

CONAMA 2024

CONGRESO NACIONAL DEL MEDIO AMBIENTE

Economía circular aplicada a la eliminación de nitrato:

Producción de hidrógeno y recuperación de desechos en agua potable (LIFE ELEKTRA)



CONAMA 2024

ECONOMÍA CIRCULAR APLICADA A LA ELIMINACIÓN DE NITRATO

Autor Principal: María Pedro Monzonís (Plataforma Tecnológica Española del Agua, Aguas de Valencia SA)

Otros autores: Jaume Cotolí Sancho (Aguas de Valencia SA); Miguel Capilla Lloris (Aguas de Valencia SA); Marta Díaz Buigues (Aguas de Valencia SA); Javier Sanchís Carbonell (Aguas de Valencia SA)

ÍNDICE

1. RESUMEN	2
2. INTRODUCCIÓN	3
3. OBJETIVO Y ANTECEDENTES	5
4. MATERIALES Y MÉTODOS	7
5. RESULTADOS	9
6. CONCLUSIONES	11
7. AGRADECIMIENTOS	11
8. BIBLIOGRAFÍA	11

RESUMEN

La contaminación de masas de aguas superficiales y subterráneas por nitratos es un problema actual y de difícil solución que afecta a gran parte de los países de la Unión Europea. La concentración excesiva de nitratos en las aguas es dañina para la salud humana y el medioambiente. De este modo, se requieren nuevas soluciones alineadas con la economía circular y los objetivos sostenibles de descarbonización de la sociedad y la mejora en la gestión del agua. En este contexto, el proyecto LIFE ELEKTRA se centra en la validación de una tecnología de desnitrificación electroquímica para el tratamiento de corrientes de agua contaminadas con nitratos y transformarlos en nitrógeno molecular, un gas inerte sin impacto negativo en el medioambiente. Además, esta tecnología permite valorizar simultáneamente dos corrientes de subproductos. Por una parte, se produce una corriente de hidrógeno de alta pureza que permitirá la recuperación de energía empleada en el proceso y que se complementará con la producción de electricidad mediante placas fotovoltaicas. Por otro lado, se recuperarán parte de los desechos de las corrientes acuosas de tratamiento de la planta. En concreto, se valorizarán las sales disueltas como son el calcio y magnesio en forma de carbonatos durante las diferentes etapas del proceso de desnitrificación electroquímica. La tecnología desplegada en el proyecto LIFE ELEKTRA será desarrollada en una planta piloto móvil que permitirá ser validada en tres localizaciones que presentan altas concentraciones de nitrato. Concretamente, dos de ellas se encuentran en España, una en Gandía (Valencia) para tratar la corriente de rechazo de la planta potabilizadora de electrodiálisis reversible rica en nitratos y otra en La Aldea de San Nicolás (Gran Canaria) para tratar agua subterránea contaminada por fertilizantes agrícolas. Mientras que la tercera localización se encuentra en Mgarr (Malta) con el objetivo de eliminar el nitrato del agua subterránea contaminada por las actividades agrícolas intensivas. Los tres casos prácticos evaluados presentan distintas composiciones de las corrientes de agua cuya similitud reside en la alta concentración de nitratos. Esto permitirá ampliar la adaptabilidad y la transferibilidad de la solución desarrollada en el proyecto LIFE ELEKTRA a otras localizaciones con problemas medioambientales similares.

INTRODUCCIÓN

La Agencia Europea del Medio Ambiente (AEMA) en su último informe del 2018 sobre el estado de las aguas europeas ha concluido que el nitrato es el principal contaminante de las aguas subterráneas de la Unión Europea (UE). En este informe se indica que el 18% del área total de las masas de agua subterráneas se encuentran contaminadas por este compuesto debido a las actividades agrícolas intensivas [1].

El último Informe publicado en octubre de 2021 sobre la aplicación de la Directiva de Nitratos (Directiva 91/676/CEE del Consejo) abarca los informes de los Estados miembros entre 2016 y 2019 y desarrolla la protección de las aguas contra la contaminación producida por nitratos en la agricultura. Durante el periodo que abarca este informe, el 14,1% de estas estaciones mantuvieron valores por encima de 50 mg/L, lo que representa un incremento respecto al periodo del informe anterior, que registró un valor del 13,2%. Además, más del 20% de las estaciones de aguas subterráneas en Dinamarca, España y Malta continuaron registrando concentraciones de nitratos superiores a 50 mg/L (Figura 1). Estos datos subrayan la difícil realidad en la gestión de los nitratos. A pesar de los esfuerzos que los distintos Estados miembros han realizado y están realizando, siguen siendo necesarias nuevas medidas para reducir el impacto de este contaminante tanto en la salud humana como en el medio ambiente.

