



Defensa de Tesi Doctoral d'**Anna Vilajeliu Pons**

Carbon and nitrogen treatment in industrial wastewaters using bioelectrochemical systems

Directors: Dr. Sebastià Puig, Dra. Maria Dolors Balaguer i Dr. Jesús Colprim

Divendres 26 de maig de 2017 a les 11:00h

Parc Científic i Tecnològic de la Universitat de Girona, Auditori de l'edifici Jaume Casademont

Resum

La presència excessiva de carboni (matèria orgànica) i de nitrogen (amoni) en aigües residuals – tant d'origen municipal com agrícola o industrial – és un problema de contaminació ambiental arreu del món. Actualment la majoria de les estacions depuradores d'aigües residuals (EDARs) eliminen aquests compostos a través dels fangs actius i la digestió anaeròbica. Ambdós tractaments presenten mancances rellevants: no són prou eficients per al tractament del nitrogen; comporten un **cost econòmic** important (1/3 del balanç energètic de l'EDAR es destina a l'aeració, indispensable per tractar l'amoni); i moltes vegades requereixen d'un tractament addicional. Per totes aquestes raons, cal explorar noves tecnologies que siguin capaces d'**eliminar simultàniament el carboni i el nitrogen** de les aigües residuals de manera eficient i sostenible.

Una d'aquestes tecnologies són els **sistemes bioelectroquímics** (en anglès, *bioelectrochemical systems* o BES), que en els últims deu anys han despertat un interès creixent per part de la comunitat científica internacional. Els BES combinen processos biològics i electroquímics, i es basen en reaccions d'oxidació/reducció en les quals l'alliberament/captura d'electrons d'un elèctrode està facilitada per microorganismes. En l'àmbit del tractament d'aigües residuals podrien oxidar la matèria orgànica i l'amoni, i reduir els compostos nitrogenats resultants (nitrits i nitrats) tot produint energia. D'aquesta manera, a més de depurar l'aigua de forma més eficient i sostenible, disminuiria el consum d'electricitat i s'abaratiria tot el procés. El potencial dels BES és, doncs, enorme. Tanmateix, encara cal un important treball de R+D perquè la seva implementació a escala industrial sigui una realitat.

La tesi doctoral "**Carbon and nitrogen treatment in industrial wastewaters using bioelectrochemical systems**" d'Anna Vilajeliu Pons s'ha centrat en l'eliminació simultània de carboni i nitrogen en BES per tractar unes aigües residuals amb un impacte mediambiental especialment significatiu a Catalunya i a moltes regions d'Europa: **els purins**. La investigadora ha estudiat diferents bacteris per utilitzar l'elèctrode com acceptor d'electrons (bioànode) i com a donador d'electrons (biocànode) a fi de reduir les altes concentracions de matèria orgànica i compostos de nitrogen d'aquestes aigües. Val a dir que el treball va comptar amb el suport d'un contracte de transferència tecnològica amb l'empresa Abengoa Water. Entre els resultats obtinguts destaca un aprofundiment en el coneixement de la tecnologia i de la **comunitat microbiana** involucrada, l'**optimització del tractament de nutrients** ($1.2 \text{ kg COD m}^{-3}\text{d}^{-1}$ i $370 \text{ gNm}^{-3}\text{d}^{-1}$), la millora de l'**eficiència electroquímica dels processos** (5 Wm^{-3}), i la identificació de les **limitacions del sistema pel que fa a disseny i a material**. Tot això ha culminat, d'una banda, en la construcció d'un sistema bioelectroquímic amb una capacitat de 65L per avaluar l'aplicabilitat de la tecnologia i, de l'altra banda, en la **patent industrial WO/2015/150610 d'Abengoa Water**, de la qual quatre investigadors del LEQUIA – entre ells, l'Anna Vilajeliu – en són inventors.

En definitiva, la tesi – que ha estat dirigida pels Drs. Sebastià Puig, Maria Dolors Balaguer i Jesús Colprim del grup de recerca LEQUIA de la UdG – ha demostrat que els sistemes bioelectroquímics poden esdevenir una tecnologia alternativa de tractament simultani de carboni i nitrogen en purins molt **més econòmica i ambientalment sostenible** que les actuals. La defensa, que està oberta al públic, tindrà lloc el proper divendres 26 de maig a les 11:00h al Parc Científic i Tecnològic de la UdG, a l'auditori de l'edifici Jaume Casademont.

Resumen

La presencia excesiva de carbono (materia orgánica) y nitrógeno (amonio) en aguas residuales – sean de origen municipal, agrícola o industrial – es un problema de contaminación ambiental en todo el mundo. Actualmente la mayoría de estaciones depuradoras de aguas residuales (EDARs) eliminan estos compuestos por medio de lodos activos y digestión anaerobia. Ambos tratamientos presentan carencias relevantes: no son suficientemente eficientes para el tratamiento del nitrógeno; conllevan un importante **coste económico** (1/3 del balance energético de la EDAR se destina a aeración, indispensable para tratar el amonio); y muchas veces requieren de un tratamiento adicional. Por todo ello, es preciso explorar nuevas tecnologías que sean capaces de **eliminar simultáneamente el carbono y el nitrógeno** de las aguas residuales de modo eficiente y sostenible.

