

**PLA DE RECERCA / PLAN DE INVESTIGACIÓN
CURS / CURSO 2022-23**

Candidat o candidata a doctor / Doctorando o doctoranda Francisco Javier Sanchis Carbonell	
DNI, Passaport, NIE / DNI, Pasaporte, NIE 21482481K	Correu electrònic / Correo electrónico fjsc16@alu.ua.es
Programa de doctorat / Programa de doctorado DOCTORADO EN ELECTROQUÍMICA. CIENCIA Y TECNOLOGÍA	
Línea de recerca / Línea de investigación Electroquímica del medio ambiente.	
Títol de la tesi / Título de la tesis Proceso global para la eliminación electroquímica de nitratos, con aprovechamiento energético del hidrógeno obtenido y valorización del contenido salino residual para la recuperación del agua de rechazo de plantas de electrodialisis reversible.	

**MEMÒRIA DEL PLA DE RECERCA
MEMORIA DEL PLAN DE INVESTIGACIÓN**

1. Antecedents i estat actual del tema / Antecedentes y estado actual del tema

Los nutrientes como el nitrógeno (N) y el fósforo (P) son elementos esenciales para las plantas. A menudo se utilizan como fertilizantes en la agricultura para garantizar mayores rendimientos y productos de calidad. Sin embargo, la creciente demanda en la producción de alimentos ha requerido un mayor uso de fertilizantes, en muchos casos con ineficiencias en cuanto a su dosificación considerables, lo que lleva a la contaminación del agua, el aire y el suelo, afectando la salud humana y el medio ambiente.

A nivel global, los excedentes de N y P en el medio ambiente ya están superando los límites de seguridad, lo que representa una grave amenaza para la naturaleza y el clima[1]. Europa contribuye considerablemente a esta forma de contaminación y la Agencia Europea de Medio Ambiente (AEMA) estima que en Europa el límite de pérdidas de N se supera por un factor de 3,3 y el límite de pérdidas de P por un factor de 2[2] .

Según el último informe sobre el estado de las aguas en Europa publicado por la AEMA, los nitratos se consideraban el principal contaminante en la UE, afectando a más del 18% de la superficie de las masas de agua subterránea, siendo la agricultura la principal causa de que las masas de agua subterráneas no alcancen un buen estado químico[3]. Concentraciones de nitrato superiores a 50 ppm son muy perjudiciales para bebés, fetos y personas con problemas de salud [4]. En el cuerpo, los nitratos se convierten en nitritos tóxicos, lo que aumenta el riesgo de cáncer y puede provocar una metahemoglobinemia potencialmente mortal, especialmente en los bebés. En lo que respecta a los ecosistemas, los nitratos y el fósforo en las aguas superficiales pueden conducir a la eutrofización. El exceso de nutrientes hace que las plantas y otros organismos crezcan en abundancia, consumiendo grandes cantidades de oxígeno disuelto y afectando la calidad del agua.

Las estrategias Biodiversity[5] y Farm to Fork[6] establecen el objetivo común de reducir las pérdidas de nutrientes en el medio ambiente en al menos un 50 % para 2030, preservando al mismo tiempo la fertilidad del suelo. La Directiva del Consejo 91/676/EEC[7] relativa a la protección de las aguas contra la contaminación causada por los nitratos de fuentes agrícolas (Directiva sobre nitratos) es una pieza clave de la legislación para lograr este objetivo y otros objetivos del Pacto Verde de la UE[8].

La Directiva sobre nitratos constituye también una medida básica en el marco de la Directiva marco sobre el agua (DMA)[9], que exige que todas las aguas superficiales europeas (lagos, ríos, aguas de

transición y costeras y aguas subterráneas) alcancen el “buen estado” a más tardar en 2027. Junto con la Directiva de Tratamiento de Aguas Residuales (UWWTD, se espera que se publique una nueva versión durante 2022, con la fase de consulta pública ya cerrada)[10], la Directiva de Nitratos juega un papel clave en la mejora del estado de las masas de agua de la UE, ya que la contaminación por nutrientes es uno de los principales causas de fracaso del buen estado. Además, la Directiva sobre nitratos es un instrumento esencial para prevenir la contaminación por nutrientes de las aguas costeras y marinas en el marco de la Directiva marco sobre la estrategia marina (MSFD)[11].

