Procesos Sostenibles de la Universidad de Valladolid y la empresa FACSA proponen una novedosa aproximación al problema, gracias al proyecto "Development of high resolution digital twins to fast prediction of air pollutants distribution and the odour impact in cities based on the application of artificial intelligence to CFD models", APPWIND, enmarcado dentro de los proyectos de I+D+i en



El desarrollo del gemelo digital incorpora los focos de emisión de olor de la EDAR a través de un novedoso modelo matemático que, a partir de la operativa de la depuradora, predice la generación del gas odorante

líneas estratégicas del Ministerio de Ciencia e Innovación.

La metodología se basa en la creación de un gemelo digital, basado en técnicas CFD (simulación computacional de fluidos), a partir de una geometría muy fiel a la realidad en base a datos LIDAR. Para poder disponer de resultados fiables, pero también hacerlo en un tiempo aceptable, se hace uso de la inteligencia artificial para generar un gemelo digital urbano que, basado en el resultado de las simulaciones CFD, ofrece predicciones en pocos segundos de la micrometeorología en el barrio de estudio a partir de las previsiones climáticas. Por otro lado, el desarrollo del gemelo digital incorpora los focos de emisión de olor de la EDAR a través de un novedoso modelo matemático que, a partir de la operativa de la depuradora, predice la generación del

gas odorante, el cual es utilizado como fuente de olor en el gemelo digital.

**DESARROLLO DE UN GEMELO DIGITAL BASADO EN SIMULACIONES CFD Y ACELERADO MEDIANTE EL USO DE LA INTELIGENCIA ARTIFICIAL.**

El principal objetivo del modelo de CFD es obtener una predicción de alta resolución, tanto en el espacio como en el tiempo, del perfil de vientos en la zona de la depuradora y su entorno. La precisión de estos datos es de gran importancia debido a que las características del viento serán las que determinarán la dispersión de las sustancias odorantes en los entornos residenciales. Para ello, el BSC usará un modelo físico y numérico llamado Wall-Modeled Large Eddy Simulation que

ha sido implementado en un código de simulación propio. Estos modelos permiten obtener una imagen 3D del mapa de velocidades del viento y su evolución en el tiempo, con resoluciones espacial y temporales muy elevadas. Para ello será necesario el uso del superordenador Mare Nostrum IV, el cual necesita aproximadamente dos días para generar una solución para unas condiciones meteorológicas concretas usando alrededor de 2000 CPUs simultáneamente. Este esfuerzo computacional, tanto en recursos como en tiempo, no es práctico para el uso rutinario de esta herramienta. Por esta razón se está desarrollando en paralelo una red neuronal entrenada a partir de las simulaciones generará predicciones con las mismas características, pero en una fracción muy reducida de tiempo y coste.

**LA NECESIDAD DE DESARROLLAR MODELOS MATEMÁTICOS QUE PERMITAN RELACIONAR EL PROCESO EN LAS EDARS Y LA GENERACIÓN DE OLOR**

El primer paso necesario para una correcta descripción de la emisión de olores en EDARs es el modelado matemático de los procesos de generación de los principales contaminantes odoríferos. Estos contaminantes odoríferos son el resultado de múltiples biorreacciones llevadas a cabo en zonas concretas de la EDAR, generalmente las etapas de





pretratamiento y tratamiento primario donde se dan condiciones anaerobias de forma inherente, las unidades de lodos activos donde existen emisiones de aire de alto flujo y las líneas de lodos, donde se acumulan cantidades masivas de materia orgánica durante periodos significativos de tiempo. El instituto de procesos sostenibles de la Universidad de Valladolid desarrollará modelos cinéticos mecanísticos de generación y emisión de sulfuro de hidrógeno y metil mercaptano, acoplados a modelos de transferencia líquido-gas en sedimentadores primarios y tanques de lodos activos. Dichas cinéticas se obtendrán en ensayos en lote bajo condiciones anaeróbicas (formación de compuestos) y aerobias (oxidación de compuestos), y se validará en planta piloto en un proceso de lodos activos operado en continuo. El resultado de esta aproximación metodológica es un modelo capaz de predecir los flujos máxicos de  $H_2S$  y metil mercaptano de las depuradoras, para su posterior incorporación en los modelos de dispersión.

