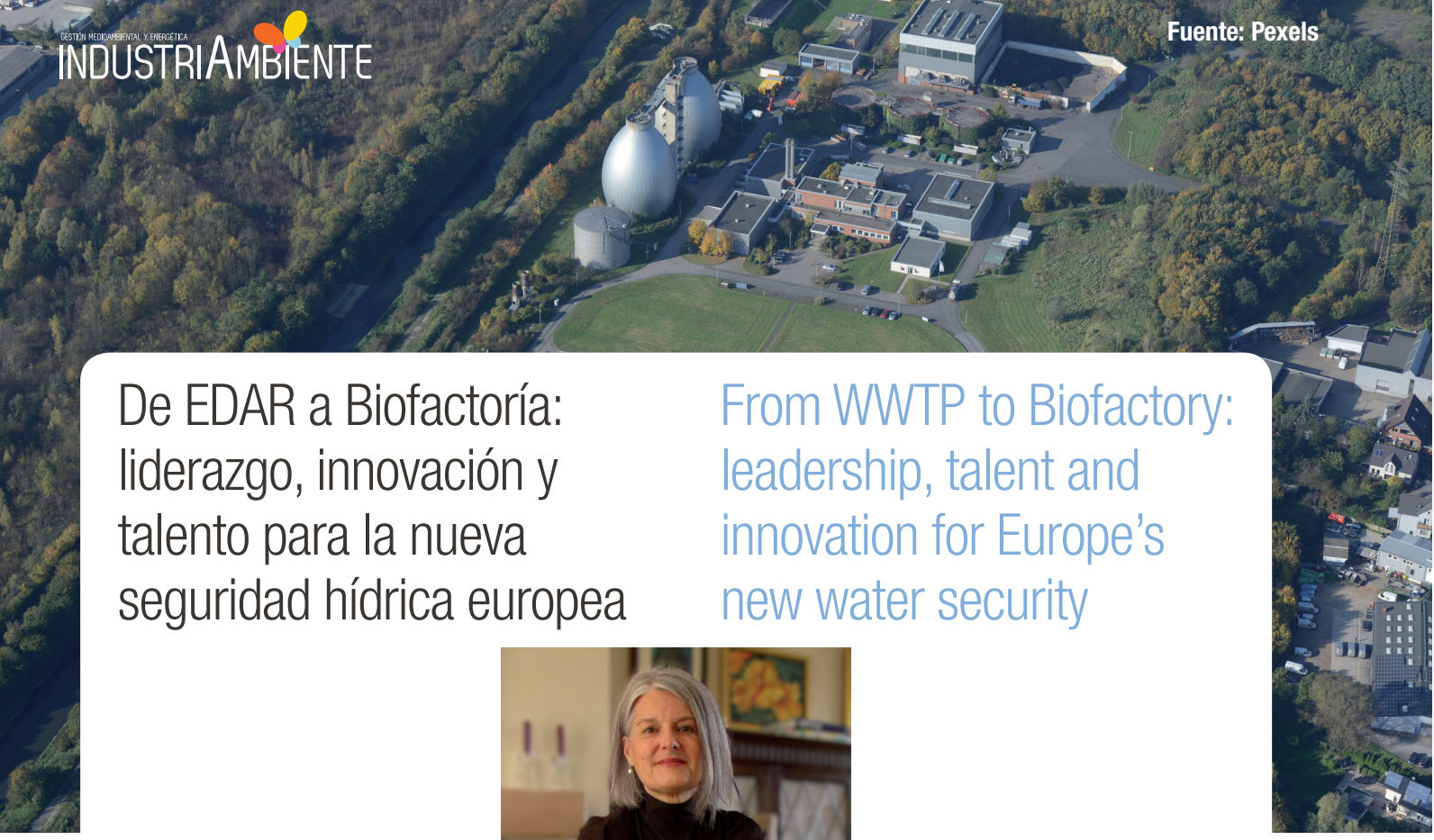


Fuente: Pexels

De EDAR a Biofactoría: liderazgo, innovación y talento para la nueva seguridad hídrica europea

From WWTP to Biofactory: leadership, talent and innovation for Europe's new water security

Blanca Antizar-Ladislao
Profesora honoraria del University College London (UCL) y autora de Leading the Blue Future: Empowering the Next Generation of Water Leaders.
Honorary Professor, University College London (UCL) ,author of Leading the Blue Future: Empowering the Next Generation of Water Leaders

Europa se encuentra en un punto de inflexión en la gestión del agua. La nueva normativa europea, unida a los desafíos del cambio climático, la escasez hídrica y los contaminantes emergentes, está impulsando la evolución de las estaciones depuradoras de aguas residuales (EDAR) hacia biofactorías más circulares, digitales y eficientes. Pero la verdadera transformación no será tecnológica, sino humana. Su éxito dependerá del talento y el liderazgo capaces de convertir esta visión en una realidad.