Desafortunadamente, la contaminación por nitratos es un problema que afecta a casi todos los Estados miembros de la UE, como se muestra en el último informe de la Comisión al Consejo y al Parlamento Europeo sobre la implementación de la Directiva sobre nitratos basado en los informes de los Estados miembros. para el período 2016-2019[12].

Las conclusiones de este informe indican que la implementación y el cumplimiento de la Directiva sobre nitratos ha detenido el incremento en las pérdidas de nutrientes de la agricultura en los últimos 30 años. La evidencia permite concluir que sin la Directiva los niveles de contaminación del agua en la UE hubieran sido significativamente más altos. Los datos sobre la concentración de nitratos a nivel de la UE muestran que la calidad de las aguas subterráneas ha mejorado desde la adopción de la Directiva, sin embargo, la mejora adicional va muy lentamente desde 2012. Esto puede interpretarse como que las primeras medidas ya se han implantado y ahora habría que acometer medidas de mayor alcance, para mejorar la tendencia positiva. Un alto porcentaje de las estaciones de control de aguas subterráneas siguen mostrando niveles por encima del máximo de 50 mg de nitrato/l en Malta, Alemania, Luxemburgo, España, Portugal y Bélgica (región de Flandes).

Según la Organización Mundial de la Salud (OMS), el nivel máximo permitido de nitratos en el agua potable es de 50 mg/l[13]. Este valor también está incluido en la Directiva de Agua Potable[14] y otras regulaciones nacionales. Esta restricción se justifica por el hecho de que la ingestión de cantidades considerables de estas sustancias puede suponer un riesgo para la salud, ya que se han relacionado con patologías como la metahemoglobinemia, el cáncer o trastornos del sistema endocrino.

En muchos casos, para evitar que la población se vea expuesta a la contaminación por nitratos, ha sido imperativo cambiar la fuente de abastecimiento de agua para la producción de agua potable o aplicar tratamientos específicos para eliminar contaminantes durante los procesos de tratamiento de agua potable. Estas medidas han supuesto habitualmente un aumento del coste de producción de agua potable, que ha sido asumido por los usuarios urbanos afectados por la contaminación.

A pesar de los esfuerzos realizados para prevenir la contaminación por nitratos, todavía existen procedimientos de infracción contra los Estados miembros por parte de la Comisión Europea, incluidos Bélgica, Alemania, Italia y España. Como resultado, en 2020 España revisó y designó Zonas Vulnerables por Nitratos, incluyendo ciudades como Gandía, caso de estudio de la presente tesis doctoral, y muchas otras en la Comunidad Valenciana.

Según el último Informe de implementación de la Directiva sobre nitratos, publicado en octubre de 2021, entre 2016 y 2019, más del 20 % de las estaciones de agua subterránea de Dinamarca, España y Malta siguieron midiendo más de 50 mg/L de nitratos. A nivel europeo, el 14,1% de las estaciones de aguas subterráneas seguían midiendo valores superiores a 50 mg/L, superando los valores registrados en el periodo anterior, que fue del 13,2%.

Toda esta información pone de manifiesto la dura realidad de la gestión de los nitratos, a pesar de los esfuerzos que han realizado y están realizando los diferentes Estados miembros, aún es necesario tomar más medidas para reducir el impacto de este contaminante. Todos estos desafíos se vuelven aún más importantes cuando se tiene en cuenta el contexto socioeconómico en el que se encuentra Europa tras la crisis pandémica del SARS-CoV-2. Tras la publicación del Reglamento (UE) 2021/1119 en junio de 2021, que establece el marco para lograr la neutralidad climática en el año 2050, Europa se encuentra en medio de una crisis energética que subraya aún más la urgencia de desarrollar y expandir las energías renovables para reducir la dependencia de los combustibles fósiles, especialmente de aquellos recursos que provienen del exterior, al mismo tiempo que se frenan los efectos del cambio climático.

