

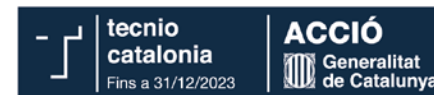


Defensa de Tesi Doctoral de **Jordi Suquet Masó**

Development of an environmental decision support system to enhance coagulation in drinking water treatment plants

Directors: Dr Hèctor Monclús i Dr Lluís Godo

July 29th, 11:00h, Aula Magna de la Facultat de Ciències de la UdG



Resum

El procés de potabilització comprèn un seguit de tractaments que tenen com a objectiu eliminar contaminants de les aigües superficials i obtenir una aigua de qualitat apta pel consum humà. D'entre tots els contaminants que cal eliminar, destaca la matèria orgànica natural o NOM (de l'anglès, *natural organic matter*). La NOM és un conjunt de compostos orgànics producte de la descomposició i de l'activitat microbiològica. Reduir-ne la concentració és tot un repte: la NOM és heterogènia, presenta fluctuacions i té capacitat per a reaccionar amb els compostos químics utilitzats per la desinfecció generant subproductes o DBPs (de l'anglès, *disinfection by-products*), compostos legislats degut a la seva toxicitat. A l'inici del tractament trobem la coagulació, una operació unitària que presenta un alt potencial per l'eliminació de la NOM; es tracta d'un procés fisicoquímic que consisteix en afegir un seguit de reactius per afavorir la sedimentació i així eliminar contaminants de l'aigua. La coagulació és un tractament àmpliament instaurat que presenta un rendiment variable en funció del fraccionament de la NOM i de les dosificacions de reactius aplicats.

La tesi de **Jordi Suquet Masó** "**Development of an environmental decision support system to enhance coagulation in drinking water treatment plants**" ha investigat l'optimització d'aquest procés de coagulació a través de sistemes d'ajut a la decisió en dominis ambientals o EDSS (de l'anglès, *Environmental Decision Support Systems*). Els EDSS són eines provinents del camp de la intel·ligència artificial les quals permeten integrar dades, models i coneixement expert amb la finalitat de sistematitzar les respostes i disminuir el temps d'actuació. Si actualment els podem aplicar al sector de l'aigua, és perquè aquest no ha restat aliè a la digitalització que s'ha instaurant de manera transversal en tota la societat. Així, la investigació i el desenvolupament de sensors i analitzadors en línia eficients i econòmicament competitius permet monitoritzar paràmetres relacionats amb la NOM a la captació i durant el tractament de l'aigua, incloent la coagulació. Aquestes dades queden continuament enregistrades a les bases de dades de les estacions de tractament d'aigua potable o DWTPs (de l'anglès, *Drinking Water Treatment Plants*), i el seu estudi ens aporta informació valuosa per poder detectar tendències i comportaments, així com per la determinació dels òptims per l'operació.

L'investigador ha centrat el seu estudi en tres DWTPs de Catalunya, amb reptes de gestió d'aigua típics de la conca Mediterrània. D'entrada, la tesi doctoral ha implicat nombroses tasques d'adquisició i anàlisi de dades. A partir d'aquí s'ha procedit amb la planificació i realització d'un seguit de campanyes de mostreig, anàlisi de laboratori, experiments per la coagulació millorada, avaluació de les dades per la identificació d'escenaris i, finalment, el desenvolupament i estudi dels models de coagulació millorada que finalment han estat integrats en una proposta final d'EDSS.

Els resultats obtinguts han estat publicat en revistes científiques internacionals, i permetran avançar per optimitzar i automatitzar l'eliminació de la NOM en DWTPs. Els més significatius són:

- S'ha demostrat que l'aigua de riu presenta fluctuacions de NOM impredecibles caracteritzades per la presència d'alta terbolesa, condicionant així l'òptim operacional de la coagulació. En els pantans les altes concentracions de NOM es produeixen en episodis climatològics excepcionals.
- S'ha desenvolupat una metodologia específica i s'ha procedit amb el desenvolupament de models empírics de coagulació millorada pels tres casos d'estudi.
- S'han identificat diferents escenaris de concentració de la NOM de l'aigua d'entrada i s'ha procedit a avaluar els òptims operacionals en cada cas.
- A partir de l'estudi dels models, s'han determinat els paràmetres significatius per assolir l'eliminació de la NOM en cada escenari i font de captació d'aigua (riu, pantans).
- S'ha establert que la NOM hidrofòbica domina els escenaris d'alta càrrega orgànica. Per això, és clau eliminar UV₂₅₄ durant la coagulació per minimitzar els DBPs.
- S'ha desenvolupat i validat un EDSS jeràrquic estructurat en tres nivells (adquisició de dades, control i supervisió) amb l'objectiu d'eliminar la NOM i minimitzar la formació de DBPs a través de la coagulació millorada. Aquest sistema és capaç d'eliminar el 62% de la terbolesa, el 21% del carboni orgànic total i el 25% d'UV₂₅₄.
- S'ha desenvolupat un sistema de control per a minimitzar la formació de trihalometans (THM) a través de la coagulació millorada.

