

# II International Congress on Water and Sustainability

TERRASSA - BARCELONA  
24-25-26 MARCH



OmniaScience

UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA  
BARCELONATECH

Department of Project and Construction  
Engineering





# **Book of Abstracts**

## **II International Conference on Water and Sustainability**

**Universitat Politècnica de Catalunya**

**Terrassa, Barcelona, March 24-26th, 2021**



**Book of abstracts: II International Conference on Water and Sustainability**

Editors: Beatriz Amante García, Francisco Belzagui Elder, Valentina Buscio Olivera, Lluç Canals Casals

1st edition © 2021 OmniaScience (Omnia Publisher SL)

[www.omniascience.com](http://www.omniascience.com)

DOI: <https://doi.org/10.3926/icws2021>

ISBN: 978-84-123480-0-2

Cover design: Editors - OmniaScience

## **Welcome,**

This Conference is the consequence of the conjunction of the results and progress of the ongoing research on the water treatment ENMA group at the University and the particular social and political moment that water management is facing in Catalonia and, particularly in the city of Terrassa, that locates the INTEXTER (Institute for Textile Research and Industrial Cooperation of Terrassa), venue of the Conference.

This congress aims to give space for a scientific debate and reflection on water and its importance with regards to the environment and wider society.

We hope that this initiative will consolidate the entire educational, scientific and professional community to respond to the prospective challenges that the development and implementation of new technologies brings together with their impacts in relation to water.

Please, enjoy the presentations, posters, sessions and the whole event activities.

## **Bienvenida,**

Este segundo Congreso Internacional de Agua y Sostenibilidad es el resultado de la conjunción de los avances y esfuerzos del trabajo en investigación del grupo ENMA en tratamientos de aguas tanto potables como residuales y del momento político-social que vive la gestión del agua en Catalunya y, en particular, en Terrassa, ciudad que acoge el INTEXTER (Instituto de Investigación Textil y de Cooperación Industrial de Terrassa), sede del Congreso.

Este Congreso tiene como objetivo generar un espacio de debate y reflexión en torno al agua y su importancia con el entorno, el medio ambiente y la sociedad.

Esperamos que esta iniciativa contribuya a dar respuesta a los retos que nos depara el futuro, con nuevos desarrollos e implantación de tecnología, así como los impactos que de ella deriva en nuestro entorno.

Deseamos que las sesiones y el resto de eventos sean de su agrado.

## **Benvinguda,**

Aquesta segona edició del Congrés Internacional d'Aigua i Sostenibilitat és la conseqüència de la conjunció dels avenços i progressos de la recerca del grup de recerca ENMA en el tractament d'aigües residuals i potables i del particular moment polític i social que viu la gestió de l'aigua a Catalunya i, en particular, la ciutat de Terrassa que acull l'INTEXTER (Institut d'Investigació Tèxtil i Cooperació Industrial de Terrassa), seu del Congrés.

Aquest Congrés té l'objectiu de generar un espai de debat i reflexió entorn de l'aigua i de la seva rellevància en l'entorn, el medi ambient i la societat.

Esperem que la iniciativa contribueixi a donar resposta als reptes que ens depara el futur amb el desenvolupament i implantació de noves tecnologies, així com el seu impacte.

Desitgem que gaudeixin de les sessions i les activitats de l'esdeveniment.

Beatriz Amante García  
Conference Chair of the  
International Conference on Water and Sustainability