TECNOLOGÍAS PARA LA ELIMINACIÓN DE NITRATOS

Actualmente existen varias técnicas para la eliminación de nitratos en las aguas. Estos se pueden clasificar de la siguiente manera:

Técnicas de separación. Son los más utilizados en la actualidad para el tratamiento de aguas naturales contaminadas por nitratos y aunque dan muy buenos resultados, no solucionan el problema ya que no transforman el nitrato en un compuesto inocuo, sino que generan una salmuera concentrada en nitratos, sin ningún valor económico y que deben ser tratados o almacenados adecuadamente. Estas técnicas son: electrodiálisis y electrodiálisis inversa (ED y RED), ósmosis inversa (RO) y Resinas de Intercambio Aniónico (AER).

Para la eliminación de estos contaminantes se suelen incorporar procesos de separación por membranas. El agua producida por estos procesos cumple con las limitaciones estipuladas en la Directiva (UE) 2020/2184. Sin embargo, el agua de rechazo generada contiene valores muy altos de concentración de nitratos. En la actualidad, esta salmuera no se trata y se vierte a la red de alcantarillado y posteriormente se trata en estaciones depuradoras de aguas residuales junto con el resto de aguas residuales generadas en las ciudades. La normativa para este tipo de vertidos es cada vez más estricta debido al impacto ambiental que tienen sobre el medio ambiente. Por tanto, es previsible que en un futuro próximo el alto contenido en nitratos de estas aguas residuales suponga el pago de cánones muy elevados o incluso impida su vertido.

Las técnicas de transformación tienen como objetivo transformar los nitratos en otros compuestos químicos inofensivos a través de medios biológicos o catalíticos. Los procesos biológicos se utilizan actualmente en el tratamiento de aguas industriales y residuales y se incorporan a muchas plantas de tratamiento, dando resultados muy satisfactorios. Aunque esta tecnología es apta para aguas residuales, no puede ser utilizada en procesos de tratamiento de agua en los que se pretende obtener un caudal tratado para su uso como agua potable, ya que puede existir riesgo de posible contaminación bacteriana del agua tratada y presencia de residuos orgánicos después del tratamiento.

Como respuesta a los problemas antes mencionados, los procesos electroquímicos surgen de la necesidad de emplear tecnologías de cero contaminación para proteger la salud de las personas, el medio ambiente y los recursos naturales, al mismo tiempo que brindan una solución rentable. En concreto, la desnitrificación electroquímica es una técnica de transformación basada en procesos catalíticos que permite depurar una corriente acuosa con una determinada carga de nitrógeno en forma de nitrato (incluidas las corrientes concentradas de rechazo) reduciéndola a nitrógeno, sin generar residuos. Este proceso es un caso específico de desnitrificación catalítica y aporta una ventaja de eficiencia y compatibilidad medioambiental frente a la catálisis clásica. Aunque esta técnica aún no es comercial, se está estudiando como una alternativa a las técnicas tradicionales de separación.

INVESTIGACIONES PREVIAS:

Este proyecto se presenta como continuación de la investigación realizada durante el transcurso de la tesis doctoral de Ignacio Sanjuán, cofinanciada por la Universidad de Alicante y la empresa Aguas de Valencia S.A. A lo largo de este trabajo de tesis doctoral se estudió a nivel fundamental el proceso de desnitrificación evaluando materiales y diseños electrocatalíticos. Se ha encontrado una formulación de materiales muy interesante que permite la transformación del NO_3^- presente en el agua en N_2 de forma muy selectiva. La principal innovación explorada en la reducción electroquímica de nitratos (NER) fue el uso de combinaciones Bi-Sn, buscando efectos sinérgicos entre los metales. Se prepararon por colada cátodos caseros de la aleación eutéctica $\text{Bi}_{58}\text{Sn}_{42}$, aprovechando su bajo punto de fusión. En condiciones prácticas, la combinación de metales $\text{Bi}_{58}\text{Sn}_{42}$ mostró una mayor actividad y selectividad hacia la electrorreducción directa de NO_3^- a N_2 gaseoso que cada metal por separado, lo que destaca a este material como prometedor para el tratamiento del agua de rechazo RED. Esto ha permitido proteger este saber hacer a través de una patente de la Universidad de Alicante (P201831267), que se ha extendido a nivel internacional [15] y ya ha recibido un informe de

búsqueda internacional positivo afirmando que todas las reivindicaciones tienen novedad y actividad inventiva.

