

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

Candidat o candidata a doctor / Doctorando o doctoranda Vicent Ayala Andreu	
DNI, Passaport, NIE / DNI, Pasaporte, NIE 48787653F	Correu electrònic / Correo electrónico vicent.ayala@ua.es
Programa de doctorat / Programa de doctorado E022 - 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 INTEGRADO DE ELECTRODIÁLISIS-ELECTROCLORINACIÓN PARA EL TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES PARA USO AGRÍCOLA Y LA PROTECCIÓN DEL MEDIO AMBIENTE"	

MEMÒRIA DEL PLA DE RECERCA
MEMORIA DEL PLAN DE INVESTIGACIÓN

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

El agua es un bien muy escaso, sobre todo en zonas deficitarias como es el levante español. Precisamente, en estas zonas se han llevado a cabo grandes esfuerzos para reutilizar las aguas residuales y darles un uso apropiado y compatible con su naturaleza. Las Estaciones Depuradoras de Aguas Residuales (EDAR) de los municipios procuran depurar las aguas residuales urbanas con este fin. Uno de los retos más buscados es conseguir un agua tratada que pueda emplearse en el sector de la agricultura. La cercanía al mar de algunas poblaciones o ciudades provoca que las aguas residuales, una vez tratadas en la EDAR, sigan conteniendo un nivel de salinidad elevado. De hecho, un dato típico suele indicar que estas aguas residuales presentan conductividades entre 5-6 mS/cm debido a contenidos elevados de iones cloruro que suelen superar los 1500 ppm, cuando según la legislación para su vertido o uso agrícola no debería superar los 250 ppm. En ocasiones, las aguas tratadas suelen tener valores anómalos y altos del contenido en Escherichia Coli (una bacteria peligrosa) que se descompensa cuando las EDARs funcionan intensivamente. En resumen, existe la necesidad de encontrar una solución que asegure un proceso de "ZERO WASTE" gracias al cual las aguas residuales tratadas puedan tener un uso agrícola en consonancia con el Reglamento (UE) 2020/741 del Parlamento Europeo y del Consejo del 25 de mayo 2020 relativo a los requisitos mínimos para la reutilización del agua (entrada en vigor y aplicación el 26 de junio 2023). La búsqueda del estado del arte no ha arrojado la existencia de un proceso global que dé una solución idónea a la problemática descrita.

2. Bibliografia més rellevant / Bibliografía más relevante

Se ha consultado todo tipo de documentos, principalmente de la base de datos Scopus, relacionados con EDR y electroclorinación aplicada al tratamiento de aguas residuales, pero las dos grandes fuentes en las que se basa el plan de investigación son:

Valero Valero, D. M. (2014). Tratamiento de las aguas residuales de la industria de la almendra mediante técnicas electroquímicas: Estudio de la alimentación de los sistemas mediante energía solar fotovoltaica (Tesis doctoral, Universidad de Alicante). RUA: Repositorio Institucional de la Univesridad de Alicante. <http://rua.ua.es/dspace/handle/10045/44874>

Ortiz Díaz Guerra, J.M. (2009) Desalinización de aguas mediante sistemas de electrodiálisis alimentados directamente con energía solar fotovoltaica. Estudio de viabilidad y modelización (Tesis doctoral, Universidad de Alicante).

3. Objectius de la investigació / Objetivos de la investigación

Establecer un proceso global de afinado, y de “ZERO WASTE”, de las aguas residuales tratadas por una EDAR para que puedan ser empleadas en usos agrícolas cumpliendo las normativas europeas y nacionales existentes. El objetivo de “ZERO WASTE” forma parte del principio de la economía circular en el pequeño ciclo del agua, así como de la aplicación de un enfoque durable y responsable de la salud humana y del medio ambiente. Asimismo, se pretende incorporar, de forma eficiente, el uso de energías renovables como la solar fotovoltaica en el proceso global que se pretende optimizar.

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

La metodología que se empleará se centrará en la aplicación de la técnica de desalinización por electro-membranas denominada “electrodiálisis reversa” (EDR) que permite reducir de manera selectiva un contenido elevado de iones que pueden ser nefastos para los cultivos y suelos y que suelen estar presentes en las aguas residuales tratadas por la EDAR. Esta tecnología permite así, conservar los residuos con nutrientes que contiene el agua regenerada, y que son de gran valor para el desarrollo de los cultivos y la vida del suelo.

Las técnicas de membrana como ésta (EDR) reducen la salinidad, pero generan lo que se llama una corriente de “rechazo” o “concentrado” en la que se concentra el contenido salino eliminado de la corriente principal. Este “rechazo”, hoy en día, no ha encontrado una solución satisfactoria. La propuesta de este proyecto plantea que el rechazo, que tendrá un contenido elevado de cloruro, pueda ser convertido en hipoclorito que podrá ser empleado en muchas de las etapas de la propia EDAR ya que es un desinfectante muy utilizado. También podrá dosificarse en el agua regenerada y afinada por EDR para obtener la calidad microbiológica reglamentaria. De esta forma, el agua afinada servirá para usos agrícolas y el “rechazo” se usará como fuente de hipoclorito. Para esta última etapa, se plantea el diseño y la optimización de un reactor electroquímico alimentado con energía renovable como pueden ser los paneles fotovoltaicos (PFVs) en los que el grupo de investigación tiene una amplia experiencia.

El plan de trabajo sería:

Fase I. Escala laboratorio (Primer año o año y medio).

1. Testeo de un sistema EDR con membranas industriales, proporcionadas por la empresa que sustenta la ejecución de este proyecto de tesis doctoral
 - Eficiencias en materia y energía.
 - Ensuciamiento de membranas.
 - Composición del agua tratada y del rechazo obtenido
2. Diseño de un reactor electroquímico (ER) para el tratamiento de las aguas de rechazo (electrodos, necesidad de separadores)
3. Caracterización hidrodinámica y electroquímica del reactor
4. Optimización del funcionamiento del reactor electroquímico (densidad de corriente, pH, ...)
5. Determinación de parámetros experimentales necesarios para el modelizado del sistema EDR y ER-PFVs.

Fase II. Escala Piloto (si Fase I se valida) (Hasta la finalización de la tesis).

1. Funcionamiento de un sistema EDR piloto, proporcionado por la empresa, con las características obtenidas en la etapa anterior.
 - Capacidad de tratamiento: 1m³/día (entrada hasta 6mScm-1, salida 1mScm-1)
 - Modo de Operación Continuo.
2. Adecuación de un reactor electroquímico (ER) del grupo de investigación de la UA (escala piloto) usando los resultados obtenidos en la fase laboratorio.
3. Funcionamiento del ER:
 - Comprobación de los parámetros de funcionamiento usando corriente eléctrica continua obtenida de una fuente de alimentación convencional.

- **Comprobación del funcionamiento acoplado los PFVs necesarios para un funcionamiento autónomo del ER.**

4. Desarrollo de un modelo matemático de funcionamiento del sistema EDR y del ER-PFVs
En todos los casos, los experimentos se realizarán con aguas reales tratadas en una EDAR de un municipio que presente una problemática como la descrita en el capítulo de antecedentes.

5. Impacte esperat/ Impacto esperado

Diseñar una tecnología adecuada para implementar en las EDARs del levante español para minimizar el contenido en sales de las aguas y así poder aprovecharse para su uso agrícola.
Avanzar en la investigación del uso de la electrodiálisis y la electroclorinación para el tratamiento de aguas residuales.

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

Indique si la memòria contempla algun dels següents aspectes que puguen 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
Utilización de células troncales embrionarias humanas, o líneas derivadas de ellas
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.