

LIFE WARRIOR:

Revalorización de membranas de ultrafiltración para la producción de agua regenerada para el riego agrícola

España enfrenta un desafío creciente en el sector agrícola debido al fuerte estrés hídrico, agravado por los cada vez más recurrentes episodios de sequía. La reutilización de aguas residuales se presenta como una alternativa sostenible y segura a las fuentes convencionales. Sin embargo, los elevados costes asociados a su implantación limitan su replicabilidad. El proyecto LIFE WARRIOR ofrece una solución innovadora: la producción de agua de clase A para el riego agrícola, reduciendo costes de inversión y de operación, mediante el uso de membranas de ultrafiltración reutilizadas y la desinfección UV-LED.

Según datos del Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico, la superficie agraria útil de España supera los 23 millones de hectáreas, lo que representa casi la mitad del territorio nacional. De esta extensión, cerca de 17 millones de hectáreas corresponden a tierras de cultivo. En este contexto, el sector agroalimentario constituye un motor clave para la economía española y uno de los ámbitos con más peso en las exportaciones. De acuerdo con la Organización Mundial del Comercio (OMC), en 2022 España ocupaba la octava posición en el ranking mundial de países exportadores de productos agrícolas, alcanzando una cuota del 3,2%. Así, en 2023 -también según la OMC- el país exportó unas 34,4 millones de toneladas de alimentos, por un valor de 69.608 millones de euros, lo que representa aproximadamente el 19% y el 18% del conjunto de bienes exportados, respectivamente.

Sin embargo, según recoge la Fundación Aquae, España es el tercer país de la Unión Europea con mayor estrés hídrico, solo superado por Chipre y Malta, a causa de distintos factores. Por un lado, España tiene un clima mediterráneo en gran parte de su territorio, caracterizado por veranos secos y cálidos, y precipitaciones irregulares y, en muchos casos, concentradas en pocos meses del año. El cambio climático está exacer-

LIFE WARRIOR:

Recovery of ultrafiltration membranes to produce reclaimed water for crop irrigation

Spain faces a growing challenge in the agricultural sector due to severe water stress, exacerbated by increasingly frequent episodes of drought. Wastewater reuse is a sustainable, safe alternative to conventional sources. However, high implementation costs are a constraint on replicability. The LIFE WARRIOR project offers an innovative solution to reduce the investment and operating costs associated with the production of Class A water for agricultural irrigation, through the reuse of ultrafiltration membranes and the implementation of UV-LED disinfection.

According to Spanish Ministry for Ecological Transition and Demographic Challenge figures, Spain has over 23 million hectares of agronomically viable land, almost half the country's total surface area. Of this, almost 17 million hectares are classified as cultivable. The agri-food sector is a key driver of the Spanish economy and is amongst the country's foremost export sectors. According to the World Trade Organisation (WTO), Spain was the eighth largest global exporter of agricultural produce in 2022, accounting for 3.2% of total exports. In 2023, the country exported around 34.4 million tonnes of food, worth €69,608 million, according to WTO figures. These figures account for approximately 19% and 18% of total exports, respectively.

However, according to the Aquae Foundation, Spain has the third highest levels of water stress in the EU, behind only Cyprus and Malta. There are a number of reasons for this. Much of Spain has a Mediterranean climate, characterised by dry, hot summers and irregular rainfall, often concentrated within just a few months of the year. Climate change is exacerbating this situation, leading to rising temperatures, increased evaporation and changes in rainfall patterns, with a consequent reduction in the



bando estas condiciones, puesto que acarrea aumentos en la temperatura y la evaporación y alteraciones en los patrones de precipitación, lo que reduce la cantidad de agua disponible. Todo ello hace que la capacidad de gestionar los recursos hídricos de forma adecuada sea limitada. Por otro lado, la demanda de agua es cada vez más elevada, por fenómenos como el crecimiento de la población, el aumento de la producción agropecuaria e industrial o el impacto del turismo.

Para hacer frente a la escasez hídrica en el sector agrícola existen varias estrategias de adaptación, como la modernización de los sistemas de riego para un uso eficiente del agua o el uso de fuentes no convencionales como el agua regenerada. Esta última, gracias a la implementación de tecnologías de tratamiento avanzadas, puede alcanzar las más altas calidades para el riego agrícola, a la vez que contribuye a proteger los recursos hídricos naturales y reducir la dependencia del agua extraída de fuentes tradicionales.