## **Organizing Committee**

**PhD. Beatriz Amante García**, Universitat Politècnica de Catalunya, Spain.

**PhD. María del Carmen Romero García**, Facultad de Educación de la Universidad Internacional de la Rioja.

**PhD. Juan Grau Olive**, Universidad Politécnica de Madrid, Spain.

**MSc. Míriam Planas**, Associació Catalana d'Enginyeria Sense Fronteres, Spain.

**PhD. Valentina Buscio Olivera**, INTEXTER (Universitat Politècnica de Catalunya), Spain.

**PhD. Beatriz García Fayos**, Universitat Politècnica de València, Spain.

**PdD. Augusto Arce Martínez**, Universidad Politécnica de Madrid, Spain.

**PhD. Carmen Gutiérrez Bouzán**, INTEXTER (Universitat Politècnica de Catalunya), Spain.

**PhD. Lluc Canals Casals**, Universitat Politècnica de Catalunya, Spain.

**MSc. Francisco Belzagui Elder**, Universitat Politècnica de Catalunya, Spain.

**PhD. Jordi Morató Farreras**, Universitat Autònoma de Barcelona, Universitat Politècnica de Catalunya, Spain.

**Juan Manuel de Andres Almeida**, Universidad Politécnica de Madrid, Spain.

**PhD. Maria Sancho Fernández**, Universitat Politècnica de València, Spain.

**PhD. Jose Miguel Arnal Arnal**, Universitat Politècnica de València, Spain.

**PhD. Victor López Grimau**, Universitat Politècnica de Catalunya, Spain.

## Scientific Committee

**PhD. Alex Pires**, professor at UniJorge in Salvador de Bahía, Brasil

**PhD. Apolinar Figueroa Casas**, scientific director of the program RICCLISA (Red Interinstitucional del Cambio Climático) and professor at Universidad del Cauca in Colombia.

**PhD. Beatriz Escribano Rodriguez de Robles**, member of the UNESCO Chair on Sustainability, the research group: Sustainability, Technology and Humanis and the Laboratory for measurement and modeling of Sustainability from Universitat Politècnica de Catalunya.

**PhD. Beatriz García Fayos**, member of the Instituto de Seguridad Industrial, Radiofísica y Medioambiental (ISIRYM) from Universitat Politècnica de València.

**PhD. Diego Andina de la Fuente**, director of the research group: Grupo de Automatización en Señal y Comunicaciones from Universidad Politécnica de Madrid.

**PhD. José Manuel Antón Corales**, professor at ETSIAAB specialized in Energy and Hydraulics from Universidad Politécnica de Madrid.

**PhD. José Miguel Arnal Arnal**, professor of the Chemistry and Nuclear Engineering Department at Universitat Politècnica de València and member of the Institute for Industrial, Radiophysical and Environmental Safety.

**PhD. Juan Manuel de Andrés Almeida**, member of the research group: Tecnologías Ambientales y Recursos Industriales from Universidad Politécnica de Madrid.

**PhD. M. Mercedes Vilaseca Vallve**, member of the Research Group: Enginyeria del Medi Ambient from the Institute of Textile Research and Industrial Cooperation of Terrassa at Universitat Politècnica de Catalunya.

**PhD. María Pino Sancho Fernández**, professor of the Chemistry and Nuclear Engineering Department at Universitat Politècnica de València and member of the Institute for Industrial, Radiophysical and Environmental Safety.

**PhD. Oscar Farrerons Vidal**, member of the research group INSIDE - Innovació en Sistemes per al Disseny i la Formació a l'Enginyeria (open in new window) from Universitat Politècnica de Catalunya and founding member of "Projecte Fonts del Montseny".

**PhD. M<sup>a</sup> Dolores Bovea Edo**, professor of the University attached to the Area of Engineering Projects of the Jaume I University (UJI). member of the research group INGRES - Grup d'Enginyeria de Residus and specialist in LCA.

**PhD. Valentina Buscio Olivera** member of the Research Group: Enginyeria del Medi Ambient from the Institute of Textile Research and Industrial Cooperation of Terrassa at Universitat Politècnica de Catalunya.



