

LA TRANSFORMACIÓN DIGITAL DE LOS PROCESOS DE AGUA EN LA INDUSTRIA ALIMENTARIA: DESAFÍOS Y OPORTUNIDADES

Proyecto 'DELTA'



CONTENIDO

OBJETIVO	3
LA IMPORTANCIA DEL AGUA EN LA INDUSTRIA ALIMENTARIA	4
Situación de partida	4
Ciclo del agua en la industria alimentaria	6
NECESIDADES Y OPORTUNIDADES: EL FUTURO DE UNA GESTIÓN EFICIENTE Y SOSTENIBLE	8
SOLUCIONES DIGITALES DISPONIBLES EN EL MERCADO	11
Sensorización de entornos	11
Procesamiento de datos	12
Telemetría y telecontrol	13
CASOS DE ÉXITO	14
CONCLUSIONES	17
REFERENCIAS	18

OBJETIVO

El objetivo de este informe es analizar la situación actual en materia de gestión de recursos hídricos en la industria alimentaria, así como identificar las **oportunidades de digitalización** de los procesos que implican el consumo de agua para el sector y algunas de las **tecnologías disponibles en el mercado**.

Se recopilan además casos de éxito de proyectos orientados a mejorar y reducir el consumo de agua y la transición hacia procesos industriales del agua más eficientes.



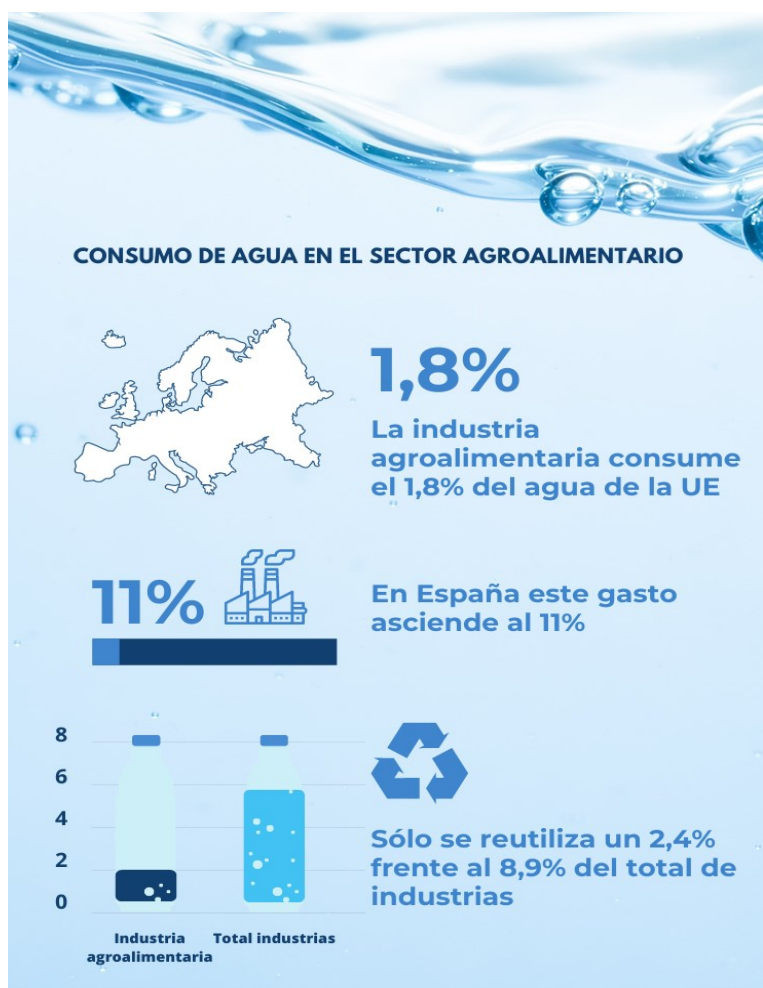
Esta actuación se enmarca dentro del proyecto DELTA, apoyado por la convocatoria de subvenciones para el año 2023 para desarrollar y mejorar las capacidades de investigación e innovación del tejido empresarial a través del apoyo a las agrupaciones empresariales innovadoras (AAEEII) de la Consejería de Economía y Hacienda de la Junta de Castilla y León, cofinanciado por el Fondo Europeo de Desarrollo Regional, con el objetivo de «Conseguir una Europa más competitiva e inteligente».