España destaca como líder indiscutible en la reutilización de aguas residuales en Europa. De acuerdo con asociaciones especializadas como la Asociación Española de Desalación y Reutilización (AEDyR), el porcentaje de agua regenerada en España oscila entre el 7% y el 13%. En España, la Región de Murcia es un referente en regeneración para agricultura. Así, según ESAMUR, en 2024 se reutilizaron para agricultura un total de 99,7 hm³, equivalentes al 89% del total de agua depurada.

Replicar este modelo de éxito en otras regiones de España supone un reto importante. La implantación a gran escala de sistemas de regeneración todavía enfrenta barreras técnicas, regulatorias y, principalmente, económicas. En este sentido, el principal problema es que se requieren inversiones elevadas para hacer frente a los costes asociados a la construcción y operación de esquemas de regeneración de agua, por lo que la implementación de sistemas coste-eficientes es clave.

El proyecto LIFE WARRIOR, cofinanciado por el programa europeo LIFE, ofrece una solución a este desafío mediante la validación a escala real de un tren de regeneración de aguas para uso agrícola mediante membranas de ultrafiltración reutilizadas y desinfección ultravioleta con bombillas LED.

EL PROYECTO

LIFE WARRIOR, que empezó en octubre de 2022 y está liderado por Cetaqua-Centro Tecnológico del Agua en colaboración con EMUASA (Empresa Municipal de Aguas y Saneamiento de Murcia) y Veolia en España,

quantity of water available. The result is a limited capacity to manage water resources adequately. Moreover, demand for water is increasing due to factors such as population growth, increased agricultural and industrial production, and tourism.

Several adaptation strategies seek to address water scarcity in the agricultural sector, such as upgrading irrigation systems for efficient water use or using non-conventional sources such as reclaimed water. The implementation of advanced treatment technologies enables reclaimed water of the highest quality to be obtained for agricultural irrigation, while helping to protect natural water resources and reduce dependence on water extracted from traditional sources.

Spain is the undisputed leader of wastewater reuse in Europe. According to specialist sources, such as the Spanish Association of Desalination and Reuse (AEDyR), an average of between 7% and 13% of wastewater in Spain is reclaimed. The Region of Murcia is a benchmark in reclamation for agriculture. According to ESAMUR (the company responsible for sewage and wastewater treatment in the region), a total of 99.7 hm³, 89% of all treated wastewater, was reused for agricultural purposes in 2024.

Replicating this successful model in other regions of Spain is a major challenge because there are still technical, regulatory and, above all, economic barriers to large-scale implementation of reclamation systems. The main problem is that large investments are required to meet the costs associated with the construction and operation of water reclamation installations, making the implementation of cost-efficient systems key.

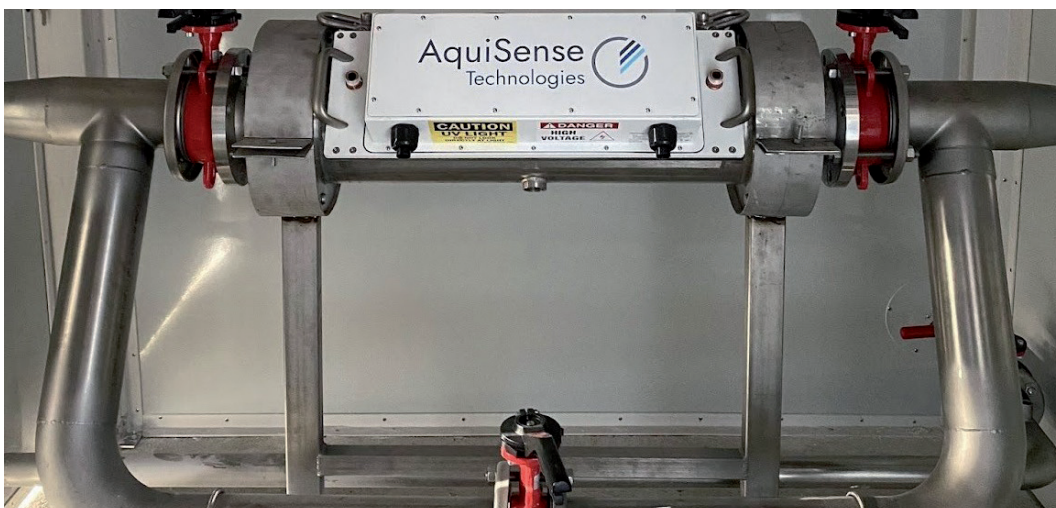
The LIFE WARRIOR project, co-funded by the European LIFE Programme, offers a solution to this challenge through the validation, on a real scale, of a water reclamation system for agricultural use based on recovered ultrafiltration membranes and ultraviolet disinfection with LED bulbs.