Una de estas tecnologías son los **sistemas bioelectroquímicos** (en inglés, *bioelectrochemical systems* o BES), que en los últimos diez años han despertado un interés creciente por parte de la comunidad científica internacional. Los BES combinan procesos biológicos y electroquímicos basándose en reacciones de oxidación/reducción en las cuales la liberación/captura de electrones de un electrodo está facilitada por microorganismos. En el campo del tratamiento de aguas residuales podrían oxidar la materia orgánica y el amonio, y reducir los compuestos nitrogenados resultantes (nitritos y nitratos) generando al mismo tiempo energía. Así, además de depurar el agua de modo más eficiente y sostenible, disminuirían el consumo de electricidad abaratando el proceso. El potencial de los BES es, pues, enorme. Sin embargo, aún falta un importante trabajo de I+D para que su implementación industrial sea una realidad.

La tesis doctoral **“Carbon and nitrogen treatment in industrial wastewaters using bioelectrochemical systems”** de **Anna Vilajeliu Pons** se ha centrado en la eliminación simultánea de carbono y nitrógeno en BES para el tratamiento de unas aguas residuales con un impacto medioambiental especialmente significativo en Cataluña y en muchas regiones de Europa: **los purines**. La investigadora ha estudiado distintas bacterias para utilizar el electrodo como aceptor de electrones (bioánodo) y como donador de electrones (biocátodo) con el fin de reducir las altas concentraciones de materia orgánica y compuestos de nitrógeno en estas aguas. Cabe señalar que el trabajo contó con el apoyo de un contrato de transferencia tecnológica con la empresa Abengoa Water. Entre los resultados obtenidos destaca un conocimiento más profundo de la tecnologías y de la **comunidad microbiana** involucrada, la **optimización del tratamiento de nutrientes** (1.2 kg COD m⁻¹ d⁻¹ y 370 gNm⁻³d⁻¹), la mejora de la **eficiencia electroquímica de los procesos** (5 Wm⁻³), y la identificación de las **limitaciones del sistema en cuanto a diseño y material**. Todo ello ha culminado en la construcción de un sistema bioelectroquímico con una capacidad de 65L para evaluar la aplicabilidad de la tecnología y a la generación de la **patente industrial WO/2015/150610 de Abengoa Water**, de la cual cuatro investigadores del LEQUIA – entre ellos, Anna Vilajeliu – son inventores.

En suma, la tesis –dirigida por los Dres. Sebastià Puig, Maria Dolors Balaguer y Jesús Colprim del grupo de investigación LEQUIA de la UdG – ha demostrado que los sistemas bioelectroquímicos pueden convertirse en una tecnología alternativa de tratamiento simultáneo de carbono y nitrógeno en purines mucho **más económica y ambientalmente sostenible** que las actuales. La defensa, que está abierta al público, tendrá lugar el próximo viernes 26 de mayo a las 11:00h en el Parque Científico y Tecnológico de la UdG, en el auditorio del edificio Jaume Casademont.

Summary

The presence in excess of carbon (organic matter) and nitrogen (ammonium) in wastewater of urban, agro-food or industrial origin is an environmental problem of worldwide concern. Currently, most wastewater treatment plants (WWTs) remove these compounds through activated sludge and anaerobic digestion. Both treatments present relevant shortages: insufficient efficiency to treat nitrogen; high **economic cost** (1/3 of WWTs energy balance is devoted to aeration, indispensable for ammonium treatment); and, in many times, the need for an additional treatment. Due to this, it's necessary to explore new technologies able to **remove simultaneously carbon and nitrogen** from wastewaters in an efficient and sustainable way.

Bioelectrochemical systems (BES), which have aroused great interest in the international scientific community for the past ten years, are one of these technologies. BESs combine biological and electrochemical processes, and are based on oxidation/reduction reactions in which the release/capture of electrons is facilitated by microorganisms. In the wastewater treatment field, BES could oxidise organic matter and ammonium, and reduce the resulting nitrogen compounds (nitrites and nitrates) while producing energy. Thus, water would be treated in a more efficient and sustainable way, and the WWTs electricity consumption and their associated costs would be diminished. The potential of BES is, thus, very high. Nevertheless, further R&D work is still required to make its implementation at industrial scale real.

The doctoral thesis entitled “**Carbon and nitrogen treatment in industrial wastewaters using bioelectrochemical systems**” by **Anna Vilajeliu Pons** has focused on the simultaneous removal of carbon and nitrogen in BES to treat **manure**, with a relevant environmental impact in Catalonia and in many other European regions. The researcher has studied different bacteria to use the electrode as electron acceptor (bioanode) and as electron donor (biocathode) to reduce the high concentration of organic matter and nitrogen compounds in such wastewaters. The work was partially supported by a technology transfer contract by company Abengoa Water. Main results obtained are a better knowledge of the technology and the **microbial community** involved; **optimisation of nutrients treatment** (1.2 kg COD m⁻³d⁻¹ and 370 g Nm⁻³d⁻¹); improvement of processes **electrochemical efficiency** (5 Wm⁻³); and the identification of **system limitations in terms of design and materials**. These achievements have culminated, on the one hand, in the construction of a pilot bioelectrochemical system of 65L capacity to assess the technology feasibility and, on the other hand, in the **industrial patent WO/2015/150610 by Abengoa Water**, which has four LEQUIA researchers as inventors – among them, Anna Vilajeliu.

To sum up, this thesis – which has been directed by Drs Sebastià Puig, Maria Dolors Balaguer and Jesús Colprim from UdG LEQUIA research group – has demonstrated that bioelectrochemical systems could turn into an alternative technology for the simultaneous treatment of carbon and nitrogen in manure much **more cost-effective and environmentally sustainable** than the existing ones. The defence, which is open to the public, will take place next Friday 26th May at 11:00h at UdG Scientific and Technological Park, at “auditori” of Jaume Casademont building.