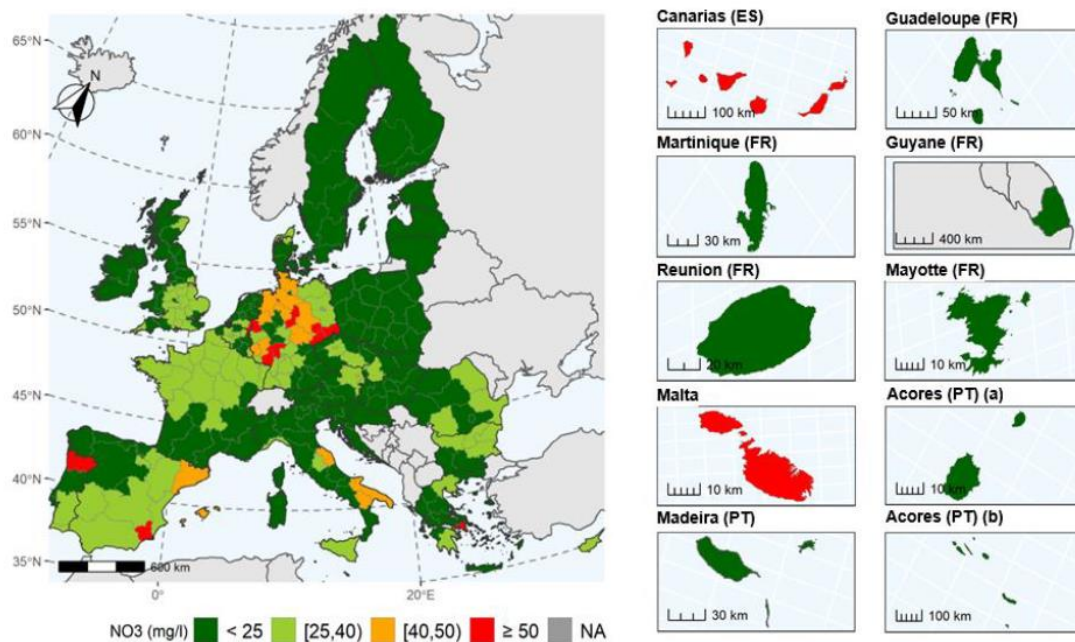


Figura 1. Concentraciones medias anuales de nitratos en las aguas subterráneas al nivel NUTS 2 para el período de notificación 2016-2019 [2].

Diversas investigaciones han demostrado que concentraciones de nitratos superiores a 50 mg/L son altamente perjudiciales para los bebés, fetos y las personas con problemas de salud [3,4,5]. Además, la Organización Mundial de la Salud ha establecido este valor como umbral máximo para la concentración de nitratos en el agua potable [6]. Dicho límite también se encuentra en la Directiva Europea sobre agua potable [7] y en nuestra normativa nacional [8]. En el organismo, los nitratos se transforman en nitritos tóxicos, lo que aumenta el riesgo de cáncer y puede causar

metahemoglobinemia, una afección potencialmente mortal, especialmente en lactantes. En cuanto a los ecosistemas, los nitratos y el fósforo en aguas superficiales pueden causar eutrofización. Este es un proceso en el cual el exceso de nutrientes favorece el crecimiento excesivo e incontrolado de plantas y otros organismos, que consumen grandes cantidades de oxígeno disuelto y acaban afectando a la calidad del agua.

En muchos casos la necesidad de evitar la exposición de la población a los nitratos ha resultado en cambios de la fuente de abastecimiento de agua o la aplicación de tratamientos específicos para eliminar este contaminante durante el proceso de potabilización. Todas estas medidas suponen un aumento en el coste de producción de agua potable que finalmente es asumido por los usuarios urbanos afectados por la contaminación.

Las técnicas de eliminación de nitratos son en muchos casos una de las pocas alternativas cuando las características geográficas del entorno no permiten el cambio de la fuente de abastecimiento. Estas técnicas se pueden clasificar en dos grandes grupos: separación y transformación [9]. Tal y como se describen a continuación:

Técnicas de separación

Estas tecnologías son las más empleadas actualmente para el tratamiento de corrientes contaminadas con nitratos debido a sus buenos resultados. Estas tecnologías son capaces de producir agua potable que cumple con las exigencias estipuladas por la Directiva (UE) 2020/2184. Entre las técnicas que destacan encontramos: electrodiálisis (ED), electrodiálisis inversa (EDR), ósmosis inversa (OI) y resinas de intercambio aniónico (RIA) [9]. Sin embargo, no solucionan el problema ya que no transforman el compuesto, sino que lo concentran en salmueras ricas en nitrato sin valor económico y que requiere una posterior etapa de tratamiento o almacenaje. Actualmente esta corriente rica en nitratos es vertida a la red de alcantarillado para poder ser tratada en las depuradoras con el resto de aguas residuales urbanas. Sin embargo, la legislación para este tipo de vertidos es cada vez más restrictiva debido al elevado impacto ambiental que tienen sobre el entorno. De este modo, es previsible una mayor legislación que incremente la dificultad en la gestión de estas corrientes como el incremento de tasas de vertido o incluso la imposibilidad de su vertido a la red de alcantarillado.