#### **LA DISPERSIÓN DEL OLOR DESDE LA FUENTE HASTA LAS CALLES DEL ENTORNO URBANO CERCANO**

La siguiente etapa será, a partir de la predicción de la micrometeorología, resolver el transporte de los gases odo-

rantes en el entorno urbano de la EDAR en función del tiempo a partir de los modelos anteriores. Para dar validez a las predicciones de nuestros modelos, y con la idea de validar la concentración de contaminantes, se ha desarrollado una metodología experimental basada en un trazador gaseoso que pueda ser lanzado desde el foco de emisión, y medido dentro del entorno urbano. Existen una serie de premisas a la hora de elegir el trazador: i) que no exista en la atmósfera; ii) que tenga un tiempo de vida conocido; iii) que no sea perjudicial para el medio ambiente; iv) y por último que se pueda analizar con alta

Esta herramienta se podrá incluir dentro de las plataformas Smart Cities, siendo de gran utilidad para la planificación de operativas en función de la predicción climática

sensibilidad. En este caso, y para evitar efectos nocivos al medioambiente se ha optado por hidrofluorocarbonos que presentan la ventaja de que, al ser sus aplicaciones comerciales muy limitadas, no presentan concentración de fondo, y aunque están regulados por el Protocolo de Montreal, su corta vida atmosférica evitaría consecuencias medioambientales a largo plazo. Este trazador seleccionado, es mucho más respetuoso con el medio ambiente, pero ha requerido desarrollar una metodología compleja para su detección y cuantificación mediante el uso de cromatografía de gases acoplada a espectrometría de masas, con sistemas de desorción térmica.

#### **UNA PLATAFORMA PARA EL CONTROL Y LA PLANIFICACIÓN DE LAS MOLESTIAS DEL OLOR DENTRO DE PLATAFORMA SMARTS CITIES.**

Así pues, por primera vez se crea un gemelo digital basado en simulaciones CFD e inteligencia artificial que a partir de las predicciones meteorológicas, y la operativa de la planta, predice la distribución del olor en el entorno urbano alrededor de una EDAR, con una muy alta resolución espacial y temporal. Esta herramienta se podrá incluir dentro de las plataformas Smart Cities, siendo de gran utilidad para la planificación de operativas en función de la predicción climática, como herramienta de control y seguimiento de la normativa para administraciones y órganos de regulación y de transparencia para el ciudadano.

El proyecto se está llevando a cabo en la EDAR de San Jerónimo, Sevilla, y su periodo de ejecución es hasta octubre de 2024. Los autores quieren agradecer a EMASESA su colaboración y participación. El proyecto está financiado con fondos NextGeneraciónUE a través del Ministerio de Ciencia e Innovación. ●

## **Al Khobar 2, la mayor planta desalinizadora por ósmosis inversa construida por ACCIONA en el mundo, ya funciona a pleno rendimiento**

ACCIONA ha logrado un hito clave en la construcción de la desalinizadora Al Khobar 2 al alcanzar su capacidad máxima de producción. La nueva desalinizadora del Este de Arabia Saudí, que ya abastece la red de agua de Khobar, es una de las mayores que se construirán en el país. La planta está equipada con tecnología de ósmosis inversa de agua de mar (IDAM) energéticamente eficiente y es un proyecto clave para la modernización del sector hídrico de Arabia Saudí. La instalación estará equipada con tecnología de ósmosis inversa y su capacidad diaria de más de 630.000 m<sup>3</sup> la convierte en una de las mayores del país y en la mayor planta de ósmosis inversa en régimen EPC adjudicada de una sola vez en KSA.

Foto: ACCIONA



# DIRECTORIO DE EMPRESAS



MÁXIMA EXPERIENCIA **TRANSPORTANDO SOLUCIONES**



## CINTASA

Diseño y fabricación de :

- Transportadores de banda
  - Fijos y móviles
  - Opción inoxidable
  - Con cabina de triaje
- Elevadores de banda o cangilones
- Alimentadores de banda o metálicos

Tel. 976 770 656 • cintasa@cintasa.com • www.cintasa.com



Flottweg SE • Alemania  
mail@flottweg.com  
Tel. +49 8741 3010  
www.flottweg.com

Lödige Espana S.A. • España  
holgerp@lodige.es  
Tel. +34 093 7181700

### DESHIDRATACIÓN DE AGUAS RESIDUALES Y ESPESAMIENTO DE LODOS CON LAS CENTRÍFUGAS DECANTER

**Flottweg** Engineered For Your Success

## Separador de hidrocarburos



Un sistema para el tratamiento de aguas contaminadas por aceites de origen mineral.



Recubrimientos y Moldeados, S.A.  
www.remosa.net / remosa@remosa.net  
08260 Súria, Barcelona - 93 869 62 65  
45350 Noblejas, Toledo - 925 140 555



## Verd Recycling

www.verd-recycling.com  
Puig de Sant Roc, 1 • E-17180  
Vilablareix (Girona)  
Tel. (+34) 972 40 50 95

## smartcomp

### EQUIPOS DE COMPOSTAJE INTENSIVO



www.compogs.com  
+34 692 72 14 09

Aquí puede ir su publicidad  
[info@retema.es](mailto:info@retema.es)



The reliable brand!