## Index of Abstracts

COVID-19 and responses of water services in the cities of the global south: The case of Arequipa, Peru _____	19
Vertical constructed Wetland for Greywater treatment and reuse: Feasibility study in a touristic resort _____	21
Water footprint in the water cycle of the Canary Islands _____	24
Water governance in Spain's Archipelagos _____	26
Pharmaceutical removal by ozone and electrooxidation: Best treatment option _____	28
Assessment of several organic and inorganic membranes to ultrafilter a phenolic extract from two-phase olive mill wastewater _____	30
Revalorization of two-phase olive mill wastewater: Recovery of antioxidant, bioactive compounds from a phytotoxic residue _____	32
Water distribution network model calibration and continuous maintenance: Terrassa, a real application _____	34
Data validation methodology and network performance computation of upstream water network of Terrassa _____	36
Life cycle analysis of a combined process of photocatalysis with TiO <sub>2</sub> and adsorption with PAC o a pilot plant for the degradation of antibiotics _____	38
Evaluation of commercial resins to recover phenolic compounds _____	40
Mine water for the generation and storage of renewable energy: A hybrid hydro-wind system _____	43
Learn about the water around you: Use with secondary-school students _____	45
Removal of cellulose from wastewater samples: An improvement for the analysis of microplastics _____	47
Preliminary evaluation of diesel removal by <i>Chrysopogon zizanioides</i> (Vetiver grass): Impacts on plant physiology and phytoremediation performance _____	49

Potential of native free floating <i>Salvinia biloba</i> macrophytes for removing atrazine and carbendazim from aqueous solution	52
Degradation of 20 multiclass micropollutants using UV-A activated peroxymonosulfate	55
Assessment of a sulfite/iron/UV-A system in urban wastewater disinfection	58
Reduction of cost and environmental impact in the treatment of textil wastewater using a combined MBBR-MBR system	60
Targeting the economic and environmental benefits associated with the integration of regeneration units in water systems	62
Design of a drinking water treatment plant based on natural coagulants in the community of “El Choro” (Bolivia)	64
Development of a self-sustaining floating water treatment system with renewable energy supply ETAF	66
Systems to reduce textile microfibers’ contamination	68
Assessment of the removal and potential recovery of nutrients for the production of biofertilizer, through chemical precipitation of circular economy in a slaughterhouse plant	70
The latitud water program: The interlinkage of water and sustainability research and capacity building, through synergistic international collaboration	73
Evaluation of the efficiency of a vehicle disinfection arch with in situ generated chlorine	75
Reserva de la biosfera del Montseny: Estudio científico de la composición mineral de las aguas de sus fuentes y aspectos ambientales asociados	79
Estudio integral del carbón activo granular procedente del sistema de control de olores de una EDAR urbana	81
Regeneración del carbón activo granular procedente del sistema de desodorización de una EDAR urbana para su posterior reutilización	83
Pesticidas organoclorados adsorbidos sobre microplásticos	85

Análisis del ciclo de vida de un proceso combinado de fotocátalisis on TiO <sub>2</sub> y adsorción con PAC de una planta piloto para la degradación de antibióticos _____	87
La figura de los observatorios ciudadanos del agua _____	89
Conoce el agua que te rodea: Aplicación en estudiantes de Secundaria _____	91
Coagulantes naturales: Caso de estudio Colombia _____	93
El oso andino ( <i>Tremarctos ornatus</i> ) como soporte del servicio ambiental hídrico en bosques de conservación comunal en la región andina-amazónica _____	95
Electro-depuración de aguas residuales industriales _____	97
Optimización de parámetros para una eliminación eficiente del colorante _____	99
¿Es la microfibrá bi-compuesta, un material aplicable a la purificación del agua y es posible replicar esas cualidades usando un material de origen natural como el cáñamo? _____	101
Análisis y caracterización regional de variables meteorológicas en una subcuenca al noroeste de Guanajuato, México _____	103
Estimación del escurrimiento superficial en la zona urbana de la ciudad de Guanajuato mediante la utilización de sistemas de información geográfica _____	105
Evaluación de la eficiencia de un arco de desinfección de vehículos con cloro generado in situ _____	107
La reutilització de l'aigua a l'àrea metropolitana de Barcelona: Situació actual, reptes i perspectives de futur _____	111
Autores _____	120





**ENGLISH ABSTRACTS**

**PRESENTED AT**

**II INTERNATIONAL  
CONFERENCE ON WATER AND  
SUSTAINABILITY**



## **COVID-19 and responses of water services in the cities of the global south: The case of Arequipa, Peru**

### **Luis Zapana\***

Institut de Ciència i Tecnologia Ambientals, Universitat Autònoma de Barcelona, Bellaterra, Spain.