Técnicas de transformación

Por otro lado, las técnicas de transformación buscan convertir los nitratos en otros compuestos químicos inocuos mediante procesos biológicos o catalíticos [9]. Los procesos biológicos se han utilizado históricamente en el tratamiento de aguas industriales y residuales con resultados muy satisfactorios. Sin embargo, no se pueden emplear en la potabilización del agua ya que puede ocurrir una contaminación tanto de los propios microorganismos como de restos orgánicos.

Frente a los procesos biológicos, los procesos electroquímicos surgen de la necesidad de emplear tecnologías de contaminación cero que proporcionan una solución rentable y al mismo tiempo aseguran la salud de las personas, el medio ambiente y los recursos naturales.

Entre las posibilidades, la desnitrificación electroquímica es una técnica de transformación basada en procesos catalíticos que permite la transformación selectiva de los iones nitrato en nitrógeno gas, un gas inocuo e inerte, sin generar residuos. Esta técnica se puede aplicar a corrientes acuosas con cierta carga de nitratos independiente de su origen como las corrientes

de rechazo generadas en los procesos de membranas o las aguas subterráneas. A pesar de no estar actualmente comercializada, las ventajas que presenta la desnitrificación electroquímica la hacen una alternativa viable frente a las técnicas tradicionales de separación.

OBJETIVO Y ANTECEDENTES

En este contexto el proyecto LIFE ELEKTRA (LIFE22 ENV/ES/101113771 ELEKTRA) cobra relevancia. El objetivo principal de este proyecto es demostrar a escala industrial una tecnología basada en la desnitrificación electroquímica capaz de eliminar el contenido en nitratos de las corrientes acuosas problema. El proceso global permitirá valorizar los componentes iónicos que están disueltos en el agua al mismo tiempo que se aproximará a un proceso de Vertido Líquido Cero reduciendo su impacto en el medio ambiente mediante la recuperación de los desechos de las corrientes acuosas de tratamiento de la planta. Este proceso está siendo evaluado como patente con número de solicitud P202330547 y será escalado durante la duración de este proyecto.

Este proyecto abarcará el tratamiento de corrientes de agua con una alta concentración de nitratos que pueden provenir tanto del rechazo de plantas de potabilización, como de aguas de pozos. Se seleccionarán tres casos de estudio en España (Gandía y Gran Canarias) y Malta, cada uno con características hidrogeológicas particulares, pero con el objetivo común de eliminar la contaminación por nitratos. Además, durante la ejecución del proyecto se diseñará y construirá una planta piloto móvil que integrará un sistema de hibridación de energías renovables para autoabastecer el proceso.

El proyecto LIFE ELEKTRA se basa en dos investigaciones previas (Figura 2). Los primeros pasos de la desnitrificación electroquímica se investigaron en la tesis doctoral de Ignacio Sanjuan (*Treatment of the reject water from an Electrodialysis Reversal plant by electrochemical methods*), cofinanciada por la Universidad de Alicante y la empresa Aguas de Valencia S.A. Los resultados se protegieron a través de una patente de invención española (P201831267) que se ha extendido a nivel internacional. Actualmente, ha recibido un informe de búsqueda internacional positivo donde se marcan que las reivindicaciones de la patente tienen novedad y actividad inventiva. En una segunda etapa se continuó la investigación con un proyecto regional de la Agencia Valenciana de Innovación cofinanciado con fondos FEDER denominado "Tratamiento del agua de rechazo procedente de una planta de electrodiálisis reversible mediante procesos electroquímicos" (INNEST/2021/20). Este proyecto estaba conformado por Aguas de Valencia S.A., la Universitat de València, la Universidad de Alicante y el Instituto Tecnológico de la Energía.