LA IMPORTANCIA DEL AGUA EN LA INDUSTRIA ALIMENTARIA

1. Situación de partida

El crecimiento demográfico, la actividad económica y el cambio climático están incrementando la **escasez de agua**, tanto de manera estacional como permanente.

En Europa, el 1,8% del agua es consumida por la industria alimentaria, siendo la **tercera industria que más uso hace de los recursos hídricos**. En el caso de España, esta industria representa el 11% de todo el consumo de agua llevado a cabo en actividades industriales. Tan sólo recicla el 2,4% de todo el agua que se consume, una cifra que está notablemente por debajo del 8,9% que se recicla por todo el conjunto de industrias.



Fuente: Comisión Europea e INE

Esta situación, junto con el cambio climático actual, caracterizado por la existencia de fenómenos climáticos extremos, como las sequías e inundaciones, ponen en el punto de mira la necesidad de innovar para gestionar de una manera más eficiente los recursos hídricos, reduciendo la **huella ambiental** que la industria agroalimentaria provoca.

A nivel mundial, los desafíos del sector agroalimentario, se centran en mejorar la eficiencia de los procesos en todos los niveles; mejorar la integración de las cadenas de valor, incrementar la sostenibilidad y aportar mayor seguridad alimentaria y mayor valor añadido a los productos.



La industria agroalimentaria global, que utiliza el 70% del agua dulce del planeta, se encuentra ante dos retos extraordinarios: la escasez y la contaminación del agua.

Estos desafíos ponen en contexto la necesidad de innovar para aplicar una gestión más eficiente de los recursos hídricos, y reducir la huella ambiental que la industria agroalimentaria provoca. Un objetivo que está, además, incluido dentro de los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) marcados por la Agenda 2030.

La innovación se tiene que dar **en toda la cadena de valor agroalimentaria**, desde la parte agronómica, a la transformación industrial, la logística o la venta. Estas necesidades de innovación varían mucho en los diferentes eslabones y aplican a diferentes campos: biotecnología, maquinaria, métodos de cultivo y de riego, genética, formación en secuestro de carbono atmosférico, tecnologías del agua, logística, etc.

El uso de **la tecnología es un factor determinante** para conseguir una gestión circular más eficiente y hacer más sostenible su consumo. Son cada vez más las iniciativas puestas en marcha para convertir el sistema agroalimentario en una verdadera red digital, bidireccional, integrada, inteligente y sostenible, **es esencial poner el foco en la transformación digital**, ya que la

inmensa mayoría de soluciones digitales aplicadas al sector ejercen un **efecto positivo** tanto a nivel económico como ecológico, lo cual repercute de forma especialmente positiva en las pymes.



La digitalización del ciclo del agua es una herramienta clave para mejorar la gestión de este recurso.

En casi todos los casos, la digitalización del ciclo del agua contribuye a reducir costes, optimizar recursos al permitir **la toma de decisiones más informadas y precisas**. Esto, en general, hace posible anticiparse a los problemas y mejorar la eficiencia y sostenibilidad de todo el proceso.

2. Ciclo del agua en la industria alimentaria

El agua es un elemento **indispensable en la industria alimentaria**, que se utiliza en multitud de procesos, desde la producción de alimentos primarios, el uso en operaciones de limpieza y mantenimiento, o en el proceso de transformación, siendo incluso habitual su uso como ingrediente. Por ello, es necesario contar con un agua de gran **calidad** que garantice la **seguridad** de los consumidores, así como un alto nivel de calidad de los productos.