### **Mar Satorras**

Urban Transformation and Global Change Laboratory (TURBA Lab), Internet Interdisciplinary Institute (IN3), Universitat Oberta de Catalunya, Castelldefels, Spain.

### **Hug March**

Estudis d'Economia i Empresa, Universitat Oberta de Catalunya, Barcelona, Spain.

### **David Saurí**

Departament de Geografia, Universitat Autònoma de Barcelona, Bellaterra, Spain.

\*Corresponding author: [luis.zapana@uab.cat](mailto:luis.zapana@uab.cat); phone 603342674

### **Abstract**

Since the first cases of Covid-19 were reported in March 2020 in Peru, the government declared a state of national emergency and ordered one of the first and strictest confinements in Latin America. While much of the economic and institutional activities came to a halt, essential public services such as water supply, including "informal" water supply, continued to operate. In this work, we address the responses of different public actors and local organizations to the challenges posed by Covid-19 in urban water supply in a

rapidly growing city like Arequipa (Peru). Through interviews, complemented by analysis of secondary sources, we explore the responses of formal and informal water providers to guarantee supply during the Covid-19 sanitary crisis and the differences between the urban core and the periphery. Among the most important actions, it is worth noting that the public water company in Arequipa (SEDAPAR) has implemented the fractionation of payment, suspension of water cuts and, very especially, the distribution of free water through tanker trucks, the latter targeting inhabitants without access to the public drinking water network who mostly live in the urban periphery. However, these efforts have been limited by operational problems in the public drinking water network, including frequent interruptions and supply cuts. In this sense, informal water providers played a key role in supply. A better understanding of the challenges and innovative responses implemented by water utilities to address the health and socio-economic crisis of Covid-19 in the Global South can contribute to progress towards the human right to water.

**Keywords:** Covid-19, public water, formal and informal city, Arequipa, Perú.

## **Vertical constructed Wetland for Greywater treatment and reuse: Feasibility study in a touristic resort**

### **Josephine Vosse**

Catalan Institute for Water Research (ICRA), Spain.

Universitat de Girona, Girona, Spain.

### **Miquel Estelrich**

Alchemia-nova GmbH, institute for innovative phytochemistry & closed loop processes, Baumgartenstraße 93, A-1140 Vienna, Austria.

Green Building Management SL. C/Carme 45, Local 4, Girona, Spain.

### **Joaquim Comas**

Catalan Institute for Water Research (ICRA), Spain.

Universitat de Girona, Girona, Spain.

Institute of the Environment (LEQUiA), University of Girona, Campus Montilivi, 17071 Girona, Catalonia, Spain.

### **Nataša Atanasova**

University of Ljubljana, Faculty of Civil and Geodetic Engineering, 1000, Slovenia.

### **Jordi Castellano Costa**

Green Building Management SL. C/Carme 45, Local 4, Girona, Spain.

**Heinz Gattringer**

Alchemia-nova GmbH, institute for innovative phytochemistry & closed loop processes, Baumgartenstraße 93, A-1140 Vienna, Austria.

**Gianluigi Buttiglieri\***

Catalan Institute for Water Research (ICRA), Spain.

Universitat de Girona, Girona, Spain.

\*Corresponding author: Carrer Emili Grahit 101; 17003 Girona, Spain; [gbuttiglieri@icra.cat](mailto:gbuttiglieri@icra.cat); phone: +34 972183380