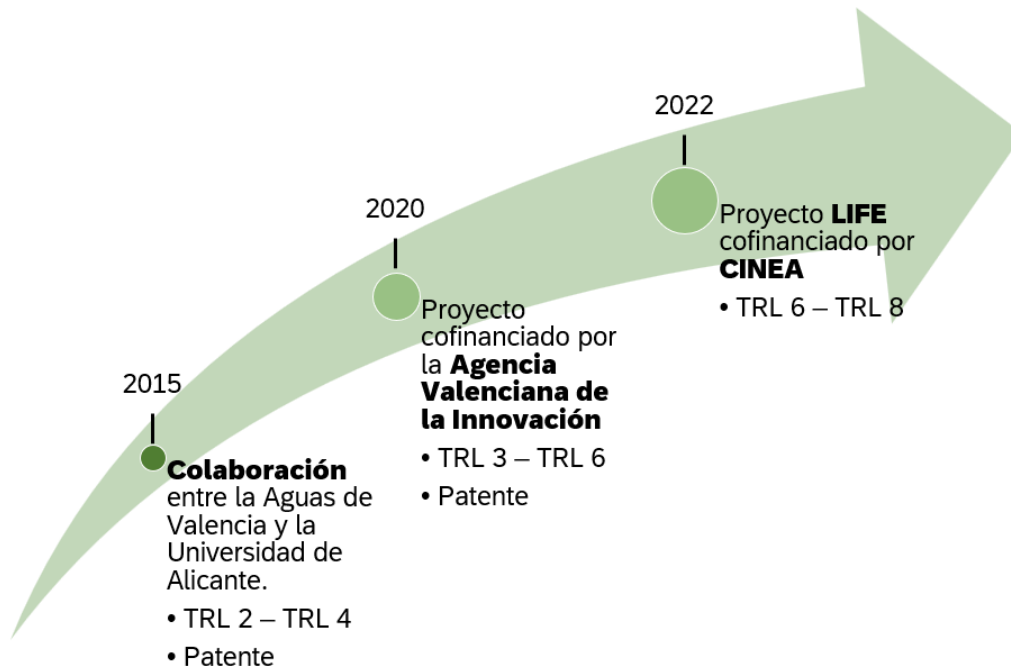


Figura 2. Antecedentes del proyecto LIFE ELEKTRA.

El desarrollo del proyecto se llevó a cabo en la planta de EDR localizada en Gandía (España) y gestionada por Aguas de Valencia S.A. Esta planta de EDR capta agua de pozo con un alto contenido de nitratos y tras el tratamiento en la misma, se obtiene que el 90% del caudal de agua tiene un contenido guía de 25 mg/L de nitrato listo para ser suministrado a la población. Por otro lado, el 10% restante del volumen de agua presenta una elevada concentración de este contaminante que es vertida a la red de alcantarillado para su posterior tratamiento en la estación depuradora de aguas residuales de la población. El objetivo de este proyecto es validar la tecnología de desnitrificación a escala piloto para el tratamiento del caudal de rechazo de la planta de EDR. Esta tecnología presenta como principal beneficio la eliminación de nitratos mediante un proceso de transformación en nitrógeno gaseoso. Asimismo, durante la reacción de desnitrificación electroquímica se produce una corriente de hidrógeno que puede ser utilizado como fuente de electricidad complementaria. Adicionalmente, las operaciones llevadas a cabo para la valorización de los desechos de las corrientes acuosas posibilitan dos actividades. Por un lado, la recuperación de las sales disueltas de calcio y magnesio en el agua en forma de carbonatos y por otro, la reintroducción del efluente líquido al inicio del tratamiento, con lo cual se consigue un vertido líquido cero (VLC), circularizando y optimizando el proceso productivo. El avance en el desarrollo de la tecnología ha permitido aumentar el grado de madurez de un TRL3 a un TRL6. Este conocimiento se ha protegido a través de una patente de invención española.

El proyecto LIFE ELEKTRA está coordinado por Aguas de Valencia S.A. y en el que participa un equipo multidisciplinar formado por instituciones académicas y empresas de España, Italia y Malta como son la Universidad de Alicante, la Universitat de València, el Instituto Tecnológico de la Energía (ITE), Apria Systems S.L, el Instituto Tecnológico de Canarias, la Water Service Corporation (WSC) y REDINN. Este equipo representa una oportunidad inmejorable para fomentar la transferencia de conocimiento entre el ámbito académico y el sector empresarial.

MATERIALES Y MÉTODOS

El proceso que se desarrollará y validará durante la ejecución del proyecto LIFE ELEKTRA se muestra en la Figura 3. Asimismo, el proceso se puede dividir en una serie de etapas tal y como se muestra a continuación.