Europe is at a turning point in water management. New EU regulations, combined with the challenges of climate change, water scarcity and emerging contaminants, are driving the evolution of wastewater treatment plants (WWTPs) into more circular, more digital and more efficient biofactories. However, the real transformation will be human rather than technological, and its success will depend on the talent and leadership needed to turn this vision into reality.

Un nuevo paradigma para el agua en Europa

Durante décadas, las infraestructuras de saneamiento se diseñaron con un objetivo fundamental: proteger la salud pública y el medio ambiente mediante la recogida y tratamiento de las aguas residuales. Ese objetivo sigue siendo esencial, pero hoy resulta insuficiente. Europa afronta una combinación de presiones sin precedentes sobre sus recursos hídricos. El estrés hídrico afecta aproximadamente al 20% del territorio europeo y al 30% de

A new paradigm for water in Europe

For decades, wastewater infrastructure was designed with one fundamental objective: to protect public health and the environment through the collection and treatment of wastewater. That objective remains essential, but it is no longer sufficient in itself. Today, Europe faces an unprecedented combination of pressures on its water resources. Water stress affects approximately 20% of European territory and 30%



la población cada año, mientras que sequías, inundaciones y contaminación generan impactos económicos crecientes. Según la Estrategia Europea de Resiliencia Hídrica, las sequías causaron pérdidas extraordinarias de alrededor de 40.000 millones de euros solo en 2022, las inundaciones provocaron daños acumulados de 325.000 millones de euros entre 1980 y 2023, y la contaminación del agua genera costes estimados de entre 55.000 y 73.000 millones de euros. La Comisión Europea considera ya la resiliencia hídrica una cuestión de seguridad estratégica, competitividad económica y bienestar social para Europa.

A estas presiones se suman la degradación de los ecosistemas acuáticos, la creciente competencia por los recursos hídricos, la necesidad de reducir emisiones de gases de efecto invernadero y la aparición de nuevos riesgos asociados a la contaminación química y biológica. En consecuencia, el agua ha dejado de ser una cuestión exclusivamente ambiental para convertirse en un elemento esencial de la resiliencia territorial, la salud pública, la competitividad económica y la seguridad estratégica.

Este nuevo contexto está impulsando una visión mucho más amplia del ciclo del agua, alineada con el enfoque One Health, que reconoce la estrecha conexión entre la salud humana, animal y ambiental.

Por otra parte, la rápida expansión de la inteligencia artificial y de los centros de datos introduce nuevas oportunidades y desafíos. Estas infraestructuras demandan cantidades crecientes de agua y energía para su funcionamiento, pero también pueden convertirse en aliados de la transición hídrica mediante la recuperación de calor residual, la optimización operativa basada en datos y la mejora de la eficiencia de infraestructuras críticas.

La buena noticia es que las herramientas disponibles para afrontar estos retos son más potentes que nunca. La digitalización, la inteligencia artificial, el aprendizaje automático, los sensores en tiempo real y los gemelos digitales están permitiendo una comprensión mucho más profunda de los sistemas hídricos y una toma de decisiones cada vez más predictiva y eficiente.

De depuradora a biofactoría

En este contexto emerge el concepto de biofactoría, probablemente una de las transformaciones más relevantes que ha vivido el sector del agua en las últimas décadas.

Mientras que una depuradora convencional está diseñada fundamentalmente para eliminar contaminantes antes de devolver el agua al medio receptor, una biofactoría busca maximizar la recuperación de recursos y minimizar su huella ambiental.

El agua regenerada pasa a convertirse en un

of the population each year, while droughts, floods and pollution are generating increasingly significant economic impacts. According to the European Water Resilience Strategy, droughts caused extraordinary losses of around €40,000 million in 2022 alone, while floods resulted in cumulative damages of €325,000 million between 1980 and 2023. Moreover, water pollution generates estimated costs of between €55,000 million and €73,000 million. The European Commission now considers water resilience to be a matter of strategic security, economic competitiveness and social well-being for Europe.