## UNTHA Iberica S.A.

Polígono de Sigüeiro - Parcela 58  
15688 Sigüeiro - Oroso / A Coruña  
Tel.: +34 981 69 10 54  
Fax: +34 981 69 08 78  
info@untha-iberica.com  
[www.untha-iberica.com](http://www.untha-iberica.com)



Rental RECYCLING **TECHNOLOGY**

## your composting solution

rrt@rrt.es • www.rrt.es

# DIRECTORIO DE EMPRESAS



Regulator Cetrisa

## LÍDERES

EN LA FABRICACIÓN DE EQUIPOS PARA LA SEPARACIÓN DE METALES

Polígono Industrial El Regàs. C/Vapor 8. 08850, Gavà, Barcelona, España (+34) 933 705 800



Gestión de activos  
Mantenimiento  
Compras  
Almacén

Movilidad  
Incidentes y  
Averías Online  
Cero Papel

Contadores  
Analíticos  
Contratos  
Consumos

### Gestión del Ciclo de Agua

GESAQUA | ABISMONET

WGM

Works Gestión de Mantenimiento S.L. • Telf.: +34 918 063 172 • Email: wgm@wgmsl.com



## DEPLAN

INGENIERÍA Y CONSULTORÍA AMBIENTAL

QUEREMOS SER EL DEPARTAMENTO DE MEDIO AMBIENTE DE SU ORGANIZACIÓN

DISTRIBUIDORES OFICIALES DE: LABIOTEST on air since 1988 HEXA-COVER

WWW.DEPLAN.ES • WWW.TRATAMIENTODOLORES.COM

Aquí puede ir su publicidad  
[info@retema.es](mailto:info@retema.es)



## RECOVERY, S. A.

SOLUCIONES PARA EL TRATAMIENTO Y RECICLAJE DE RESIDUOS.

Tel: 93 237 69 08 Email: [info@recovery.com.es](mailto:info@recovery.com.es) [www.recovery.com.es](http://www.recovery.com.es)



SISTEMAS DE COMPACTACIÓN

DESGUACES VFU VALORIZACIÓN CHATARRA, METALES, RAEES, CARTÓN, RSI, CSR, ...



## HRS

Managing Energy Efficiently

Pasteurización de Fangos  
Concentración de Efluentes  
Recuperación Energética

HRS Heat Exchangers  
[www.hrs-heatexchangers.com/es](http://www.hrs-heatexchangers.com/es)

Aquí puede ir su publicidad  
[info@retema.es](mailto:info@retema.es)



### Telecontrol para el ciclo integral del agua

- SCADA online Zeus gratuito
- Fabricación nacional
- 5 años de garantía

## MICROCOM

Simply More

943 63 97 24 [www.microcom.es](http://www.microcom.es)  
[microcom@microcom.es](mailto:microcom@microcom.es)



# DIRECTORIO DE EMPRESAS

Aquí puede ir su publicidad  
[info@retema.es](mailto:info@retema.es)

## ambisort

**SISTEMAS DOSIFICACIÓN Y TRANSPORTE WESTERIA**  
 Disc Spreader – Windsifter – Multifeeder – Transportadores Wekea  
**TORNILLOS PRENSA DESHIDRATADO BELLMER**  
 Digestato Biometanización - Deshidratado  
**TRITURACIÓN Y RECUPERACIÓN DE METALES BHS SONTHOFEN**  
**MOLINO VERTICAL – TURBO BALL – REFINACIÓN – BATERÍAS DE LITIO**  
**DENSENSASADO DE ALIMENTOS SMICON**  
 Compostaje - Biometanización - Alimento animal  
**SUMINISTRO DE EQUIPOS Y LINEAS LLAVE EN MANO**

BHS **BELLMER** SINCE 1842 **smicon** **WESTERIA** MOVING INNOVATION **bivitec**

Instalaciones llave en mano



Tel: 931 592 996 · [www.ambisort.com](http://www.ambisort.com) · [info@ambisort.com](mailto:info@ambisort.com)

## MOLECOR

TOM FITOM SANECOR AR EVAC+ adequa

La gama más completa de productos al servicio del agua



[www.molecor.com](http://www.molecor.com) | [info@molecor.com](mailto:info@molecor.com)

## LAVARUEDAS



## CAÑONES

## BARRERAS



+34 93.3521776  
[www.fungiblescondal.es](http://www.fungiblescondal.es)  
[comercial@fungiblescondal.com](mailto:comercial@fungiblescondal.com)

## Ventura

MÁQUINAS FORESTALES



- Astilladoras y trituradoras accionadas a tractor, motor diésel, gasolina y eléctrico.
- Astilladoras forestales A.T.V. accionadas a tractor o motor diésel o eléctrico.
- Desfibradora trituradora jardinería.
- Trituradora primaria de madera y pallet.
- Trituradoras estáticas eléctricas de embalajes y pallets.
- Trituradoras y bio-trituradoras.
- Trituradoras forestales y hidráulicas accionadas a tractor o excavadora.