Debido al gran uso que se hace de ella, una **correcta gestión** es fundamental, así como también su tratamiento, especialmente para su reutilización.

El ciclo integral del agua incluye desde su la captación y potabilización, que posteriormente es distribuida para su consumo, hasta la recogida y depuración de las aguas residuales para que puedan ser devueltas al medio ambiente.

Se requieren para ello una serie de dispositivos e infraestructuras:

- Sondeos y bombas de captación: instalaciones para la captación de agua bruta para después hacer uso de ella .
- Estaciones de Tratamiento de Agua Potable (ETAP) o plantas de potabilización: después de la captación del agua bruta es necesario tratarla para que sea adecuada para el consumo humano.
- Depósitos: el agua se transporta hasta depósitos urbanos conectados con la red de abastecimiento, donde se almacena para asegurar la disponibilidad d agua en los momentos de demanda. También pueden ser balsas o embalses de agua cuando el uso no es para consumo humano y no ha sido tratada.
- Redes de distribución. Se divide en dos tipos de redes: en alta o en baja. La red en alta se encarga de la abducción y distribución del agua desde las plantas potabilizadoras y la red en baja es la encargada de distribuir el agua hasta cada punto de consumo.
- Red de saneamiento: está formada por tuberías y canalizaciones encargadas de recoger u transportar el agua sobrante y desechos (aguas residuales) desde cada domicilio hasta las plantas de depuración.
- Estaciones Depuradoras de Aguas Residuales (EDAR): el agua residual recogida por la red de saneamiento llega a las estaciones de depuración, donde comienza un complejo proceso de tratamiento que permitan su retorno a la naturaleza.



NECESIDADES Y OPORTUNIDADES: EL FUTURO DE UNA GESTIÓN EFICIENTE Y SOSTENIBLE

El riesgo de la **limitada disponibilidad de agua** dulce no contaminada es considerada por el Foro Mundial Económico como un riesgo global de primera línea. Este problema es reconocido por el sector y ha sido identificado como una prioridad, implementando medidas de eficiencia que han permitido un ahorro estimado de 14 Mm³ totales desde el año 2014.



A la hora de implementar un sistema de gestión del agua basado en la optimización y circularización de procesos, una buena aproximación es el enfoque de "las cinco R" establecido por la [International Water Association \(IWA\)](#), basado en: **Reducir, Reutilizar, Reciclar, Restaurar y Recuperar**.

La mentalidad de la innovación en los procesos del agua industrial es rediseñar **los procesos productivos** tiene dos objetivos claros:

- reducir al mínimo o evitar las aguas residuales, o la recuperación y valorización de recursos hídricos en el caso de que se generen.

- considerar todas las corrientes líquidas generadas como una fuente de recursos a aprovechar como parte de la gestión integral hídrica de la empresa

La meta es alcanzar la eficiencia máxima en el uso del agua **optimizando su uso y facilitando el máximo reciclado** interno o externo de los recursos, y/o reutilización del agua en la propia planta o en el entorno próximo.

Las posibles iniciativas que el sector agroalimentario puede adoptar para una gestión sostenible del agua implican la **digitalización del ciclo del agua**, a través del uso de tecnologías avanzadas, como el Internet de las cosas (IoT), la inteligencia artificial (IA) y el big data, para obtener datos en tiempo real de los diferentes puntos del ciclo del agua, desde la captación hasta el tratamiento y la distribución.



Una visión integral y circular del ciclo del agua junto con la incorporación de nuevas tecnologías de gestión y tratamiento hará posible la transformación hacia un modelo más eficiente.



La aplicación de estas tecnologías a la gestión del agua abre un mundo de posibilidades, ya que permiten gestionar el recurso hídrico de una manera más eficiente, monitorizando todos los procesos y dotándolos de inteligencia. Entre los beneficios que estas tecnologías habilitadoras ofrecen a la industria agroalimentaria destacan 3:

1 La eficiencia como objetivo alcanzable

El KPI (Indicador Clave de Rendimiento, por sus siglas en inglés) estrella de una industria digitalizada es la eficiencia, tanto de los procesos como de las infraestructuras y, por lo tanto, los **índices de eficiencia** son una guía del esfuerzo de la digitalización.