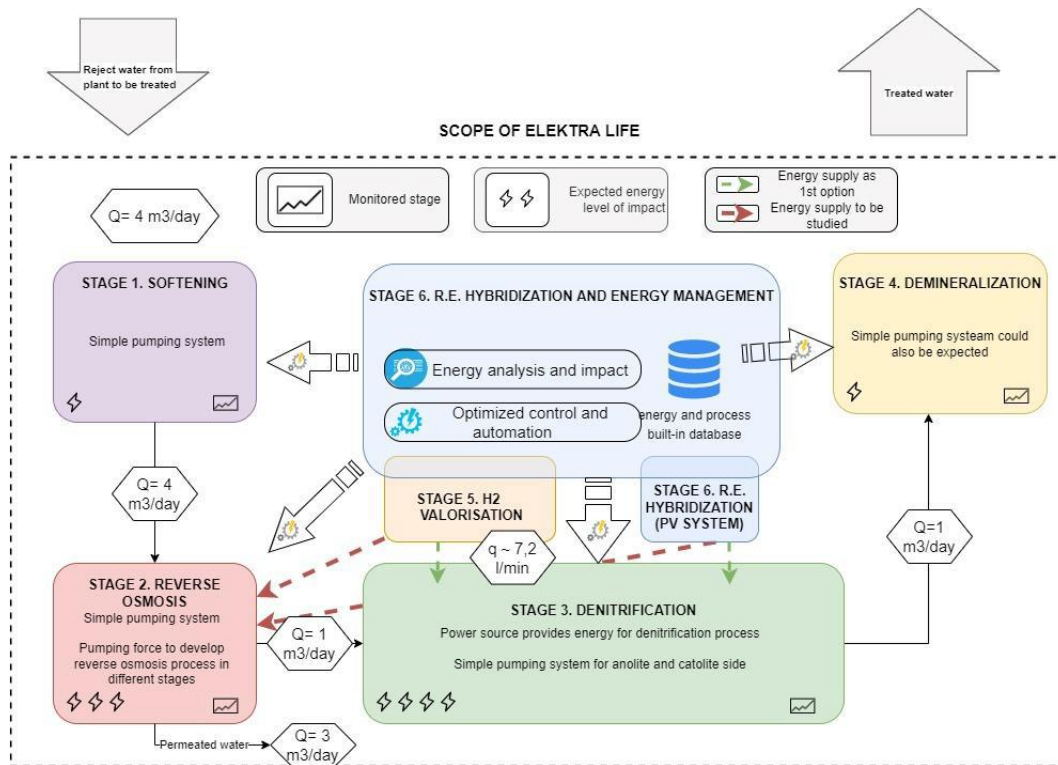


Figura 3. Diagrama de flujo de los procesos requeridos en el proyecto LIFE ELEKTRA

Etapa 1. Ablandamiento del agua.

La elevada dureza de este tipo de aguas puede implicar una serie de dificultades añadidas a la hora de utilizar una técnica electroquímica para la eliminación de nitratos. Esto es debido a que las reacciones electroquímicas que tienen lugar en el cátodo pueden dar lugar a la precipitación de las sales de magnesio y calcio en las superficies de los electrodos o en la membrana de la celda. Esta precipitación, denominada incrustación, puede provocar una disminución significativa en la eficiencia de transferencia de carga y, por consiguiente, en la tasa de eliminación de nitratos. En este caso, la elevada concentración de calcio (750 mg/L) y magnesio (250 mg/L) requieren de una etapa de pretratamiento previa a la desnitrificación electroquímica.

Etapa 2. Sistema de ósmosis inversa.

El principal objetivo es concentrar el nitrato lo máximo posible para optimizar el consumo energético de la celda electroquímica. Esto es debido a que la celda es capaz de tratar una mayor concentración de nitratos de la que se obtiene en la corriente de rechazo de la planta de EDR o la presente en las aguas de pozo. En esta etapa de ósmosis se obtiene una concentración de 4:1 para lo que posteriormente se dosifica ácido y antiincrustante. La corriente de rechazo de esta

etapa es rica en muy nitrato y permite la optimización de la siguiente etapa del proceso. Además, durante la operación de osmosis inversa se obtiene un caudal de permeado que sería apto para el consumo directo de la población.

Etapa 3. Desnitrificación electroquímica.

En esta etapa tiene lugar la transformación de los iones nitrato en nitrógeno gas cuando se aplica una corriente eléctrica. Esta reacción se lleva a cabo empleando como ánodo un electrodo DSA-O₂, formado por óxidos de iridio y como cátodo un electrodo de la aleación Bi58Sn42. El anolito es ácido sulfúrico y el catolito es la corriente del proceso de desnitrificación electroquímica. Además de la reducción del nitrato a nitrógeno gas, la celda electroquímica se obtiene como subproducto hidrógeno molecular con un alto potencial de valorización.

Etapa 4. Post-tratamiento de desmineralización.