La tesi, que ha estat dirigida pel Dr. Hèctor Monclús i el Dr. Lluís Godo, es defensarà el proper divendres 29 de juliol a l'Aula Magna de la Facultat de Ciències de la Universitat de Girona, en un acte obert al públic.

Publicacions principals de referència: Assessing the effect of catchment characteristics to enhanced coagulation in drinking water treatment: RSM models and sensitivity analysis, *Science of the Total Environment*, 79910, 2021, 149398, DOI: 10.1016/j.scitotenv.2021.149398 // Development of an environmental decision support system for enhanced coagulation in drinking water production, Suquet et al, *Water*, 12, 8, 2020, 2115, DOI: 10.3390/W12082115.

Resumen

El proceso de potabilización comprende una serie de tratamientos que tienen como objetivo eliminar contaminantes de las aguas superficiales y obtener un agua de calidad para el consumo humano. Entre los contaminantes a eliminar, destaca la materia orgánica natural o NOM (del inglés, *natural organic matter*). La NOM trata de un conjunto de compuestos orgánicos producto de la descomposición y de la actividad microbiológica. Reducir su concentración es todo un reto: la NOM es heterogénea, presenta fluctuaciones y tiene capacidad para reaccionar con los compuestos químicos utilizados en la desinfección generando subproductos o DBPs (del inglés, *disinfection by-products*), los cuáles son regulados debido a su toxicidad. Al inicio del tratamiento encontramos la coagulación, una operación unitaria que presenta un alto potencial para la eliminación de la NOM; se trata de un proceso fisicoquímico que consiste en añadir una serie de reactivos para favorecer la sedimentación y así eliminar contaminantes del agua. La coagulación es un tratamiento ampliamente instaurado y que presenta un rendimiento variable condicionado por el fraccionamiento de la NOM y las dosificaciones de reactivos aplicados.

La tesis de **Jordi Suquet Masó** “**Development of an environmental decision support system to enhance coagulation in drinking water treatment plants**” ha investigado la optimización del proceso de coagulación a través de sistemas de ayuda a la decisión en dominios ambientales o EDSS (del inglés, *Environmental Decision Support Systems*). Los EDSS son herramientas del campo de la inteligencia artificial las cuales permiten integrar datos, modelos y conocimiento experto con el fin de sistematizar las respuestas y disminuir el tiempo de actuación. Si actualmente los podemos aplicar al sector del agua es porque este no ha restado ajeno a la digitalización que se ha instaurado de manera transversal en toda la sociedad. Así, la investigación y el desarrollo de sensores y analizadores en línea eficientes y económicamente competitivos permite monitorizar parámetros relacionados con la NOM desde la captación y durante el tratamiento del agua, incluyendo la coagulación. Estos datos quedan continuamente registrados en las bases de datos de las estaciones de tratamiento de agua potable o DWTPs (del inglés, *Drinking Water Treatment Plants*), y su estudio nos aporta información para poder detectar tendencias y comportamientos, útiles para la determinación de los óptimos operativos.

El investigador ha centrado su estudio en tres DWTPs de Cataluña, las cuáles presentan retos de gestión típicos de la cuenca Mediterránea. La tesis doctoral ha implicado numerosas tareas de adquisición y análisis de datos. A partir de aquí, se ha procedido con la planificación y realización de un seguido de campañas de muestreo, análisis de laboratorio, experimentos por la coagulación mejorada, evaluación de los datos para la identificación de escenarios y, finalmente, el desarrollo y estudio de los modelos de coagulación mejorada que finalmente han sido integrados en una propuesta final de EDSS.

Los resultados obtenidos han sido publicados en revistas científicas internacionales, y permitirán avanzar para optimizar y automatizar la eliminación de la NOM en DWTPs. Los más significativos son:

- Se ha demostrado que el agua de río presenta fluctuaciones de NOM impredecibles caracterizadas por la presencia de un alto contenido en turbidez, condicionando así el óptimo operacional de la coagulación. En los pantanos las altas concentraciones de NOM se producen en episodios climatológicos excepcionales.
- Se ha desarrollado una metodología específica y se ha procedido con el desarrollo de modelos empíricos de coagulación mejorada por los tres casos de estudio.
- Se han identificado diferentes escenarios de concentración de la NOM del agua de entrada y se ha procedido a evaluar los óptimos operacionales en cada caso.
- A partir del estudio de los modelos, se han determinado los parámetros significativos para lograr la eliminación de la NOM en cada escenario y fuente de captación de agua (río, pantanos).
- Se ha establecido que la NOM hidrofóbica domina los escenarios de alta carga orgánica. Por eso, es clave eliminar UV₂₅₄ durante la coagulación para minimizar los DBPs.
- Se ha desarrollado y validado un EDSS jerárquico estructurado en tres niveles (adquisición de datos, control y supervisión) con el objetivo de eliminar la NOM y minimizar la formación de DBPs a través de la coagulación mejorada. Este sistema es capaz de eliminar el 62% de la turbidez, el 21% del carbono orgánico total y el 25% de UV₂₅₄.
- Se ha desarrollado un sistema de control para minimizar la formación de trihalometanos (THM) a través de la coagulación mejorada.