**Abstract**

In order to counteract increasing water scarcity, while facing growing water demand through increasing tourism activity in the Mediterranean region, this study provides data on the efficiency of a decentralized, nature-based solution for hotel greywater (GW) treatment and reuse. The chosen solution is a vertically constructed, horizontal flow constructed wetland. The Vertical Ecosystem (vertECO) pilot plant, installed in a large hotel provided with GW separation, was operated for 12 months. Influent GW and treated effluent were characterized, and the energy consumption was monitored. vertECO achieved a removal efficiency higher than 84% for COD and TSS and higher than 95% for turbidity and BOD5. The monitored physicochemical parameters in the effluent meet the requirements for many of the water reuse purposes mentioned in the EU and Spanish water reuse regulations. Based on the pilot operation, a design and economic model was set to estimate its economic feasibility (CAPEX, OPEX, payback period of investment) at several treated volumes: GW separation, GW tanks construction, vertECO technology construction and operation, and

disinfection were considered. The payback was calculated at water and energy prices of different countries, with a planned operation period of 20 years. Modelled payback periods were found to be decreasing with the rise in water price, as well as with a lowered energy price. Finally, co-benefits of vertECO (e.g., biodiversity, thermal regulation) were considered alongside economic terms and treatment efficiency, and compared with another intensive technology (i.e., membrane bioreactor). vertECO obtained a higher rating, confirming that nature-based solutions offer a good solution.

**Keywords:** Horizontal flow, economic feasibility, water price, co-benefits.

## **Water footprint in the water cycle of the Canary Islands**

### **Noelia Cruz-Pérez\***

Departamento de Ingeniería Agraria, Náutica, Civil y Marítima.  
Universidad de La Laguna (ULL), Tenerife, Spain.

### **Jesica Rodríguez-Martín**

Departamento Técnicas y Proyectos en Ingeniería y Arquitectura.  
Universidad de La Laguna (ULL), Tenerife, Spain

### **Maite M. Aldaya**

Water Observatory of the Botin Foundation, Complutense  
University of Madrid and Consultant UNEP, Spain.

### **Alejandro García Gil**

Department of Geological Resources Research. Geological Survey  
of Spain (IGME), Madrid, Spain.

### **Juan C. Santamarta**

Departamento de Ingeniería Agraria, Náutica, Civil y Marítima.  
Universidad de La Laguna (ULL), Tenerife, Spain.

\*Corresponding author: \* [ncruzper@ull.edu.es](mailto:ncruzper@ull.edu.es);

phone: +34 922316502



## **Abstract**

Islands are territories with limitations when it comes to exploiting their natural resources, due to the quantity of these resources and the possible vulnerability that can be caused to the ecosystem if this is not done in a sustainable manner. The Canary Islands are an archipelago in the Atlantic Ocean, belonging to Spain, with a high demand for water resources mainly due to urban, tourist and agricultural use. The orographic characteristics of the islands and their capacity to capture the trade winds determine the greater or lesser aridity of the islands, which means that each island has its own water model, where in some there is a greater contribution of desalinated water and in others a greater contribution of groundwater. This article presents a study of the water footprint of the different drinking water collection and wastewater treatment facilities in the Canary Islands, in order to determine the blue, green and grey water in each case. The results confirm that water galleries are environmentally friendly facilities in terms of both water and energy, while water treatment plants have a greater impact on discharges into the natural environment, as well as desalination plants, which are very common in the archipelago.

**Keywords:** Water cycle, water footprint, desalination, climate change, Canary Islands.

## **Water governance in Spain's Archipelagos**

### **Juan C. Santamarta\***

Departamento de Ingeniería Agraria, Náutica, Civil y Marítima.  
Universidad de La Laguna (ULL), Tenerife, Spain.

### **Celso García, Pablo Rodríguez-Lozano**

Department of Geography. University of the Balearic Islands.  
Palma, Spain.

### **Jesica Rodríguez-Martín**

Departamento Técnicas y Proyectos en Ingeniería y Arquitectura.  
Universidad de La Laguna (ULL), Tenerife, Spain.

### **Noelia Cruz-Pérez**

Departamento de Ingeniería Agraria, Náutica, Civil y Marítima.  
Universidad de La Laguna (ULL), Tenerife, Spain.

