

REAQUA. Estrategias innovadoras para la reutilización de aguas en la industria cárnica: evaluación de las limitaciones técnicas, económicas y reglamentarias para garantizar un uso seguro y creación de una guía técnica de referencia

Resumen

El aumento de la demanda de agua dulce debido al crecimiento de la población y el elevado consumo en los sectores agrícolas e industriales, junto con el estrés hídrico que afecta a un número cada vez mayor de países en el mundo, ha promovido que la reutilización de aguas residuales tratadas se considere una solución prometedora para afrontar este gran reto. Prueba de ello es la reciente entrada en vigor del nuevo reglamento sobre los requisitos mínimos para la reutilización de agua para riego agrícola en la UE (UE 2020/741), el cual se aplicará en todos los estados miembros de la UE a partir de junio de 2023.

Aunque la reutilización en el sector industrial representa el 11% de los escenarios evaluados, este es uno de los sectores con mayor consumo de agua, especialmente la industria agroalimentaria. Este gran uso por parte de este tipo de industrias se refleja en un estudio realizado por el INE, en el cual se demuestra que en 2013 la industria agroalimentaria consumió el 12% del agua total utilizada en la industria europea, mostrando que es uno de los sectores con mayor demanda de este recurso.

Centrando en el sector cárnico, el agua utilizada en los mataderos se destina principalmente a procesos productivos donde el agua entra en contacto directo con el producto cárnico (lavado de canales e higienización), pero hay una parte no menos relevante en la que el agua utilizada es clasificada como agua sin contacto que se encuentra fuera del entorno del procesamiento cárnico, como por ejemplo la limpieza de camiones y corrales. Los efluentes derivados de los mataderos se caracterizan por un alto contenido de materia orgánica, con una importante carga de nutrientes que deben ser eliminados para ser descargados en las aguas superficiales.

Es importante, pues, determinar dónde y cómo se utiliza el agua en el proceso para poder identificar posibles puntos de captación para la posible reutilización de agua en el proceso productivo. En este sentido, y ante la necesidad de adoptar prácticas de reutilización, el actual Real Decreto RD 1620/2007 establece no solo criterios de calidad para la reutilización del agua para usos agrícolas, sino también para usos urbanos e industriales.

Desafortunadamente, y a pesar de tener criterios establecidos para un uso más sostenible de los recursos hídricos, esta estrategia de gestión no se potencia en las industrias alimentarias, posiblemente debido al desconocimiento por parte de estas de los criterios establecidos por la administración pública o bien por barreras legislativas que hoy en día dificultan la regeneración y reutilización de esta agua en los mataderos.

Así, el reto sectorial no es solo el cumplimiento de la ley establecida por el Real Decreto, ya que existe una gran variedad de tecnologías para la obtención de efluentes de alta calidad, sino también entender cuáles son realmente aquellos requisitos establecidos por la Administración para poder hacer uso del agua tratada y cumplirlos, sin representar un riesgo para la salud humana ni para el medio ambiente.

Objetivos

El principal objetivo de este proyecto es **demostrar la viabilidad de poder reutilizar las aguas residuales generadas en los mataderos**. En este sentido, se pretende detectar aquellos factores limitantes que existen actualmente para las empresas del sector cárnico en el ámbito de la reutilización de aguas y, una vez identificados, poder aplicar y validar tecnologías innovadoras a escala piloto que permitan cumplir con los

requisitos establecidos por la Administración para poder hacer uso del agua tratada en actividades externas al proceso productivo.

Descripción de las actuaciones llevadas a cabo en el proyecto

ACTIVIDAD 1. Caracterización de los efluentes de las EDAR industriales.

ACTIVIDAD 2. Identificación y evaluación de los riesgos asociados a la presencia de químicos y patógenos detectados en los efluentes de las EDAR de mataderos.

ACTIVIDAD 3. Aplicación de tecnologías de postratamiento para mejorar la calidad del agua recuperada

ACTIVIDAD 4. Verificación de la calidad del agua recuperada para sus posibles usos.

ACTIVIDAD 5. Evaluación técnica, ambiental y económica de las tecnologías mediante ACV y ACC.

ACTIVIDAD 6. Elaboración de una guía práctica para la reutilización del agua recuperada en los mataderos.