2. Bibliografia més rellevant / Bibliografía más relevante

- [1]. Steffen, W., et al., (2015). Planetary boundaries: guiding human development on a changing planet. *Science*, 347 (6223), p.1259855.
- [2] Joint EEA/FOEN Report (2020). Is Europe living within the limits of our planet? An assessment of Europe's environmental footprints in relation to planetary boundaries.
- [3] EEA Report No 7/2018 (2018). European Waters. Assessment of status and pressures 2018. ISBN: 978-92-9213-947-6.
- [4] Comly, H.H., MD. (1945). "Cyanosis in Infants Caused by Nitrates in Well Water." *JAMA* 129: 112-116.
- [5] Communication from the Commission – EU Biodiversity Strategy for 2030 – Bringing natura back into our lives, COM/2020/380 final.
- [6] Communication from the Commission – A Farm to Fork Strategy for a fair, healthy and environmentally-friendly food system, COM/2020/381 final.
- [7] Council Directive (91/676/EEC) concerning the protection of waters against pollution caused by nitrates from agricultural sources.
- [8] Communication from the Commission – The European Green Deal, COM/2019/640 final.
- [9] Directive 2000/60/EC of the European Parliament and of the Council of 23 October 2000 establishing a framework for Community action in the field of water policy.
- [10] Council Directive concerning urban waste water treatment (91/271/EEC).
- [11] Directive 2008/56/EC establishing a framework for community action in the field of marine environmental policy.
- [12] European Commission (2021). Report from the Commission to the COuncil and the European Parliament on the implementation of Council Directive 91/676/EEC concerning the protection of waters against pollution caused by nitrates from agricultural sources based on Member State reports for the period 2016–2019, COM (2021) 1000 final.
- [13] World Health Organisation (WHO) (2011). Guidelines for drinking-water quality. 4th ed Geneva. ISBN: 978-92-4-154995-0.
- [14] 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.
- [15]<https://worldwide.espacenet.com/patent/search/family/066518960/publication/WO2020128121A1?q=pn%3DWO2020128121A1>
- [16] DIRECTIVE (EU) 2018/2001 on the promotion of the use of energy from renewable sources.

3. Objectius de la investigació / Objetivos de la investigación

El objetivo principal de la tesis consiste en establecer y demostrar, a escala industrial, un proceso global con diferentes tecnologías entre las que la desnitrificación electroquímica sea capaz de eliminar el contenido en nitratos de las corrientes de rechazo generadas en los procesos de membrana. Además, el proceso global permitirá tratar el resto de componentes iónicos presentes en el agua para su posterior valorización, conformando un proceso dirigido al Vertido Líquido Cero al medio ambiente.

Desde un punto de vista energético, la corriente de gas hidrógeno de alta pureza obtenida en el proceso de desnitrificación se utilizará para alimentar una pila de combustible y se prevee acoplar energía solar fotovoltaica al proceso de desnitrificación como fuente de suministro de corriente continua requerida por el reactor electroquímico que lleva a cabo el proceso de desnitrificación. Este último aspecto de hibridación energética redundará en minimizar el uso de energías fósiles en el proceso propuesto, motivado por la Directiva 2018/2001[16].

Una de las principales ventajas que se derivan de esta tecnología es la posibilidad de eliminar las sales disueltas en la corriente de rechazo, a diferencia de las tecnologías de membranas por sí solas, que solo son capaces de separarlas. Si, además, el agua tratada se recircula a la cabecera, el tratamiento avanzado de agua se convierte en un proceso de descarga de líquido cero (ZLD). También

se prestará especial atención a la valorización de los residuos sólidos generados, que pueden tener impacto en otros sectores industriales.

Las reacciones de desnitrificación electroquímica requieren una fuente de energía para el proceso. Para ello, y con la intención de reducir el consumo energético externo, se diseñará una etapa de captación, concentración y almacenamiento de hidrógeno gaseoso, subproducto producido en el proceso de desnitrificación. De esta forma, será posible una hibridación renovable con energía producida en una batería de hidrógeno.