THE PROJECT

LIFE WARRIOR kicked off in October, 2022, and is led by Cetaqua-Water Technology Centre in collaboration with EMUASA (Empresa Municipal de Aguas y Saneamiento de Murcia) and Veolia in Spain. The project addresses the need to adapt the treatment train at the Nueva Sucina Water Reclamation Plant (WPA)

Replicar este modelo de éxito en otras regiones de España supone un reto importante.

Replicating this successful model in other regions of Spain poses a significant challenge.



nace de la necesidad de adaptar el tren de tratamiento de la Estación Regeneradora de Aguas (ERA) de Nueva Sucina (Región de Murcia), sin punto de vertido, a las nuevas regulaciones, cada vez más exigentes. Además de cumplir con los estándares más altos de regeneración para uso agrícola establecidos por el nuevo Real Decreto (1085/2024) y el Reglamento Europeo (2020/741), LIFE WARRIOR presenta un esquema de tratamiento sostenible y económico.

En primer lugar, porque el tren de tratamiento da una segunda vida a unas membranas de ultrafiltración -tecnología ampliamente probada en tratamientos terciarios- que habían alcanzado el final de su vida útil para un uso más exigente, como la producción de agua potable en la planta potabilizadora de Sant Joan Despí (Cataluña), operada por Aigües de Barcelona. De esta manera, no solo se reduce la huella de carbono revalorizando un residuo, sino que también se disminuye el coste de inversión asociado a la adquisición de membranas nuevas.

En segundo lugar, porque la desinfección ultravioleta mediante tecnología LED actúa como una barrera complementaria que garantiza la eliminación de cualquier microorganismo que pudiera atravesar las membranas. Esta tecnología, ampliamente validada en el tratamiento de aguas potables pero aún incipiente en la regeneración de aguas residuales, representa una alternativa más segura y eficiente frente a los sistemas convencionales.

Al sustituir las lámparas tradicionales de mercurio, las lámparas UV-LED ofrecen mayor eficiencia energética, mayor vida útil y menor impacto ambiental, evitando además la generación de subproductos nocivos, como los trihalometanos asociados a la desinfección por cloración. Gracias a su bajo consumo y al uso reducido de productos químicos, se posicionan como una solución sostenible y económicamente competitiva para los sistemas de desinfección de agua.

La planta piloto LIFE WARRIOR empezó su operación en enero de 2025 y, desde entonces está tratando todo el caudal de salida de la EDAR Nueva Sucina

(Murcia Region), which does not have a discharge point, to new, increasingly stringent, regulations. In addition to achieving compliance with the highest standards of reclamation for agricultural set out in the new Royal Decree (1085/2024) and European Regulation (2020/741), LIFE WARRIOR proposes a sustainable and cost-effective treatment scheme.

The proposed solution is sustainable and cost effective, firstly, because the treatment train gives a second life to end-of-life ultrafiltration membranes – an extensively proven technology in tertiary treatments – no longer suitable for more demanding uses, such as drinking water production at the Sant Joan Despí water treatment plant (Catalonia), operated by Aigües de Barcelona. This not only reduces carbon footprint by reusing waste but also lowers the investment cost associated with purchasing new membranes.

Moreover, ultraviolet disinfection using LED technology acts as an additional barrier to guarantee the removal of any microorganisms that might pass through the membranes. This technology, widely validated in drinking water treatment but still nascent in wastewater reclamation, represents a safer and more efficient alternative to conventional systems.