\*Corresponding author: [jcsanta@ull.es](mailto:jcsanta@ull.es); phone:+34 922316502

## **Abstract**

The islands, due to their geographic condition of limited territory, are also limited in the resources available to them for the development of normal life. In Spain there are two archipelagos, the Balearic Islands and the Canary Islands, both have similar characteristics due to their richness in groundwater, few surface water resources and the use of desalination to support the water demand, which rises mainly due to agriculture and the tourism sector, so important in both archipelagos. In addition, both also suffer from similar situations such as marine intrusion in the wells that exploit the

coastal aquifers, deficient wastewater treatment and an increasingly significant increase in the desalination of seawater, with the consequent energy demand that this entails. Therefore, this article has analyzed the current situation of the resources in these islands, as well as the future challenges that arise, in a scenario of climate change, where temperatures are expected to increase and precipitation is expected to decrease in general in Spain.

**Keywords:** Water management, water resources, groundwater, desalination, Canary Islands, Balearic Islands.

## **Pharmaceutical removal by ozone and electrooxidation: Best treatment option**

**Francesca Audino\*, Sonia Sanchis Pérez, Aleix Conesa,  
Judith Arboleda Navarro**

LEITAT Technological Center, Terrassa, Spain.

**Mira Petrovic**

Institut Català de Recerca de l'AIGUA (ICRA), Girona, Spain.

**Julia Garcia Montañó**

LEITAT Technological Center, Terrassa, Spain.

\*Corresponding author: C/ de la Innovació, 2 08225  
Terrassa, Barcelona, [faudino@leitat.org](mailto:faudino@leitat.org), phone: +34 937882300

### **Abstract**

Hospital wastewaters are complex effluents generally treated together with municipal wastewaters. However, pharmaceuticals are poorly biodegradable and hence are increasingly released to the aquatic environment. This study aims investigating the efficiency of ozone (O<sub>3</sub>) and electro-oxidation (EO) as post-treatment (following a biological process) of hospital wastewaters. First, the optimization of single O<sub>3</sub> and EO was performed using a synthetic hospital wastewater composed by 4 pharmaceuticals (carbamazepine (CBZ), carbamazepine-10,11-epoxide (E-CBZ), lorazepam (LZP), ketoprofen (KTP)) in an initial concentration of 1 mg L<sup>-1</sup> each, evaluating the removal of pharmaceuticals individually and in mixture. The pharmaceuticals were selected among the ones that resulted to be the less biodegradable

from a previous study on the effluent of a WWTP serving a local hospital. Then, the sequential (EO»O<sub>3</sub>; O<sub>3</sub>»EO) and simultaneous combination of O<sub>3</sub> and EO (EO+O<sub>3</sub>) was studied for the mixture of the 4 pharmaceuticals, under the previously determined optimal conditions for the individual technologies. Finally, the best configuration was validated by treating a real hospital wastewater, previously treated by MBBR. The simultaneous combination of O<sub>3</sub> and EO allowed the full degradation of CBZ and LZP in less than 5 min and of KTP and E-CBZ in 90 min, in addition to a significant decrease (80%) of TOC after 120 min. Moreover, it was possible to decrease the operational treatment cost by avoiding the use of electrolytes and by reducing the dose of ozone required for the > 95% degradation of the selected pharmaceuticals (if compared to the dose required when ozone was applied individually).

**Keywords:** CECs, hospital wastewater, electro-oxidation, ozonation, AOPs, pharmaceuticals.

## **Assessment of several organic and inorganic membranes to ultrafilter a phenolic extract from two-phase olive mill wastewater**

**Carmen M. Sánchez-Arévalo\*, Harry Ellicot**

Research Institute for Industrial, Radiophysical and Environmental Safety (ISIRYM), Universitat Politècnica de València, Spain.

**M. Cinta Vincent-Vela, Silvia Álvarez-Blanco**

Research Institute for Industrial, Radiophysical and Environmental Safety (ISIRYM), Universitat Politècnica de València, Spain.

Department of Chemical and Nuclear Engineering, Universitat Politècnica de València, Spain.