Con el objetivo de eliminar la elevada carga iónica del efluente de la celda electroquímica, se aplica un proceso de intercambio iónico por doble columna (intercambio catiónico y aniónico). La salmuera generada durante la regeneración de las resinas (catiónica y aniónica), rica en bicarbonatos, se combina con la salmuera proveniente de la etapa de ablandamiento, con alto contenido en calcio y magnesio, para su valorización mediante su precipitación en forma de carbonatos. De este modo, se obtiene un sólido que puede ser incorporado a la cadena de valor aumentando la viabilidad del proceso desarrollado en este proyecto. Además, la corriente de agua desmineralizada resultante puede ser reincorporada al proceso o empleada como fuente de agua para consumo, cerrando así el ciclo del agua y optimizando el uso de los recursos constituyendo un sistema de rechazo de líquido cero.

Etapa 5. Valorización del flujo de hidrógeno.

El hidrógeno producido en el proceso electroquímico debe someterse a una etapa de purificación para eliminar impurezas como el amoníaco o la humedad. El hidrógeno purificado se almacena en forma de hidruros metálicos y se utiliza posteriormente en una pila de combustible de membrana de intercambio protónico para generar electricidad de manera limpia y eficiente. En este dispositivo, el hidrógeno se oxida electroquímicamente en el ánodo, generando protones y electrones que, a través de un electrolito polimérico, alcanzan el cátodo, donde se combinan con el oxígeno para formar agua. Este proceso electroquímico permite convertir la energía química del hidrógeno en energía eléctrica sin generar emisiones contaminantes.

Etapa 6. Hibridación con energías renovables.

El proceso planteado demanda un consumo considerable de energía eléctrica, el cual puede ser cubierto mediante la integración de fuentes de energía renovable, tales como paneles solares fotovoltaicos. Adicionalmente, el sistema de desnitrificación genera como subproducto una corriente de hidrógeno de alta pureza, la cual puede ser aprovechada en pilas de combustible que emplean aire e hidrógeno como reactivos. De esta manera, se logra reducir significativamente el consumo de energía eléctrica del proceso global, promoviendo así un sistema más sostenible y eficiente.

RESULTADOS

En la primera fase del proyecto, se llevó a cabo un análisis detallado de las salmueras del proceso de EDR procedentes de la estación de tratamiento de agua potable (ETAP) de Gandía. Estas muestras se caracterizaron por presentar elevadas concentraciones de nitratos y dureza. Además, los resultados obtenidos revelaron que la composición de estas salmueras presenta variaciones en función de las condiciones operativas de la planta y del agua de entrada del proceso. No obstante, las muestras se caracterizaban por valores de pH cercano a la neutralidad, conductividades sobre 4.000 $\mu\text{S}/\text{cm}$, durezas elevadas (aproximadamente 300 $^\circ\text{F}$), concentraciones de nitratos de alrededor de 400 mg/L y presencia significativa de sulfatos, cloruros y bicarbonatos, principalmente en forma de sales sódicas, de hasta 2-3 g/L. En estos momentos se dispone de un prototipo a escala preindustrial capaz de tratar un caudal de 2 $\text{m}^3/\text{día}$ proveniente de un agua de rechazo de la planta de EDR con una concentración de nitratos aproximadamente 400 mg/L y una dureza de unos 290 $^\circ\text{F}$. En la Figura 4 se presentan los principales resultados del proceso.