Los tratamientos de agua salobres basados en membranas, como la osmosis inversa y la electrodiálisis reversible, tienen una recuperación del agua entre el 75 y el 90%, generando una corriente de rechazo con una alta concentración de sales que debe descargarse al medio ambiente si la infraestructura no permite su tratamiento. Sin embargo la legislación y los reglamentos que rigen dicha descarga son cada vez más estrictos y se espera que sean más restrictivos en un futuro próximo hasta el punto de limitar o incluso prohibir la descarga. Como consecuencia, las instalaciones tendrán que ser capaces de tratar todo el caudal de rechazo de los procesos de membranas, aumentando el coste económico y comprometiendo la rentabilidad de las instalaciones.

La tesis permitirá optimizar una tecnología que ayudará no sólo mejorar el recobro del caudal tratado en la planta, sino también a minimizar el impacto ambiental asociado al vertido de las aguas residuales generadas, mediante la recirculación del agua tratada a la cabecera de la planta. Esta tecnología podría implementarse en muchas de las áreas vulnerables a los nitratos.

Específicamente los objetivos de la tesis son los que siguen a continuación:

1. Recuperación del agua de rechazo con altas concentraciones en nitratos, del proceso de potabilización de las plantas de Electrodiálisis Reversible.
2. Eliminación de nitratos por vía electroquímica.
3. Valorización de residuos obtenidos en el proceso.
4. Valorización de la corriente de hidrógeno e hibridación de tecnologías de generación fotovoltaica.

4. Metodologia, hipòtesi i planificació temporal / Metodología, hipótesis y planificación temporal

Para llevar a cabo los objetivos planteados, será necesario diseñar un proceso innovador para el tratamiento del agua de rechazo de la planta RED, que elimine los nitratos, valore los residuos sólidos generados y con el objetivo de rechazo líquido cero, optimizando el consumo energético.

La masa de agua subterránea en la población de Gandia, está contaminada por la infiltración de productos utilizados en la agricultura intensiva como nitratos y plaguicidas, superando el valor máximo permitido de 50 mg/l en nitratos indicado en el RD 140/2003. Este agua con nitratos se potabiliza en la planta de electrodiálisis reversible y carbón activado granular para recuperar el 90% del agua de suministro a la población con un contenido guía de 25 ppm en nitratos. El 10% restante del agua con alta concentración de nitratos se vierte al saneamiento urbano para su tratamiento en la estación depuradora de aguas residuales (EDAR) del municipio. La propuesta de la tesis es validar la tecnología de desnitrificación electroquímica a escala piloto industrial en su aplicación para el tratamiento de flujos de rechazo con alto nivel de iones generados por una planta RED.

El agua de rechazo tiene una concentración típica:

Parametro	Unidades	Rechazo
Bicarbonatos	mg/l HCO ₃	>732
Calcio disuelto	mg/l Ca	755
Magnesio disuelto	mg/l Mg	240
Nitratos	mg/l NO ₃	420
pH	u. pH	7.0
Conductividad a 20°C	µS/cm	4.000
Sodio disuelto	mg/l Na	50

METODOLOGIA:

La investigación que se realizará en la tesis se basa en los principios de la desnitrificación electroquímica para la eliminación de nitratos junto con el equilibrio de intercambio iónico y la química de procesos, ofreciendo soluciones sistémicas para reducir la concentración de nitratos en el ciclo integral del agua de forma eficiente y sostenible a través de las siguientes actuaciones:

Etapas 1. Pretratamiento de ablandamiento de agua de rechazo.

El alto grado de dureza en torno a 750 mg/l de Ca y 250 mg/l de Mg, que tiene el agua de rechazo de la planta de RED supone un problema cuando se utiliza una técnica electroquímica para la eliminación de nitratos, ya que las reacciones electroquímicas que tienen lugar en el cátodo forzarían la precipitación de sales insolubles en su superficie o en la membrana, provocando una obstrucción y disminución de la eficiencia. El prototipo propuesto para la planta piloto preindustrial utilizará una resina de intercambio iónico que será regenerada con NaCl. La solución obtenida en este proceso de regeneración se prevé utilizarla para recuperar el carbonato de calcio del agua de rechazo de la celda electroquímica.