\*Corresponding author: Camino de Vera, s/n, 46022, Valencia, Spain. [carsana5@upv.es](mailto:carsana5@upv.es); phone: +34 963876396

### **Abstract**

The main wastewater produced by the olive oil industry in Spain is Two-phase olive mill wastewater (TPOMW). Its disposal represents a major concern due to its high organic load and phytotoxicity. However, it is also a source of phenolic compounds, whose recovery is very interesting due to their proven health benefits.

TPOMW has been subjected to an ultrasound-assisted solid-liquid extraction to retrieve biophenols and contribute to its detoxification. The ultrafiltration of this phenolic extract has been studied to find the proper membrane and operational conditions that allow their purification.

Two organic (UH050 and UP005, Microdyn Nadir) and one ceramic membrane (Inside Ceram 50, Tami Industries)

were studied. Organic membranes were soaked in ethanol/water 50:50 (v/v) during 24h as a conditioning treatment. Two cross-flow velocities (1.8 and 2.5 m·s<sup>-1</sup>) and three transmembrane pressures (TMPs) (0.75, 1.5 and 2.5 bar) were examined. After each experiment, total phenolic content, total sugar content and color were measured. Previously, permeability of ethanol/water 50:50 (v/v) solutions was measured as a reference. Also, the cleaning of the Inside Ceram 50 membrane was optimized. To this end, water and P3 Ultrasil 115 1% (v/v), at different temperatures, were considered.

Abnormally high fluxes were obtained with UH050. Damage was revealed by SEM images, probably as a result of the contact with ethanol. Opposed results were obtained with UP005. At 2.5 m·s<sup>-1</sup>, permeate flux was lower than 5 L/h m<sup>2</sup>. Inside Ceram 50 displayed stable fluxes. It barely retained phenolic compounds and rejected some unwanted species, as sugars and pigments.

**Keywords:** Two-phase olive mill wastewater, phenolic compounds, recovery, ultrafiltration, detoxification.

## **Revalorization of two-phase olive mill wastewater: Recovery of antioxidant, bioactive compounds from a phytotoxic residue**

**Carmen M. Sánchez-Arévalo\***

Research Institute for Industrial, Radiophysical and Environmental Safety (ISIRYM), Universitat Politècnica de València, Spain.

**M. Cinta Vincent-Vela, Silvia Álvarez-Blanco**

Research Institute for Industrial, Radiophysical and Environmental Safety (ISIRYM), Universitat Politècnica de València, Spain.

Department of Chemical and Nuclear Engineering, Universitat Politècnica de València, Spain.

\*Corresponding author: ISIRYM, Universitat Politècnica de València, Camino de Vera, s/n, 46022, Valencia, Spain. [carsana5@upv.es](mailto:carsana5@upv.es); phone: +34 963876396

### **Abstract**

The countries from the Mediterranean area produce tons of two-phase olive mill wastewater (TPOMW) each year. This major waste is significantly rich in bioactive compounds that are highly valued by industry, such as phenolic and triterpenic compounds. The retirement of those molecules from the residue results in a reduction of the organic load and, complementary, the collection of high-added value compounds that can be exploited by cosmetic, pharmaceutical and food industry.

The process of a solid-liquid extraction has been optimized to extract the olive minor fraction from the TPOMW. The most convenient solvent and temperature has been



thoughtfully investigated, in order to achieve the recovery of the maximum concentration of these compounds according to economic and environmentally feasible conditions. The effect of ultrasounds has been also considered. To evaluate the effect of the applied operational parameters, it has been conducted an extensive characterization of the extracts by high-performance liquid chromatography coupled with electrospray ionization-quadrupole-time of flight-mass spectrometry (LC-ESI-qTOF-MS). 44 compounds have been found in the wastewater. They have been identified and classified in their corresponding chemical families. At the optimum experimental conditions (EtOH 50% (v/v), 40°C, ultrasound-assisted), more than 6.8 mg/g of bioactive content was recovered from TPOMW.

These findings underlined the potential of this wastewater to be revalorized and further utilized after its production. The extraction of the phenolic compounds also contributed to reduce the organic load and phytotoxicity of the residue, thus protecting the flora and fauna existing in the final disposal zone of the waste.