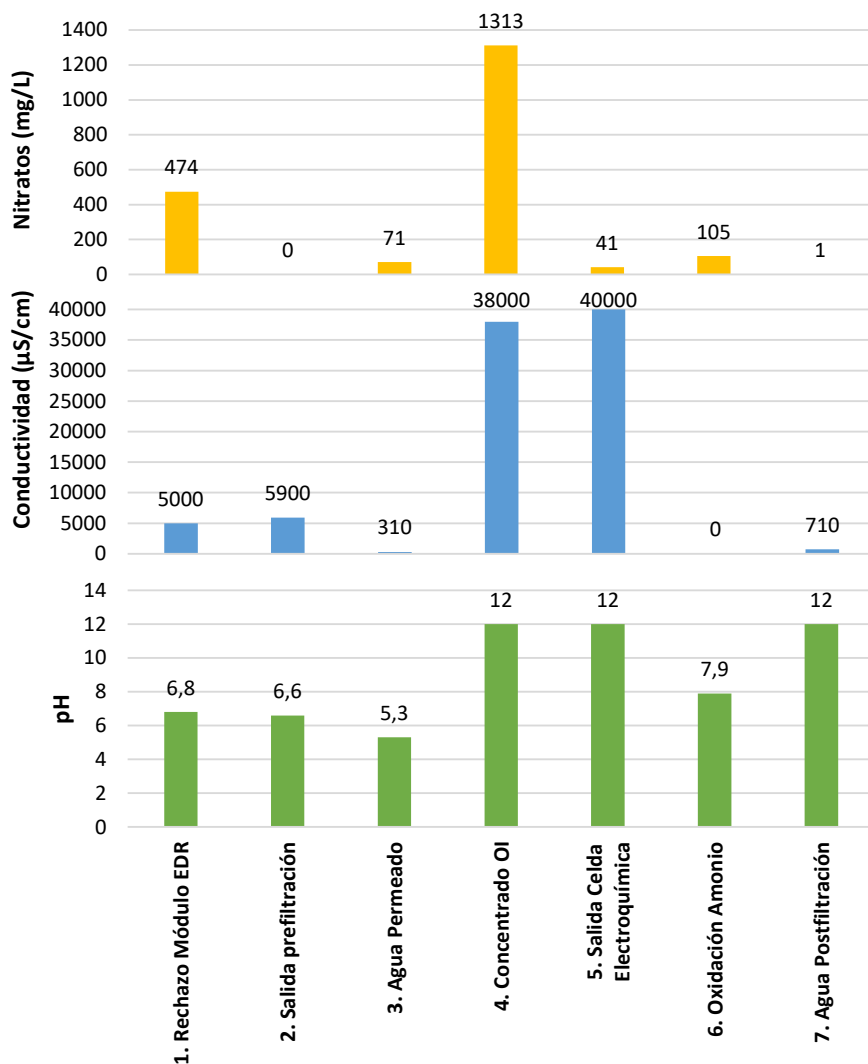


Figura 4. Concentraciones de nitratos, conductividad y pH en las diferentes etapas del proceso.

El pretratamiento del agua mediante intercambio iónico se reveló como una etapa esencial para optimizar el proceso de desnitrificación electroquímica. En esta operación se ha utilizado resina catiónica tipo IRC Amberlita la que se regenera con una solución de NaCl al 10% en el mismo sentido flujo. La implementación de esta etapa en el proceso permitió evitar la posterior incrustación de las sales en los electrodos de la celda electroquímica.

A continuación, se implementó un sistema de ósmosis inversa de doble etapa, compuesto por una membrana de 4 pulgadas LG BW4040ES operada a 10 bar en la primera etapa y una segunda membrana de 4 pulgadas LG BW4040R operada a 18 bar. Este diseño incluyó un tanque intermedio para actuar como tampón que a pesar de implicar un incremento en el consumo energético permitió la evaluación de la recirculación del flujo concentrado de cada una de las dos etapas de forma independiente. De este modo se permitía alcanzar una mayor concentración de nitratos a la salida de esta operación. Los análisis de laboratorio revelaron concentraciones de nitrato cercanos a 1300 mg/L, conductividad de 38.000 $\mu\text{S}/\text{cm}$ (Figura 4) y concentraciones de cloruro superiores a 2.550 mg/L.

La celda de desnitrificación electroquímica estaba compuesta con una membrana Nafion® 450 (área geométrica: 3300 cm^2). Se determinó que para tratar un volumen de 50 L era necesario aplicar una corriente de 165 A durante tres horas con una diferencia de potencial de 16,5 V entre los dos electrodos. Estas condiciones de operación permitieron obtener una corriente acuosa de salida de la celda con una concentración de nitratos menor de 50 mg/L (por debajo del límite establecido en la legislación vigente). De este modo, esta etapa permitió eliminar más de un 97% del nitrato presente a nitrógeno gas. Estos resultados demuestran que la aplicación de la desnitrificación electroquímica es una solución efectiva para eliminar el nitrato y reducir su impacto en la salud humana y el medio ambiente.

De forma complementaria a la etapa de desnitrificación electroquímica y con el objetivo de aumentar la sostenibilidad energética del proceso, se desarrolló e implementó un sistema de captación y almacenamiento de hidrógeno mediante hidruros para aprovechar el hidrógeno producido durante esta etapa. Este sistema tiene la capacidad de producir 0,45 kWh por metro cúbico de agua tratada. Se prevé que el aprovechamiento energético de la planta piloto aumente considerablemente con la instalación de un sistema fotovoltaico complementario.

Tras eliminar el nitrato en la etapa de desnitrificación se añadió una etapa de post-filtración con el objetivo de modular la composición salina del agua a las necesidades posteriores de uso. De este modo, se introdujo una doble etapa de filtración mediante resinas de intercambio iónico (catiónica y luego aniónica) reduciendo la conductividad en un 99% (Figura 4). La combinación de las soluciones de lavado de las etapas de ablandamiento y desmineralización resulta en la precipitación de las sales cálcicas y magnésicas en forma de carbonato. De esta forma, se obtiene una corriente con menor concentración de sales que puede empleada en otros usos y dando lugar en un proceso con una mínima descarga de agua. Además, la recuperación de las sales disueltas en forma de sólido permite su introducción en la cadena de valor y recircularizar los desechos del proceso.