ACTIVIDAD 7. Divulgación y comunicación de resultados.

Resultados finales y recomendaciones prácticas

Caracterización de los efluentes de las EDAR industriales y evaluación del riesgo

La primera actividad ha permitido caracterizar los efluentes de salida de diferentes mataderos del sector cárnico con el fin de poder elaborar estrategias de tratamiento una vez identificados los riesgos potenciales asociados a este tipo de aguas. La determinación de los riesgos asociados se ha realizado según la normativa vigente por la presencia de parámetros físico-químicos y microbiológicos como los sólidos en suspensión, huevos de nematodos, *E. coli*, *Salmonella* y *Legionella*. Los resultados han demostrado la necesidad de implementar tecnologías innovadoras de postratamiento con el fin de eliminar ciertos patógenos presentes en los efluentes de salida de las EDAR industriales de mataderos, que, a pesar de cumplir con la normativa de vertido a colector, la calidad de estos se encuentra alejada de la necesaria para cumplir con los umbrales establecidos para su reutilización en las propias instalaciones (actividades fuera del proceso productivo).

No solo se ha llevado a cabo una evaluación de los parámetros establecidos por la ley, sino que también se han caracterizado las aguas por la presencia de compuestos orgánicos de origen veterinario, así como por la presencia de genes de resistencia. Esta caracterización ha reforzado, por tanto, la necesidad de un tratamiento más intensivo de postratamiento para la eliminación de este tipo de compuestos.

Aplicación de tecnologías de postratamiento para mejorar la calidad del agua recuperada

- a) Para evaluar el proceso de postratamiento se dispuso de cinco tecnologías principales: ultrafiltración, ósmosis inversa, electrodialisis, ozonización y radiación UV (Figura 1)

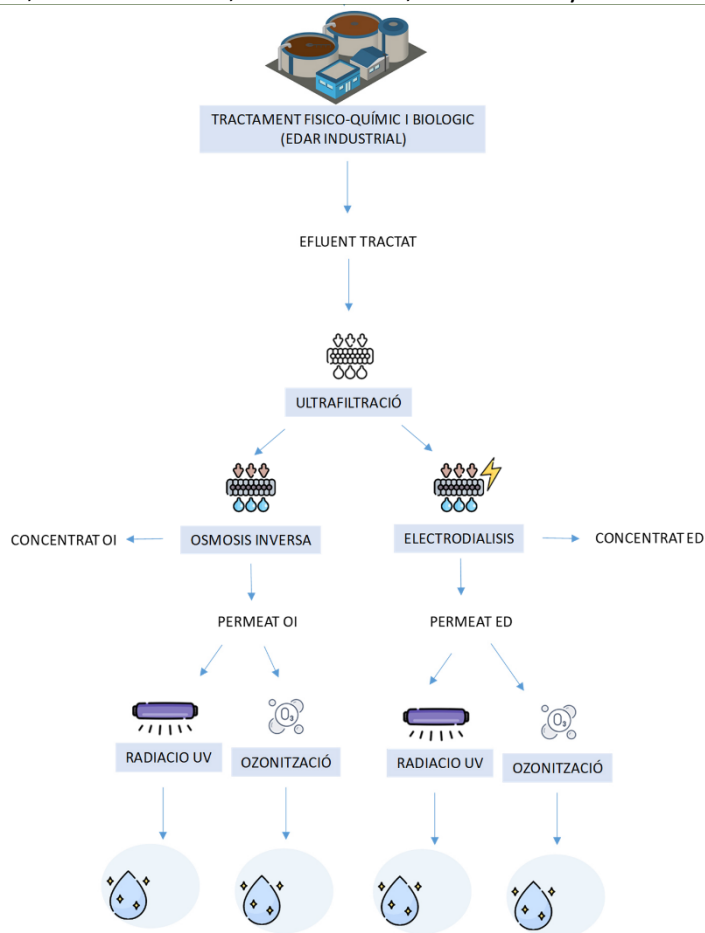


Figura 1. Esquema de los diferentes trenes de tratamiento propuestos en el proyecto REAQUA

Con respecto a los parámetros establecidos en el Real Decreto, todos los trenes de tratamiento evaluados han sido eficientes en la eliminación de los patógenos que superaban los valores mínimos admitidos, así como del parámetro de sólidos en suspensión marcado por la normativa vigente. Por tanto, los trenes de tratamiento propuestos permitirían la obtención de agua regenerada con calidad suficiente (sin riesgos asociados) para su uso en tareas de limpieza de camiones y corrales, tal y como se establece en la normativa.