Etapas 2. Concentración nitratos previa a la desnitrificación.

Con el fin de optimizar la eficiencia energética en la reducción de nitratos, se implantará un tratamiento de ósmosis inversa del agua una vez descalcificada y previo a la desnitrificación electroquímica, con el objetivo de incrementar la concentración de entorno 420 ppm a cerca de 1600 ppm de nitratos. Este enfoque permite concentrar las sales, incluido el NO_3 , lo que aumentará la producción de agua tratada según el grado de concentración. No se descarta el empleo de otros materiales para la captación y concentración de iones nitrato como son las resinas de intercambio iónico selectivas a iones nitrato.

Etapas 3. Desnitrificación electroquímica.

El objetivo de esta etapa será la transformación selectiva de los iones nitrato en nitrógeno gas. Para ello se determinará la densidad de corriente óptima a aplicar así como el pH que maximice la eficiencia del proceso de desnitrificación electroquímica. Como cátodo se empleará un electrodo tridimensional de la aleación Bi58Sn42 y como ánodo un electrodo denominada DSA-O2 compuesto por óxidos de iridio conductores.

Etapas 4. Post-tratamiento de desmineralización.

Con el objetivo de recircular el flujo a cabecera la de la planta RED, será necesario eliminar los iones en un proceso de postratamiento, pasando por una columna de intercambio aniónico en forma de OH^- y luego por una columna de intercambio catiónico en forma de H^+ . Para eliminar el CO_3H^- del agua obtenida del tratamiento con resinas aniónicas y catiónicas, se precipitaría en forma de CaCO_3 realizando un aporte externo de Ca^{2+} procedente de la regeneración de la resina en la etapa 1 de ablandamiento del proceso. La corriente de desmineralización que se obtendría podría ser convenientemente diluida e integrada en todo el sistema y el residuo de la regeneración de la resina catiónica en forma de H^+ podría utilizarse para la regeneración de esta resina en forma de Na^+ utilizada en la etapa primera de ablandamiento.

Etapas 5. Valorización de la corriente de hidrógeno.

En cuanto a la generación de hidrógeno, considerando la pureza requerida, se necesitaría una etapa inicial de pretratamiento para eliminar la humedad y las impurezas de la corriente a tratar. La corriente purificada necesitaría ajustar las condiciones neumáticas del suministro de gas al sistema de almacenamiento. La corriente debería presurizarse desde la presión atmosférica para permitir su almacenamiento en cilindros de gas recargables de hidruros metálicos ultracompactos. Gracias a la absorción de hidrógeno mediante mezcla calibrada de hidruros metálicos, el gas se almacenaría de forma segura y certificada. Los hidruros metálicos pueden tener una capacidad de almacenamiento de 600 litros y una presión de llenado entre 5-12 bar. Finalmente, el gas almacenado se entregaría a la chimenea que consiste en un sistema de celda de combustible de membrana de intercambio de protones (PEM) para la producción de corriente eléctrica con cero emisiones donde el hidrógeno se convierte en energía eléctrica en un solo paso electroquímico altamente eficiente.

Etapas 6. Hibridación con energías renovables.

El proceso propuesto en la tesis requiere un consumo intensivo de energía eléctrica para alimentar todo el proceso que puede ser suministrado por la hibridación con energías renovables, en esta etapa determinaríamos el porcentaje de renovable respecto del requerido en el proceso.

Planificación temporal del trabajo a desarrollar en el tiempo de duración previsto para la tesis:

- Fase I: Estudio del estado del arte.
- Fase II: Desarrollo y optimización del proceso de ablandamiento, y de la filtración post-tratamiento, junto con la valorización de residuos.
- Fase III: Desarrollo y optimización del proceso de desnitrificación electroquímica, con generación de hidrógeno.
- Fase IV: Diseño, construcción y puesta en marcha de una planta piloto industrial con aguas de rechazo de la planta de Eelectrodíálisis Reversible.
- Fase V: Análisis de resultados y conclusiones.