CONCLUSIONES

Los ensayos realizados a escala piloto demuestran la viabilidad de esta innovadora tecnología de tratamiento de aguas. Con el objetivo de escalar esta solución a nivel industrial, se ha puesto en marcha el proyecto LIFE ELEKTRA, respaldado por la Comisión Europea a través del programa LIFE. Este proyecto tiene como meta duplicar la capacidad de tratamiento de la planta piloto.

El principal caso de estudio se encuentra en la ciudad española de Gandía, donde actualmente se está desarrollando esta tecnología. Sin embargo, la variabilidad en las características físico-químicas del agua a tratar requieren de la validación de esta tecnología en otros entornos con problemáticas similares en cuanto a la contaminación por nitratos, pero con contextos distintos. De este modo se han planteado dos casos de estudio para validar el proceso desarrollado. El primero se sitúa en La Aldea de San Nicolas, Gran Canaria (España) donde se han encontrado concentraciones de nitratos que cuadruplican la concentración máxima permitida por ley. En este caso, la contaminación presente en esta zona es atribuible tanto a la contaminación difusa procedente de actividades agrícolas intensivas como a los vertidos no conectados a la red de saneamiento debido al desarrollo urbano.

El segundo caso de estudio se sitúa en la población de Mgarr (Malta). Esta isla mediterránea cuenta con una significativa contaminación por nitratos alcanzando más del doble de la concentración permitida debido a la agricultura intensiva. En estos momentos, el abastecimiento de la isla depende de plantas desaladoras. Estas instalaciones emplean procesos de ósmosis inversa que demandan una gran inversión en términos de operación y mantenimiento.

Los estudios de caso presentados demostrarán la viabilidad técnica y económica de esta solución. Este proceso presenta un alto grado de autosuficiencia energética gracias a la valorización del hidrógeno generado en el proceso y a la potencial integración de sistemas fotovoltaicos. Asimismo, la recuperación de los desechos del agua potable mediante carbonatos permitirá incrementar la viabilidad económica al obtener un producto que puede introducirse fácilmente en la cadena de valor.

AGRADECIMIENTOS

Este proyecto está cofinanciado por la Unión Europea a través del Programa LIFE con el número de expediente 101113771 - LIFE22/ENV/ES LIFE ELEKTRA.

BIBLIOGRAFÍA

- [1] AEMA Report No 7/2018 (2018). *European Waters. Assessment of status and pressures 2018*. ISBN: 978-92-9213-947-6.
- [2] AEMA – Comisión Europea (2021). *INFORME DE LA COMISIÓN AL CONSEJO Y AL PARLAMENTO EUROPEO sobre la aplicación de la Directiva 91/676/CEE del Consejo, relativa a la protección de las aguas contra la contaminación producida por nitratos utilizados en la agricultura, basado en los informes de los Estados miembros para el*

período 2016-2019. COM(2021) 1000 final.

- [3] Apte, M.; Nadavade, N.; Sheikh, S.S. (2024). A review on nitrates' health benefits and disease prevention. *Nitric Oxide*, 142, 1-15. <https://doi.org/10.1016/j.niox.2023.11.003>.
- [4] Comly, H.H., MD. (1945). *Cyanosis in Infants Caused by Nitrates in Well Water*. *JAMA*. 129(2), 112-116. <https://doi.org/10.1001/jama.1945.02860360014004>
- [5] Jacobsen B.H.; Hansen, Schullehner, B. J. (2024). *Health-economic valuation of lowering nitrate standards in drinking water related to colorectal cancer in Denmark*. *Science of The Total Environment*, 906, 167368, <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2023.167368>.
- [6] Organización Mundial de la Salud - World Health Organisation (WHO) (2011). *Guidelines for drinking-water quality*. 4th ed Geneva. ISBN: 978-92-4-154995-0.
- [7] DOUE – Diario Oficial de la Unión Europea (2020). *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*.
- [8] BOE - Boletín Oficial del Estado (2023). Real Decreto 3/2023, de 10 de enero, por el que se establecen los criterios técnico-sanitarios de la calidad del agua de consumo, su control y suministro.
- [9] Archana, Sharma S. K., Sobti R. C. (2011). *Nitrate removal from ground water: a review*. *Journal of chemistry*, 9(4), 1667-1675.

Contacto

Nombre y apellidos: María Pedro Monzonís

Empresa: Aguas de Valencia S.A.

Dirección: C/ Pedrapiquers, 4 46014 Valencia

Teléfono: +34 674 768 437

Email: mapemo@globalomnium.com