Replacing traditional mercury lamps with UV-LED lamps affords greater energy efficiency, longer service life and lower environmental impact, while also preventing the generation of harmful by-products associated with chlorine disinfection, such as trihalomethanes. Lower energy and chemicals consumption make UV-LED lamps a sustainable and cost-effective solution for water disinfection systems.

The LIFE WARRIOR pilot plant went into operation in January 2025. Since then, it has been treating the entire effluent flow from the Nueva Sucina WWTP, an annual average of 145,000 m³, to produce Class A reclaimed water for agricultural irrigation (Table 1).



TABLA 1.

	ENTRADA	SALIDA	VMA PARA CUMPLIMIENTO DE CLASE A PARA RIEGO AGRÍCOLA SEGÚN RD 1085/2024
E. coli (UFC/100mL)	27.141	<1	10
Turbidez (NTU)	3	1	5
SS (mg/L)	6	3	10
DBO5 (mg O2/L)	6	5	10
Colifagos somáticos (UFP/100mL)	7.350	0	NA
Esporas de clostridium (UFC/100mL)	1.865	0	NA

*VMA: valor máximo admisible; NA: no aplica.

-operada por EMUASA desde su puesta en marcha en 2011- correspondiente a una media anual de 145.000 m³, produciendo agua regenerada de Clase A para riego agrícola (Tabla 1).

LA PLANTA PILOTO

La planta piloto funciona de la siguiente manera:

En primer lugar, el agua a tratar se acumula en el tanque de ultrafiltración, donde se encuentra sumergido un casete con 57 módulos de membrana. Se trata de membranas de fibra hueca que operan en modo filtración de afuera hacia adentro, promoviendo la eliminación de sólidos y microorganismos cuando se aplican presiones negativas de hasta 0,8 bares.

Al principio de la operación, se probaron distintas condiciones de operación a fin de establecer las condiciones óptimas de permeabilidad para estas membranas reutilizadas. Es importante destacar que primeramente se llevó a cabo un protocolo selectivo para determinar aquellos módulos que podrían ofrecer un mejor rendimiento de eliminación de los compuestos que dicta el Real Decreto (RD) 1085/2024. Además, con el objetivo de alargar la vida útil de las membranas, se ha desarrollado un sistema de soporte a la decisión de la ultrafiltración. Esta herramienta procesa datos en tiempo real, monitoreando parámetros críticos como la presión transmembrana, que permiten predecir eventos de ensuciamiento y así optimizar las limpiezas químicas de las membranas.

En segundo lugar, el agua ultrafiltrada se dirige al sistema de desinfección UV-LED, que emite luz a una longitud de onda de 280 nm y es capaz de trabajar a dosis de 40 mJ/cm² con 65% de transmitancia (UVT). Durante la fase inicial de optimización, se trabajó a distintas dosis con el objetivo de minimizar el consumo energético y evaluar rendimientos de eliminación.

Como indica la Tabla 1, que comprende los resultados analíticos una vez optimizada la operación (datos del 1/08/2025 al 4/11/2025), el tren de regeneración LIFE WARRIOR muestra eliminaciones excelentes de microor-

THE PILOT PLANT

The pilot plant operates as follows:

First, the water to be treated accumulates in the ultrafiltration tank, which is equipped with a submerged cassette featuring 57 membrane modules. The hollow fibre membranes operate in an outside-infiltration mode, facilitating the removal of solids and microorganisms under negative pressures of up to 0.8 bar.

When the pilot plant first went into operation, different operating conditions were tested in order to establish the optimal permeability conditions for the reused membranes. It is important to note that a selection protocol was first drawn up to determine which modules could offer the best performance for the removal of the compounds specified in Royal Decree (RD) 1085/2024. Moreover, a decision support system for ultrafiltration has been developed with the aim of extending membrane service life. This tool processes data in real time to monitor critical parameters such as transmembrane pressure, enabling fouling incidents to be forecasted and consequent optimisation of the chemical cleaning of membranes.

After ultrafiltration, the ultrafiltered water is directed to the UV-LED disinfection system, which emits light at a wavelength of 280 nm and can operate at doses of 40 mJ/cm² with 65% UV transmittance (UVT). During the initial optimisation phase, different doses were tested with the aim of minimising energy consumption and evaluating removal efficiencies.