These pressures are compounded by the degradation of aquatic ecosystems, increasing competition for water resources, the need to reduce greenhouse gas emissions, and the emergence of new risks associated with chemical and biological pollution. As a result, water is no longer solely an environmental issue, but has become a fundamental element of territorial resilience, public health, economic competitiveness and strategic security.

This new context is driving a much broader vision of the water cycle, aligned with the One Health approach, which recognises the close interconnection between human, animal and environmental health.

The rapid expansion of artificial intelligence and data centres is also creating new opportunities and challenges. These facilities require increasing amounts of water and energy to operate, but they can also become allies in the water transition through waste heat recovery, data-driven operational optimisation, and improved efficiency in critical infrastructure.

The good news is that the tools available to address these challenges are more powerful than ever. Digitalisation, artificial intelligence, machine learning, real-time sensors and digital twins are enabling a far deeper understanding of water systems and increasingly predictive and efficient decision-making.

From WWTP to Biofactory

The concept of the biofactory has emerged against this backdrop and is probably one of the most significant transformations in the water sector in recent decades.

While a conventional wastewater treatment plant is primarily designed to remove pollutants before returning water to the receiving environment, a biofactory seeks to maximise resource recovery while minimising its environmental footprint.

Reclaimed water becomes a strategic resource for agricultural, industrial and urban uses, and even for managed aquifer recharge. Sludge is no longer regarded as a waste product, but as a source of energy and nutrients. Biogas generated during the treatment

Blanca-Antizar.indd 33 12/11/2026 15:57:19


Fuente: Pexels

recurso estratégico para usos agrícolas, industriales, urbanos e incluso para la recarga gestionada de acuíferos. Los lodos dejan de considerarse un residuo para transformarse en una fuente de energía y nutrientes. El biogás producido durante el tratamiento puede contribuir a la autosuficiencia energética de las instalaciones. Nutrientes críticos como el fósforo y el nitrógeno pueden recuperarse e incorporarse nuevamente a cadenas de valor circulares.

La magnitud de esta transformación es extraordinaria. Actualmente existen más de 30.000 plantas de tratamiento de aguas residuales en funcionamiento en la Unión Europea, y la nueva Directiva Europea de Aguas Residuales Urbanas establece objetivos ambiciosos para alcanzar la neutralidad energética del sector antes de 2045.

El potencial es enorme. Las plantas de tratamiento representan más del 1% del consumo eléctrico europeo, pero diversos estudios indican que las aguas residuales contienen aproximadamente cinco veces más energía de la necesaria para su propio tratamiento cuando se aprovechan adecuadamente los recursos energéticos contenidos en ellas.

Las biofactorías representan precisamente ese cambio de mentalidad: pasar de gestionar residuos a gestionar recursos. Sin embargo, la tecnología por sí sola no garantizará el éxito de esta transición.

El desafío de los contaminantes emergentes y la resistencia antimicrobiana

Uno de los principales motores de transformación del sector es la creciente preocupación por los contaminantes emergentes.

process can contribute to the energy self-sufficiency of the facility. Critical nutrients such as phosphorus and nitrogen can be recovered and reintroduced into circular value chains.

The scale of this transformation is extraordinary. There are currently more than 30,000 wastewater treatment plants in operation across the European Union, and the new European Urban Wastewater Treatment Directive establishes ambitious targets to achieve energy neutrality in the sector by 2045.

The potential is enormous. WWTPs account for more than 1% of Europe's electricity consumption, yet several studies indicate that wastewater contains approximately five times more energy than is required for its own treatment when the energy resources it contains are properly harnessed.

Biofactories embody precisely this shift in mindset: moving from waste management to resource management. However, technology alone will not guarantee the success of this transition.

The Challenge of Emerging Contaminants and Antimicrobial Resistance

One of the main drivers of transformation in the sector is the growing concern over emerging contaminants.

Pharmaceutical residues, personal care products, persistent chemicals, industrial compounds and other micropollutants are being detected at extremely low concentrations with increasing frequency in both surface water and groundwater. Added to this is growing concern over the presence and spread of antibiotic-resistant organisms and genes associated

Blanca-Antizar.indd 34 12/11/2026 15:57:19

Residuos farmacéuticos, productos de cuidado personal, sustancias químicas persistentes, compuestos industriales y microcontaminantes presentes en concentraciones extremadamente bajas están siendo detectados cada vez con mayor frecuencia en masas de agua superficiales y subterráneas. A ello se añade una preocupación creciente por la presencia y dispersión de organismos resistentes a los antibióticos y genes asociados a la resistencia antimicrobiana (AMR), uno de los mayores desafíos de salud pública identificados a escala mundial.