[www.venturamaq.com](http://www.venturamaq.com)  
 +34 972 401 522

mobile water solutions

Garantice su producción  
 de agua tratada  
 24/7, 365 días al año

Descubra nuestras soluciones



#missionwater



# DIRECTORIO DE EMPRESAS



Fabricante de Equipos para Tratamiento de Aguas

- Flotadores por Aire Disuelto
- Filtros Prensa
- Tamices
- Tanques
- Decantadores
- Plantas Premontadas
- Equipos de dosificación

Toro Equipment SL  +34 883 403 047  toro@toroequipment.com  www.toroequipment.com

## EUROPA-PARTS

Equipos de reciclaje y tratamiento de biomasa



 [info@europa-parts.com](mailto:info@europa-parts.com)  
 +34 962 765 519  
 [www.europa-parts.com](http://www.europa-parts.com)

 Polígono Mas de Tous C/ Moscú nº1  
46185, La Pobla de Vallbona, Valencia (España)

Aquí puede ir su publicidad  
[info@retema.es](mailto:info@retema.es)



Ponemos en valor los neumáticos  
Porque forman parte de tu vida



## TRANSICIÓN TRANSFORMACIÓN TRANSFORMACIÓN

La transformación ecológica es nuestro propósito

Resourcing the world 

## internaco

Medio Ambiente

### INGENIERÍA APLICADA AL RECICLAJE

[medioambiente@internaco.com](mailto:medioambiente@internaco.com)  
[www.internacomedioambiente.es](http://www.internacomedioambiente.es) T. 981 680 101



PELLENC ST  
WE CAN SORT IT

## CROSS WRAP®

LA MAQUINARIA  
MÁS INTELIGENTE PARA  
EMBALAR Y ABRIR BALAS

[CROSSWRAP.COM](http://CROSSWRAP.COM) | [SALES@CROSSWRAP.COM](mailto:SALES@CROSSWRAP.COM)

# DIRECTORIO DE EMPRESAS



**RECYCLING  
INDUSTRY  
SOLUTIONS**

www.imabeiberica.com ☎ +34 918 717 011



**El Ciclo del Agua,  
la base de nuestro  
negocio.**



Conocer más en  
  
www.inima.com



**Especialistas en fabricación e integración de equipos**

- Trituración
- Cribado
- Separación
- Transporte y dosificación
- Plantas llaves en mano
- Servicio y asistencia técnica de mantenimiento
- Alquiler de equipos, test center y pruebas

● Valladolid  
● Barcelona  
● Granada  
● México D.F.

**www.grupo-spr.com**



info@grupo-spr.com  
Oficinas centrales: +34 934 444 4655



**Consultoría en medio ambiente,  
seguridad y salud, riesgos  
y social**

**www.erm.com**



Madrid      Barcelona      Lisboa  
Tel. +34 91 411 1440      Tel. +34 93 317 2020      Tel. +35 121 813 0380



www.eggersmann-recyclingtechnology.com/es

**Su aliado para el reciclaje**



Eggersmann Spain SLU | Paseo del Ferrocarril, 337, 1º 1ª | 08860 Castelldefels (Barcelona)



CONCESIONES



sacyrconcesiones.com

Aquí puede ir su publicidad  
**info@retema.es**



## La gama más completa de sistemas de dosificación, transferencias de líquidos e instrumentos de control

Durante más de 40 años SEKO ha sido de los más importantes fabricantes de bombas dosificadoras de control y sistemas de dosificación

Esta larga actividad nos ha permitido adquirir una experiencia en diversas aplicaciones, en muchos ámbitos industriales, a través de la fabricación de las soluciones especificadas para cada exigencia.

Nuestra presencia internacional nos permite garantizar la disponibilidad de asistencia tanto en la fase de selección, montaje y puesta en marcha.  
Más información: [www.seko.com](http://www.seko.com)



Gestión de control  
y dosificación 24/7

Escaneando el código QR del producto o utilizando su inicio de sesión en línea, los técnicos de las plantas pueden acceder a SekoWeb, donde pueden configurar y ajustar los parámetros de calidad del agua de forma remota para una gestión completa de todas sus instalaciones.



Your Choice,  
Our Commitment

SEKO Ibérica Sistemas de Dosificación S.A  
C/Juan Ramón Jiménez, 4 Nave 1  
08960 San Just Desvern, Barcelona  
T 93.480.25.70.- F. 93 480.25.71  
Email: [sekoiberica@sekoiberica.com](mailto:sekoiberica@sekoiberica.com)