Table 1 shows the analytical results subsequent to the optimisation of pilot-plant operation (data from 1/08/2025 to 4/11/2025). As can be seen, the LIFE WARRIOR reclamation train achieves excellent removal of microorganisms and other compounds, thereby complying with the maximum admissible values for Class A agricultural irrigation and the minimum sample compliance rate of 90%, as estab-

ganismos y demás compuestos, cumpliendo con el valor máximo admisible para la Clase A de riego agrícola y el porcentaje mínimo de muestras en cumplimiento correspondiente al 90% según el RD 1085/2024.

Finalmente, para garantizar el cumplimiento del RD y minimizar cualquier riesgo sanitario, el tren de regeneración LIFE WARRIOR incorpora un Plan de Gestión del Riesgo digitalizado. Este plan se alimenta de datos de sensores de calidad en línea y de análisis de laboratorio, lo que permite un seguimiento exhaustivo de los puntos críticos de la planta. La implementación digital permite establecer acciones predictivas, preventivas y correctivas frente a anomalías, y funciona como un registro integral de incidencias, aumentando la robustez y fiabilidad de la planta.

Al revalorizar membranas de ultrafiltración procedentes de otras instalaciones y combinar esta tecnología con un sistema de desinfección UV-LED de alta eficiencia, el tren de regeneración reduce significativamente los costes de inversión y operación frente a los sistemas convencionales. Además, la integración de un sistema digital de gestión del riesgo garantiza una operación segura, optimizada y adaptable a diferentes contextos. De esta manera, el proyecto LIFE WARRIOR demuestra que es posible producir agua regenerada de la máxima calidad para riego agrícola de forma innovadora, sostenible y económicamente coste-eficiente, permitiendo su replicabilidad y contribuyendo a la resiliencia hídrica, la economía circular y el cumplimiento de los objetivos europeos de sostenibilidad. 🌈

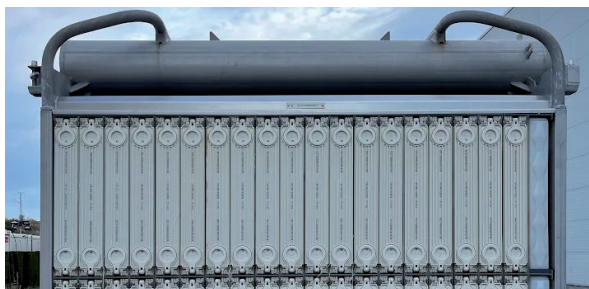


Financiado por la Unión Europea. No obstante, las opiniones y puntos de vista expresados son únicamente de los autores y no reflejan necesariamente los de la Unión Europea o CINEA. Ni la Unión Europea ni la autoridad otorgante pueden ser considerados responsables de ellos.

lished in RD 1085/2024.

Finally, to ensure compliance with the Royal Decree and minimise any health risks, the LIFE WARRIOR reclamation train integrates a digitalised Risk Management Plan. This system is supported by data from inline quality sensors and laboratory analyses, enabling comprehensive monitoring of critical points throughout the plant. The digital implementation enables the establishment of predictive, preventive and corrective actions to be taken in the event of anomalies, while also serving as a comprehensive incident log, thus enhancing plant robustness and reliability.

By reusing ultrafiltration membranes from other facilities and combining this technology with a high-efficiency UV-LED disinfection system, the reclamation train has significantly lower investment and operating costs than conventional systems. Moreover, the integration of a digital risk management system ensures safe, optimised operation that can be adapted to different scenarios. The LIFE WARRIOR project has therefore demonstrated the feasibility of producing reclaimed water of the highest quality for agricultural irrigation in an innovative, sustainable and cost-effective manner. The solution developed in the project is replicable and contributes to water resilience, the circular economy and the achievement of European sustainability targets. 🌈



Funded by the European Union. However, the opinions and views expressed are solely those of the authors and do not necessarily reflect those of the European Union or CINEA. Neither the European Union nor the granting authority can be held responsible for them.



**Cofinanciado por
la Unión Europea**