La nueva Directiva Europea sobre Aguas Residuales Urbanas reconoce explícitamente este reto e incorpora requisitos de seguimiento relacionados con la resistencia antimicrobiana y otros indicadores sanitarios, reforzando el enfoque One Health. Además, la normativa establece la implantación progresiva de tratamientos cuaternarios destinados a eliminar microcontaminantes, con el objetivo de alcanzar una eliminación mínima del 80% de sustancias indicadoras seleccionadas. La implantación será gradual hasta alcanzar la cobertura total de las grandes instalaciones en 2045.

Tecnologías como la ozonización, el carbón activo, los procesos avanzados de oxidación, las membranas, las resinas selectivas y diversas configuraciones híbridas están demostrando una elevada eficacia para alcanzar estos requisitos. Sin embargo, la implantación generalizada de estos tratamientos supone inversiones significativas, nuevos modelos de financiación y mayores exigencias operativas. De hecho, la propia normativa incorpora el principio de "quien contamina paga", estableciendo que los sectores farmacéutico y cosmético deberán asumir al menos el 80% de los costes asociados a la eliminación de microcontaminantes.

La dimensión tecnológica es importante. Sin embargo, la experiencia demuestra que incluso las mejores tecnologías dependen de las personas que las diseñan, operan y gestionan. Por ello, la dimensión humana será igualmente decisiva. Diseñar, operar y optimizar sistemas avanzados de eliminación de microcontaminantes exige nuevas competencias técnicas, capacidad analítica, comprensión de riesgos emergentes y adaptación constante a un entorno regulatorio cada vez más complejo.

La próxima generación de biofactorías

Más allá de la eliminación de contaminantes, las biofactorías están llamadas a desempeñar un papel cada vez más amplio en el sistema hídrico europeo. La reutilización segura del agua, la recuperación de nutrientes críticos, la generación de energía renovable, la monitorización de riesgos sanitarios y la

with antimicrobial resistance (AMR), one of the most significant public health challenges identified worldwide.

The new European Urban Wastewater Treatment Directive explicitly recognises this challenge and introduces monitoring requirements related to antimicrobial resistance and other health indicators, reinforcing the One Health approach. Moreover, the legislation requires the progressive implementation of quaternary treatment processes aimed at removing micropollutants, with the target of achieving at least 80% removal of selected indicator substances. Implementation will be phased in gradually, with full coverage of large facilities to be achieved by 2045.

Technologies such as ozonation, activated carbon, advanced oxidation processes, membrane technologies, selective resins and various hybrid configurations are demonstrating high levels of effectiveness in meeting these requirements. However, the widespread implementation of these treatments entails significant investment, new financing models and increased operational demands. In fact, the legislation itself incorporates the "polluter pays" principle, establishing that the pharmaceutical and cosmetics sectors must bear at least 80% of the costs associated with micropollutant removal.

The technological dimension is important. However, experience shows that even the most advanced technologies depend on the people who design, operate and manage them. For this reason, the human dimension will be equally decisive. Designing, operating and optimising advanced micropollutant removal systems requires new technical skills, analytical capabilities, an understanding of emerging risks, and constant adaptation to an increasingly complex regulatory environment.

The Next Generation of Biofactories

Beyond pollutant removal, biofactories are set to play an increasingly broader role in the European water system. Safe water reuse, the recovery of critical nutrients, the generation of renewable energy, the monitoring of health risks, and the integration of nature-based solutions will all form part of a new generation of multifunctional infrastructures.

Digitalisation will accelerate this transition. Digital twins, advanced control systems, artificial intelligence and predictive analytics will make it possible to optimise processes, reduce operating costs and anticipate risks with a level of precision that would have been unimaginable just a decade ago. The combination of these tools with more sustainable solutions tailored to local conditions will help biofactories become key platforms for climate resilience, the circular economy and water security.

Blanca-Antizar.indd 35 12/11/2026 15:57:20

integración de soluciones basadas en la naturaleza formarán parte de una nueva generación de infraestructuras multifuncionales.