5. Impacte esperat/ Impacto esperado

El impacto esperado de la tesis es el la reducción de la concentración de nitratos en el ciclo integral del agua, creando un sistema integrado, innovador, sencillo, económico, sostenible y transferible basado en el uso de la desnitrificación electroquímica para eliminar los nitratos hacia su conversión en nitrógeno gas, al tiempo que se potencia la descarbonización del proceso mediante análisis de integración de energía renovable centrado en fotovoltaica e hidrógeno y otros medios de optimización.

La tesis pretende un nuevo enfoque sobre soluciones del tratamiento del agua con elevadas concentraciones en nitratos, para prevenir los efectos de la contaminación en las masas de agua, asegurando el correcto abastecimiento de agua en cantidad y calidad y aprovechando un recurso renovable para la generación de energía limpia.

El desarrollo de la tesis permitirá la elaboración de publicaciones en revistas científicas de alto impacto, participar en congresos científicos, así como el desarrollo de patentes, dada la innovación del proceso.

Adicionalmente al realizarse la tesis en colaboración con el grupo de investigación MINTOTA de la Universidad de Valencia, el grupo de investigación de Electroquímica Aplicada y Electrocatálisis de la Universidad de Alicante, y la empresa Aguas de Valencia, S.A., permitirá trasladar los resultados a los municipios donde gestiona el servicio de abastecimiento de agua potable, así como a los municipios del área mediterránea que tengan el mismo problema de presencia de nitratos.

En conclusión, la tesis pretende contribuir a la transición hacia una economía eficiente en el uso de los recursos, la protección y mejora de la calidad del medio ambiente.

6. Implicacions ètiques o de bioseguretat/ Implicaciones éticas o de bioseguridad.

Indique si la memòria contempla algun dels següents aspectes que puguin tenir implicacions ètiques o relatives a la bioseguretat:

Indique si la memoria contempla alguno de los siguientes aspectos que puedan tener implicaciones éticas o relativas a la bioseguridad:

- A. Recerca en humans o utilització de mostres biològiques d'origen humà
Investigación en humanos o utilización de muestras biológicas de origen humano
Si ☐ No ☒
- B. Utilització de cèl·lules troncales embrionàries humanes, o línies derivades d'elles

Utilització de cèl·lules troncales embrionàries humanes, o línies derivades de elles

Si ☐ No ☒

C. Assaigs clínics

Ensayos clínicos

Si ☐ No ☒

D. Ús de dades personals, informació genètica, uns altres

Uso de datos personales, información genética, otros

Si ☐ No ☒

E. Experimentació animal

Experimentación animal

Si ☐ No ☒

F. Utilització d'agents biològics de risc per a la salut humana, animal o per al medi ambient

Utilización de agentes biológicos de riesgo para la salud humana, animal o para el medioambiente

Si ☐ No ☒

G. Ús confinat d'organismes modificats genèticament (OMG)

Uso confinado de organismos modificados genéticamente (OMG)

Si ☐ No ☒

H. Alliberament d'OMG

Liberación de OMG

Si ☐ No ☒

Si ha contestat afirmativament en alguna de les qüestions anteriors, explique els aspectes ètics referits a la recerca que es proposa, les consideracions, procediments o protocols a aplicar en compliment de la normativa vigent. En tot cas, la recerca en aquestes àrees requerirà de l'autorització del comitè d'ètica de la UA i/o dels organismes preceptius ([més informació](#)). Aquesta autorització, que ha de ser prèvia a l'inici dels treballs experimentals, serà exigible per al dipòsit de la tesi.

Si ha contestado afirmativamente en alguna de las cuestiones anteriores, explique los aspectos éticos referidos a la investigación que se propone, las consideraciones, procedimientos o protocolos a aplicar en cumplimiento de la normativa vigente. En todo caso, la investigación en estas áreas requerirá de la autorización del comité de ética de la UA y/o de los organismos preceptivos ([más información](#)). Esta autorización, que tiene que ser previa al inicio de los trabajos experimentales, será exigible para el depósito de la tesis.