La tesis, que ha sido dirigida por el Dr. Hèctor Monclús y el Dr. Lluís Godo, se defenderá el próximo viernes 29 de julio en el Aula Magna de la Facultad de Ciencias de la Universitat de Girona, en un acto abierto al público.

Publicaciones principales de referencia: Assessing the effect of catchment characteristics to enhanced coagulation in drinking water treatment: RSM models and sensitivity analysis, *Science of the Total Environment*, 79910, 2021, 149398, DOI: 10.1016/j.scitotenv.2021.149398 // Development of an environmental decision support system for enhanced coagulation in drinking water production, Suquet et al, *Water*, 12, 8, 2020, 2115, DOI: 10.3390/W12082115.

Abstract

Drinking water treatment includes a series of processes aimed to remove surface water contaminants to produce safe water for human consumption. Among all pollutants, the natural organic matter (NOM) removal is challenging for drinking water treatment plants (DWTPs). NOM is composed by organic compounds resulting from decomposition and microbiological activity. NOM is heterogeneous, fluctuates and has the capacity to react with the chemical compounds used during water disinfection, generating disinfection by-products (DBPs), which are regulated compounds due to its toxicity. Coagulation is located in the conventional treatment, which is a process presenting high potential for NOM removal. Coagulation is a physicochemical process consisting on the addition of some reagents to induce water pollutants sedimentation, ergo removing NOM. Coagulation is a widely implemented treatment and its optimisation relies on NOM fractionation and the optimisation of coagulation conditions (reagent dosages).

Jordi Suquet Masó thesis "**Development of an environmental decision support system to enhance coagulation in drinking water treatment plants**" has investigated the optimization of coagulation process through the development of Environmental Decision Support Systems (EDSS). EDSS are artificial intelligence tools which allow to integrate data, models and expert knowledge providing response systematisation and time reduction. Digitalisation strikes the water sector as is affecting the whole society. Hence, the appearance of economic competitive online sensors and analysers provide real-time NOM-related parameters from water source and treatment, and this includes coagulation. These data are continuously recorded in DWTPs databases. The evaluation of this data provides information useful to detect trends and behaviours, valuable to determine the optimal operational conditions.

The researcher has focused his research on three DWTPs located in Catalonia, which present management challenges related to the Mediterranean basin. His doctoral thesis has involved numerous data acquisition and analysis tasks. From here, some works were performed, related enhanced coagulation, data evaluation and scenario identification to conclude with the development and assessment of the enhanced coagulation models which were integrated into a final EDSS proposal.

The results obtained have been published in international scientific journals, and will allow to optimize NOM removal in DWTPs. The main contributions are:

- River water presents unpredictable NOM fluctuations characterized by high turbidity, thus determining the optimum coagulation conditions. In reservoirs, baseline NOM cases are related to extreme weather episodes.
- A specific methodology was developed and enhanced coagulation empirical models were developed for the three case studies.
- Influent NOM scenarios were detected using a clustering algorithm and the optimal operation conditions for coagulation were identified in each case.
- Significant factors for enhanced coagulation models were determined for each scenario and water catchment (river, swamps).
- Hydrophobic NOM dominates peak NOM scenarios. Therefore, it is crucial to remove UV_{254} during coagulation to minimise DBPs.
- An EDSS with a three-level architecture (data acquisition, control and supervision) has been developed and validated aimed to remove NOM through enhanced coagulation. This system is performed to remove 62% of turbidity, 21% of total organic carbon and 25% of UV_{254} .
- A control system has been developed and tested with real data to minimise the formation of trihalomethanes (THM) through enhanced coagulation.

This thesis is supervised by Dr. Hèctor Monclús and Dr. Lluís Godo, and will be defended next Friday, July 29th, in Aula Magna of the Faculty of Sciences of the University of Girona.

Main publications: Assessing the effect of catchment characteristics to enhanced coagulation in drinking water treatment: RSM models and sensitivity analysis, Science of the Total Environment, 79910, 2021, 149398, DOI: 10.1016/j.scitotenv.2021.149398 // Development of an environmental decision support system for enhanced coagulation in drinking water production, Suquet et al, Water, 12, 8, 2020, 2115, DOI: 10.3390/W12082115.