La implementación de soluciones habilitadoras adecuadas permite la adquisición, integración y procesamiento de datos, permitiendo el cálculo de estos índices, en este caso, a través de la **sensorización de entornos**.

El Internet de las cosas (IoT) permite la conexión e intercomunicación de dispositivos y sensores para una **monitorización completa de la red hídrica** en tiempo real, así como de fuentes de información externas (p.ej. De las Estaciones Depuradoras de Aguas Residuales (EDAR) o las variables medioambientales). La integración de todos estos datos permite una gestión más eficiente de los recursos hídricos.

2 La mejora continua

El enfoque *Lean* o de mejora continua respecto a los procesos del agua en la industria agroalimentaria, comienza con el **seguimiento de los parámetros de rendimiento** generados por la sensorización de las infraestructuras. Para ello, es necesario disponer de un sistema de procesamiento de datos que extraiga su valor potencial y pueda predecir situaciones antes incluso de que sucedan. Las tecnologías más utilizadas se basan en la **algoritmia avanzada** y las **herramientas de inteligencia artificial**.

3 La toma de decisiones basada en datos

Un proceso de digitalización exitoso permite fundamentar las decisiones en la **explotación de datos objetivos**. Esto es mucho más seguro, ya que los algoritmos inteligentes y las nuevas tecnologías están diseñados para detectar puntos no eficientes y mejorar los procesos de manera automática.

Las soluciones habilitadoras permiten la optimización de recursos, la integración de funcionalidades y la interoperabilidad entre diferentes sistemas y dispositivos.

SOLUCIONES DIGITALES DISPONIBLES EN EL MERCADO

La tecnología y la digitalización 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.

1. Sensorización de entornos

La modernización del control del ciclo del agua a través de la instalación de herramientas de digitalización, sensorización y comunicación, y el desarrollo de plataformas informáticas de análisis, consulta y registro, es clave para mejorar la gestión de este recurso en la industria alimentaria, al tiempo que ofrece una visión completa y precisa de todo el proceso.

Gracias a la sensorización, es posible controlar de forma precisa y estable el **consumo de agua** que se efectúa en cada punto del proceso, así como monitorizar de forma constante parámetros físicos y químicos del agua **en tiempo real**, como el pH, la turbidez o la conductividad.



Las soluciones orientadas a la eficiencia hídrica de los procesos del agua industriales incluyen la **medida inteligente de los parámetros de red**, como los caudales, el flujo y las presiones, mientras que, en el ámbito de la **eficiencia energética**, permite monitorizar los consumos, control de las fugas e implementar medidas de ahorro.

El seguimiento del consumo se convierte en una guía para valorar el gasto en las diferentes fases de los procesos productivos y puede alertar de una anomalía en el suministro como, por ejemplo, una fuga de agua si el consumo se dispara.

Por otro lado, solo con una adecuada digitalización puede optimizarse la gestión del proceso y planificar los trabajos ordinarios y de mantenimiento asociados, anticipándose a los consumos previstos, lo que reduce los costes asociados a paradas no planificadas, averías y el tiempo dedicado a tareas de reparación. Del mismo modo permite garantizar siempre la mejor calidad del agua tratada.

2. Procesamiento y análisis de datos

En línea con el punto anterior, mediante el uso de sensores es posible realizar un análisis de los datos recopilados. Los datos recopilados a través de distintas fuentes se analizan de forma global y centralizada mediante la **aplicación de algoritmos inteligentes**.

La inteligencia artificial (IA) y el big data son tecnologías fundamentales para la gestión del agua. Estas permiten analizar 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 obtener información valiosa para la toma de decisiones.