Tabla 1. Valores máximos admisibles para la reutilización de aguas en usos de limpieza y sistemas de refrigeración establecidos en el RD 1620/2007

		
Sòlids suspensió (mg/L)	35	5
Terbolesa (NTU)	no definit	1
Legionel·la	100	Absència
Ous Nemàtodes	< 1	<1
Salmonel·la	Absència	No definit
E.coli	1000	Absència

En referencia a la presencia de contaminantes orgánicos de origen veterinario (Figura 2), así como de los genes de resistencia (Tabla 2), los resultados obtenidos demuestran la capacidad de las tecnologías propuestas para la eliminación total de los parámetros evaluados.

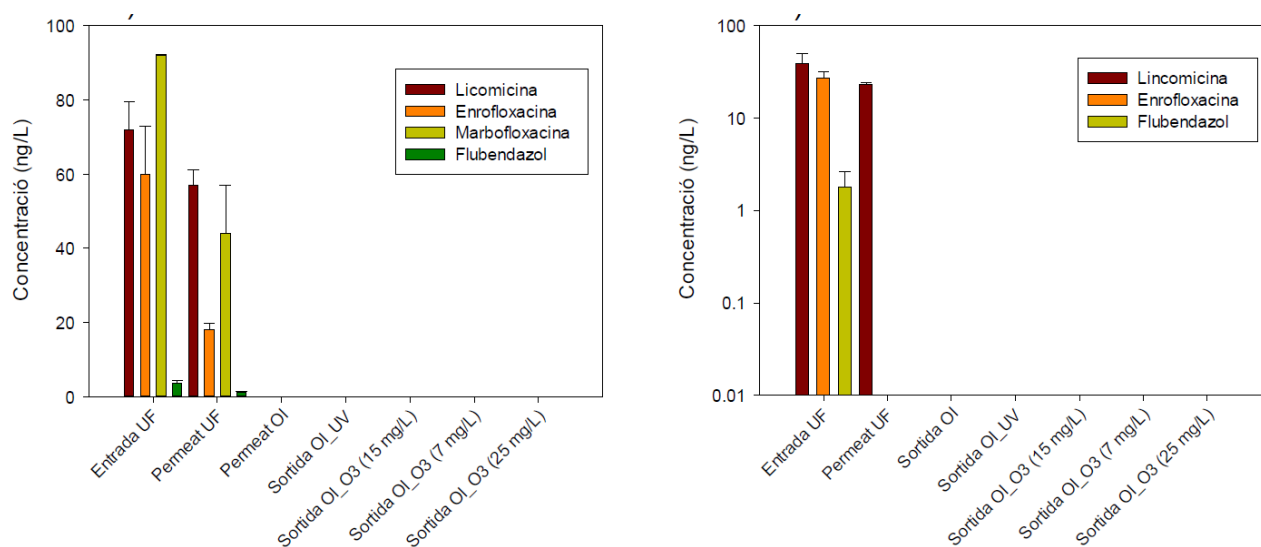


Figura 2. Concentraciones, expresadas en escala logarítmica, de los fármacos y antibióticos detectados en las muestras de los diferentes trenes de tratamiento

Tabla 2: Porcentajes de eliminación de los genes para todas las muestras analizadas del tratamiento combinado UF+OI+UV i UF+OI+O3 (15mg/L).