La digitalización acelerará esta transición. Gemelos digitales, sistemas avanzados de control, inteligencia artificial y análisis predictivo permitirán optimizar procesos, reducir costes operativos y anticipar riesgos con una precisión impensable hace apenas una década. La combinación de estas herramientas con soluciones más sostenibles y adaptadas al contexto local ayudará a las biofactorías a convertirse en plataformas clave para la resiliencia climática, la economía circular y la seguridad hídrica.

Asimismo, las soluciones basadas en la naturaleza, como humedales construidos, sistemas de drenaje sostenible o infraestructuras verde-azules, pueden complementar las tecnologías convencionales aportando beneficios ambientales, sociales y climáticos adicionales.

El reto invisible: las personas

Cuando hablamos de seguridad hídrica solemos pensar en infraestructuras, inversiones y tecnología. Sin embargo, existe una amenaza mucho menos visible: la escasez de talento.

La transformación hacia biofactorías coincide con un importante relevo generacional en el sector del agua. Informes recientes indican que más del 20% de la fuerza laboral especializada del sector podría

Nature-based solutions, such as constructed wetlands, sustainable drainage systems and blue-green infrastructure, can also complement conventional technologies by providing additional environmental, social and climate-related benefits.

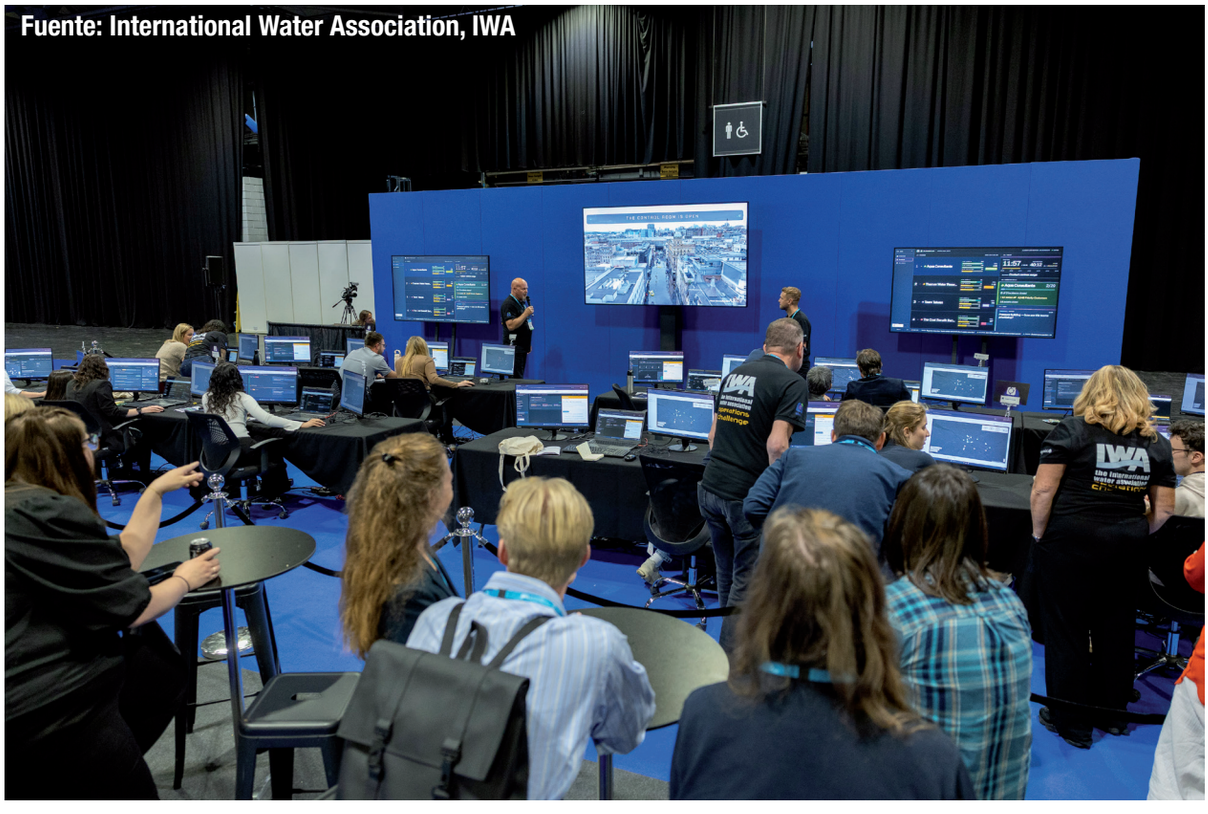
The invisible challenge: people

When we speak of water security, we tend to focus on infrastructure, investment and technology. Yet there is a far less visible threat: the shortage of talent.