De este modo, se consigue un uso más racional de los recursos hídricos y sirve como apoyo a los técnicos a cargo de su control en la prevención del desperdicio y correcta gestión de los procesos que involucran el uso de agua en la organización:

- **detección temprana de anomalías,**
- **recopilación y análisis de datos sobre el consumo de agua.**



Del mismo modo, los gemelos digitales (entendidos como simuladores de procesos) y el desarrollo del *Machine Learning* también se utilizan para la detección temprana de anomalías y la **predicción del mantenimiento de las infraestructuras de agua**, ya que permiten crear una réplica virtual que simula diferentes escenarios y optimizar la gestión de los recursos hídricos.



Lo que no se mide no se puede controlar, ni por tanto mejorar.

3. Telemetría y telecontrol

En la industria agroalimentaria se utilizan diferentes tecnologías de **intercomunicación entre equipos**. La capacidad de controlar los equipos y sistemas a distancia es una de las mayores ventajas del telecontrol, de forma que se pueden realizar las operaciones de **control y mantenimiento de manera remota**, desde cualquier lugar y en cualquier momento, permitiendo un ahorro significativo de tiempo y recursos. Todo esto se traduce en una gestión más eficiente de los recursos del sector del agua.

Los últimos desarrollos en este campo se han caracterizado por incorporar tecnología de comunicación a los contadores de agua "**contadores inteligentes**" con el objetivo de recibir la información de una instalación industrial a tiempo real para poder analizarla, y tomar decisiones. Gracias a estos sistemas, es posible recibir notificaciones y avisos, redundando en una mayor eficacia operacional y en una mayor productividad y rentabilidad.

A pesar de sus ventajas, la implementación y mantenimiento de sistemas de telecontrol puede ser **costosa**, especialmente para pequeñas y medianas empresas, por lo que es necesario desarrollar sistemas de telecontrol escalables y flexibles, que garanticen además la integración e interoperabilidad con sistemas existentes.

CASOS DE ÉXITO

Son muchas las iniciativas llevadas a cabo a nivel mundial para mejorar la gestión del agua y luchar contra la escasez de este recurso.

A continuación, se muestran algunos ejemplos de proyectos, que tienen como objetivo principal incorporar procesos de innovación tecnológica a la gestión circular del agua en el sector agroalimentario.

Water2Return: Recuperación y reciclaje de nutrientes y conversión del agua residual en productos de valor añadido para contribuir a la economía circular en el sector agrícola

Se trata de un proyecto financiado por la Comisión Europea a través del programa Horizonte 2020 que una solución integrada para el tratamiento de aguas residuales de matadero (SWW) y la recuperación de nutrientes, así como para la recuperación de valiosos nutrientes con alto valor de mercado en el sector agrícola.



- Recuperación de nitrógeno y fósforo solubles como un concentrado de nitrato interesante para uso como fertilizante.
- Innovador proceso de fermentación diseñado para la valorización de lodos de aguas residuales (con producción de energía).
- Producción de biomasa de algas, que crece capturando y reciclando el CO₂ que se libera de la unidad de biogás, y se formulará en un producto basado en algas bioestimulantes.

[Más información](#)

Eco3Wash: Recuperación y reciclaje de nutrientes y conversión del agua residual en productos de valor añadido para contribuir a la economía circular en el sector agrícola

Gracias al apoyo del Ministerio de Economía y Competitividad de España a través del Programa Estatal de I+D+i orientada a los retos de la sociedad, se llevó a cabo el proyecto Eco3Wash, con el objetivo de reducir el consumo de agua potable en las operaciones de lavado de cítricos durante la fase posterior a la cosecha.

Como resultado del proyecto, se desarrolló un **prototipo innovador** y eco-eficiente capaz de reducir la carga contaminante del agua residual, mejorando sus características físicas, químicas y microbiológicas, permitiendo su **reutilización** en los mismos procesos de lavado del producto de una forma segura. De este modo consigue una reducción de casi el 70% en el uso de agua potable en los procesos de lavado de cítricos.