Gen	Entrada UF-Permeat OI	Entrada UF-Sortida UV	Entrada UF-Sortida O ₃ (15 mg/L)
<i>16S rRNA</i>	89,59%	99,44%	99,99%
<i>int1</i>	98,34%	99,56%	99,97%
<i>sul1</i>	99,56%	99,99%	100,00%
<i>ermB</i>	99,84%	99,99%	99,99%
<i>tetW</i>	99,95%	100,00%	100,00%
<i>qnrS</i>	99,69%	99,69%	99,97%

Evaluación técnica, ambiental y económica de las tecnologías mediante ACV y ACC

Los resultados de la evaluación técnico-económica y ambiental confirman los impactos económicos y ambientales asociados a los consumos eléctricos de las tecnologías propuestas. Cabe destacar que los resultados preliminares del proyecto REAQUA han permitido identificar los puntos clave necesarios para optimizar estas tecnologías y así obtener una estimación de costos más realista y precisa.

Conclusiones

Desde un punto de vista más científico, los resultados obtenidos durante el desarrollo del proyecto REAQUA son innovadores y generan un alto interés dentro de la comunidad científica. Además, el proyecto REAQUA ha aportado claras evidencias científicas que podrían influir en las políticas de reutilización de aguas en el sector cárnico, permitiendo que las tecnologías propuestas se consideren vías de tratamiento viables para la

obtención de agua de suficiente calidad y con un alto potencial de reutilización segura en actividades como la limpieza de camiones y corrales. Estos procesos requieren altos volúmenes de agua, que podrían ahorrarse en las fuentes de recursos hídricos convencionales (fuentes o aguas de red).

Así, se puede afirmar que se han logrado con éxito cada uno de los objetivos establecidos en el proyecto REAQUA, concluyendo que:

- El uso de tecnologías de postratamiento basadas en membranas y procesos de oxidación avanzada permite obtener agua regenerada que cumple con los parámetros de calidad fisicoquímicos y microbiológicos establecidos en la normativa vigente.
- Se ha demostrado la eficiencia en la eliminación del 100% de compuestos orgánicos como fármacos o antibióticos, así como de genes de resistencia, mediante la implementación de sistemas basados en membranas y procesos de desinfección como ozono o radiación UV.
- La eliminación total de patógenos y de compuestos orgánicos emergentes permite reducir al máximo los coeficientes de riesgo de las aguas regeneradas, obteniendo aguas de alta calidad y sin riesgo, conforme a los parámetros establecidos en la normativa vigente.
- Es necesario optimizar las tecnologías evaluadas para ofrecer una estimación más precisa en términos económicos y facilitar la implementación de estas tecnologías a escala real.

Líder del Grupo Operativo

ENTIDAD: OLOT MEATS SA

Coordinador del Grupo Operativo

ENTIDAD: INNOVACC CLUSTER CATALÀ DE LA CARN I LA PROTEÏNA ALTERNATIVA

Otros miembros del Grupo Operativo (perceptores de ayuda)

ENTIDAD: MATADERO FRIGORIFICO DE AVINYO SA

ENTIDAD: MATADERO FRIGORIFICO DEL CARDONER SA

ENTIDAD: SALA DE DESFER I MAGATZEM FRIGORIFIC J. VIÑAS SA

Otros miembros del Grupo Operativo (no perceptores de ayuda)

ENTIDAD: FUNDACIÓ UNIVERSITÀRIA BALMES (UNIVERSITAT DE VIC-UNIVERSITAT CENTRAL DE CATALUNYA)

ENTIDAD: INSTITUT CATALÀ DE RECERCA DE L'AIGUA

Ámbito/s territorial/s de aplicación

PROVINCIA/S	COMARCA/S
BARCELONA	BAGES
GIRONA	GARROTXA
	OSONA

Difusión del proyecto (publicaciones, jornadas, multimedia...)

Se ha hecho divulgación durante la ejecución del proyecto REAQUA, a través de las herramientas habituales de los participantes:

Twitter:

https://twitter.com/innovacc_cat/status/1438400910233939971?s=20

https://twitter.com/innovacc_cat/status/1552980915072139270?s=20&t

https://twitter.com/innovacc_cat/status/1637855672900505601?s=20

https://x.com/innovacc_cat/status/1719336181626781922

https://x.com/innovacc_cat/status/1777656801376317568
https://x.com/innovacc_cat/status/1797907978521375160

Linkedin:

<https://www.linkedin.com/feed/update/urn:li:activity:7046093748744691712>
<https://www.linkedin.com/feed/update/urn:li:activity:7130130327561248768>
https://www.linkedin.com/posts/innovacc_lastcall-activity-7132670261870407681-03eA?utm_source=share&utm_medium=member_desktop
<https://www.linkedin.com/feed/update/urn:li:activity:7133091358281465857/>
https://www.linkedin.com/posts/innovacc_fires-acciaej-fermicel-activity-7178778763210440704-jVSU?utm_source=share&utm_medium=member_desktop
<https://www.linkedin.com/feed/update/urn:li:activity:7183821743730417664>
<https://www.linkedin.com/feed/update/urn:li:activity:7188849618581897216/>
<https://www.linkedin.com/feed/update/urn:li:activity:7201220698168557568/>
<https://www.linkedin.com/feed/update/urn:li:activity:7213896672836259841/>

Página web d'INNOVACC:

<https://www.innovacc.cat/2022/07/22/7-projectes-aprovats-de-la-linia-grups-operatius-2021-projectes-amb-ajut-dacc/>
<https://www.innovacc.cat/2022/09/16/innovacc-ha-participat-a-la-cinquena-edicio-dels-water-talks-organitzada-pel-cwp/>
<https://www.innovacc.cat/realitzat-amb-exit-el-webinar-deprojectes-collaboratius-dinnovacc/>
<https://www.innovacc.cat/exit-dassistencia-a-lassembleageneral-extraordinaria-dinnovacc/>

Revista d'INNOVACC:

https://issuu.com/innovaccrevistadigital/docs/revista_innovacc_2019_ok_br
https://www.innovacc.cat/wpcontent/uploads/2024/06/Revista-innovacc-2024_compressed.pdf

Youtube:

<https://youtu.be/udPTIhTKZu8>
<https://www.youtube.com/watch?v=d118n73F5IE>
<https://www.youtube.com/watch?v=dmYi2QSMOI4&feature=youtu.be>
<https://www.youtube.com/watch?v=dHNwNVZGkHI>

Publicaciones en otros medios:

<https://apunt.uvic.cat/el-ct-beta-participa-en-cinc-nous-grups-operatius-financats-pel-programa-de-desenvolupament-rural>
<https://betatechcenter.com/es/el-ct-beta-participa-en-cinc-nous-grups-operatius-financats-pel-programa-de-desenvolupament-rural-de-catalunya/>
<http://www.cwp.cat/wp-content/uploads/2022/09/Programa-Watertalks-BETA-I-CWP15092022.pdf>
<https://www.uvic.cat/noticies/la-reutilitzacio-daigues-residuals-tractades-clau-per-combatre-lescassetat-daigua-global> <https://www.cwp.cat/water-innovation-day-2023/>

También se ha difundido en el boletín de INNOVACC, en presentaciones en webinars y asambleas, se ha realizado un vídeo resumen, notas de prensa, etc.

Página web del proyecto

<https://www.innovacc.cat/projecte/reaqua-estrategies-innovadores-per-a-la-reutilitzacio-daigues-a-la-industria-carnia-avaluacio-de-les-limitacions-tecniques-economiques-i-reglamentaries-per/>

Otra información del proyecto

DATOS DEL PROYECTO	PRESUPUESTO TOTAL
Fecha de inicio: Julio 2021	Presupuesto total: 214.157,74 €
Fecha final: Septiembre 2024	Financiamiento DACC: 99.037,85 €
Estado actual: Finalizada	Financiamiento UE: 74.712,77 €
	Financiamiento propio: 40.407,12 €

Con el financiamiento de:

Proyecto financiado a través de la Operación 16.01.01 (Cooperación para la innovación) a través del Programa de desarrollo rural de Catalunya 2014-2020.

Orden ARP/113/2021, de 20 de mayo, por la que se aprueban las bases reguladoras de las ayudas a la cooperación para la innovación a través del fomento de la creación de grupos operativos de la Asociación Europea para la Innovación en materia de productividad y sostenibilidad agrícolas y la realización de proyectos piloto innovadores por parte de estos grupos, y Resolución ARP/1660/2021, de 27 de mayo, por la que se convoca la mencionada ayuda.



Generalitat de Catalunya
Departament d'Acció Climàtica,
Alimentació i Agenda Rural



Fons Europeu Agrícola
de Desenvolupament Rural:
Europa inverteix en les zones rurals