The transition towards biofactories coincides with a significant generational shift in the water sector. Recent reports indicate that more than 20% of the sector's specialised workforce could retire by 2030 in some European markets, while seven out of ten professionals are considering leaving the water sector in favour of opportunities in fields such as energy, technology and the nuclear industry.

This situation raises a fundamental question: who will design, operate and lead the infrastructure we are building today?

The transition towards biofactories requires more than just new technologies. It requires new skills. The professionals of the future will need to combine expertise in water reuse, the circular economy, digitalisation, artificial intelligence, energy management and emerging contaminants with increasingly sought-after skills such as collaboration, change management, communication and the ability to lead multidisciplinary teams.



Fuente: International Water Association, IWA

Blanca-Antizar.indd 36 12/11/2026 15:57:21

jubilarse antes de 2030 en algunos mercados europeos, mientras que siete de cada diez profesionales considera abandonar el sector del agua y contempla oportunidades en sectores como la energía, la tecnología o el ámbito nuclear.

Esta situación plantea una pregunta fundamental: ¿quién diseñará, operará y liderará las infraestructuras que estamos construyendo hoy?

La transición hacia biofactorías no requiere únicamente nuevas tecnologías. Requiere nuevas capacidades. Los profesionales del futuro deberán combinar conocimientos de reutilización, economía circular, digitalización, inteligencia artificial, gestión energética y contaminantes emergentes con competencias cada vez más demandadas como la colaboración, la gestión del cambio, la comunicación y el liderazgo de equipos multidisciplinares.

El liderazgo como infraestructura crítica

Durante décadas hemos considerado las infraestructuras hidráulicas como activos estratégicos. Hoy debemos reconocer una realidad igualmente importante: el liderazgo también es una infraestructura crítica.

Las biofactorías, la reutilización, la neutralidad energética, la eliminación de microcontaminantes y la digitalización son objetivos técnicamente alcanzables. Sin embargo, su éxito dependerá de disponer de profesionales capaces de transformar esas soluciones en resultados operativos, sostenibles y escalables.

Invertir en liderazgo, desarrollo profesional y atracción de talento no es una iniciativa complementaria. Es una condición indispensable para garantizar la seguridad hídrica del futuro.

Conclusión

Europa dispone de la tecnología, el conocimiento y el marco regulatorio necesarios para liderar una nueva era de resiliencia hídrica.

Las biofactorías representan una oportunidad única para avanzar hacia sistemas más circulares, eficientes y sostenibles. Sin embargo, el desafío ya no consiste únicamente en desarrollar nuevas soluciones, sino en garantizar que existan las personas capaces de implementarlas y escalarlas. Porque la transición de EDAR a biofactoría es, en última instancia, más que una transformación tecnológica: es una transformación del talento, del liderazgo y de la forma en que concebimos el futuro del agua.

Durante décadas hemos medido el progreso del sector por los kilómetros de tubería instalados, los metros cúbicos tratados o las inversiones realizadas. La próxima década nos obligará a medir también nuestra capacidad para desarrollar personas.

Leadership as critical infrastructure

For decades, we have regarded water infrastructure as a strategic asset. Today, we must acknowledge an equally important reality: leadership is also a critical infrastructure.

Biofactories, water reuse, energy neutrality, micropollutant removal and digitalisation are all technically achievable objectives. However, their success will depend on having professionals capable of turning these solutions into operational, sustainable and scalable results.

Investing in leadership, professional development and talent attraction is not just a supplementary initiative. It is a prerequisite for ensuring future water security.

Conclusion

Europe has the technology, expertise and regulatory framework required to lead a new era of water resilience.

Biofactories represent a unique opportunity to advance towards more circular, more efficient and more sustainable systems. However, the challenge is no longer simply to develop new solutions, but to ensure that there are people capable of implementing and scaling them. Ultimately, the transition from WWTP to biofactory is more than a technological transformation: it is a transformation of talent, leadership and the way we conceive the future of water.

For decades, we have measured the sector's progress in kilometres of pipeline installed, cubic metres treated and investments made. The next decade will also require us to measure our ability to develop people.


Fuente: International Water Association, IWA

Blanca-Antizar.indd 37 12/11/2026 15:57:21