[Más información](#)

Nanowin: Nanofiltración aplicada a la recuperación de agua rechazada en la industria cervecera

El proyecto se basa en estrategias de economía circular, ya que proporciona un instrumento para la reutilización directa del agua y una reducción sustancial del consumo y vertido de agua, a través del desarrollo de una planta de nanofiltración para la **recuperación de agua rechazada en la industria cervecera** mediante la introducción de membranas de nanofiltración avanzadas.



Se trata de un proyecto financiado por la Comisión Europea a través del programa Horizonte 2020 que ha demostrado la eficacia de la **nanofiltración** para reutilizar un flujo de rechazo de ósmosis de un 50-60% con calidad óptima para el retorno a la cabecera, sin consumo eléctrico adicional. En conclusión, permite la recuperación del agua de rechazo para recircularla al depósito principal, lo que reduce la huella de carbono en todos los procesos de producción que utilizan la ósmosis inversa.

[Más información](#)

DIGIT-BALSA: Detección temprana de fugas e Infiltraciones en balsas por tecnología de fibra óptica



Es un proyecto financiado por el Ministerio de Industria, Comercio y Turismo, que tiene como objetivo principal evitar los impactos ambientales y estructurales asociados a **filtraciones de caudales de purines** en balsas de explotación ganadera a través de la implementación de un sistema de detección temprana de fugas basado en una tecnología innovadora de **fibra óptica**.

Permite la **geolocalización** de la fuga, su instante de comienzo y su duración con el fin de limitar los impactos ambientales y estructurales asociados a las filtraciones por los taludes de la balsa.

[Más información](#)

CONCLUSIONES

- Es imprescindible realizar una gestión eficiente y sostenible del agua, que garantice la disponibilidad y calidad este recurso vital para la industria agroalimentaria.
- Las soluciones digitales avanzadas permiten una gestión integrada de todas las etapas que requieren el consumo de agua a lo largo de la cadena de valor, desde la captación para el riego hasta su utilización en el proceso productivo.
- Gracias a la sensorización, la monitorización en tiempo real y el procesamiento de datos, las empresas disponen de un control de consumos y calidad del agua en todo momento y ser más eficaces en su uso, conocer el estado en tiempo real de los procesos productivos, facilitando los procesos de toma de decisiones al comprender su balance hídrico.

De este modo, contribuyen a la protección del medio ambiente al evitar hacer uso de más recursos de los necesarios.

Algunas de las ventajas de la digitalización del ciclo del agua son:

1. **Ahorro de costes**, sin comprometer la calidad final del producto.
2. Optimización de tiempos.
3. Detección y **reducción del desperdicio** de agua en el proceso productivo.
4. **Interconexión** de todas las fases del proceso para su optimización.
5. **Conectividad** de datos y control del consumo en tiempo real.

REFERENCIAS

1. **Informe de Sostenibilidad de la Industria de Alimentación y Bebidas 2021.** 2021. Federación Española de Industrias de la Alimentación y Bebidas (FIAB).
2. **Garantizando el agua en España.** Septiembre 2023. RETEMA (Revista Técnica de Medio Ambiente).
3. **Gestión circular del agua en el sector agroalimentario.** Octubre 2022. Plataforma Tierra.
4. **Observatorio para la Digitalización del Sector Agroalimentario: Análisis del estado actual de la digitalización del sector agroalimentario español.** Mayo 2023. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación y Cajamar Caja Rural.
5. **PERTE Agroalimentario.** Memoria descriptiva. Febrero 2022.
6. **Prototipo para mejorar la automatización de procesos en las infraestructuras en el sector del agua.** Enero 2022. Juan Manuel Miñarro Quiñonero - Universitat Oberta de Catalunya. (Trabajo de Fin de Máster).
7. **Telecontrol: Un factor clave para un gestión sostenible del agua.** Marzo 2023. Mytra Control.