**Keywords:** Two-phase olive mill wastewater, revalorization, bioactive compounds, solid-liquid extraction, ultrasounds, LC-MS.

## **Water distribution network model calibration and continuous maintenance: Terrassa, a real application**

**Ramon Pérez\*, Pep Cugueró, Juli Romera,**

**Joan Van Eeckhout**

Centre de Recerca en Supervisió, Seguretat i Control Automàtic (UPC), Spain.

**Jordi Cabot**

Taigua, Aigua Municipal de Terrassa, Spain.

**Oscar Franch**

Centre de Recerca en Supervisió, Seguretat i Control Automàtic (UPC), Spain.

\*Corresponding author: Rambla Sant Nebridi 10, 08222, Terrassa, Barcelona, Spain. [ramon.perez@upc.edu](mailto:ramon.perez@upc.edu)

### **Abstract**

The WDN model calibration has been and it still is a research area of interest. This process has been well studied and the different steps required were already established. The availability of more and more data encourage the idea of applying these methodologies since more the state of the system is known better the estimations will be. Nevertheless, the application of all the academic proposals and experiences in real networks involve some major handicaps. First of all, the data validation and reconstruction before using them for the model calibration and for the model use afterwards. There are some automatic tools for calibration but they focus in the last step of the process when the parameters have to be tuned.

Some previous steps that require an ad hoc solution. These issues represent a gap between academia and real practice.

This paper presents a successful experience carried out with the collaboration of the municipal water company of Terrassa (TAIGUA) with a research group located in the same city with a long experience in water research. The objective of the project is to improve the existing models, establish their potentials and propose strategies for their final adjustment. The results are different depending on the availability of data. The district metered areas (DMA) presented have different characteristics and are representative of interesting situations for other practitioners. The models that result will allow a better management of the network including energy optimization, leak detection and localization and quality supervision.

**Keywords:** WDN, calibration, simulation.

## **Data validation methodology and network performance computation of upstream water network of Terrassa**

**Joseba Quevedo\*, Vicenç Puig**

Research Center CS2AC of Universitat Politècnica de Catalunya, Spain.

**Pere Mora, Adrian Oliva**

TAIGUA Municipal Water Company of Terrassa, Spain.

\*Corresponding author: [joseba.quevedo@upc.edu](mailto:joseba.quevedo@upc.edu),

phone: +34 937398627

### **Abstract**

Terrassa municipal water company TAIGUA in a collaboration agreement of research an innovation contract with the CS<sup>2</sup>AC Research Center of the Polytechnic University of Catalonia (UPC), has applied a computer tool based on mathematical algorithms that allows validating the data from the flowmeters of the TAIGUA's upstream network system that supplies potable water to the city of Terrassa and other small cities.

This upstream water network is made up of 58 Km of pipes, 65 pumping stations and 13 tanks that supplies potable water to more than 218 thousands of inhabitants of Terrassa. Contains more than 28 flowmeters installed in pipes with a size ranging from 50mm to 600mm in diameter. The network is intercommunicated and guarantees the continuity of the service through the contribution of the different production points (ETAPs and IDAMs).

Critical infrastructures (CIS), as in the case of the drinking water upstream network operated by TAIGUA, are complex systems on a large scale, geographically distributed with a hierarchical structure, which require supervision and control schemes in real time (RTC) highly reliable to guarantee high performance and involve high maintenance when conditions are not favorable due, for example, to sensor malfunction (deviations, battery or communication problems).

The development of the study involves the use of several mathematical models based on different algorithms that allow evaluating the automatic (daily) measurements and proposing the validity of the daily measurement or its possible error, leading in this case to a specific reconstruction of the value.

**Keywords:** Data analysis, data validation, data reconstruction, flowmeters.

## **Life cycle analysis of a combined process of photocatalysis with TiO<sub>2</sub> and adsorption with PAC o a pilot plant for the degradation of antibiotics**

### **Pedro Merino Matute**

Navarra de Infraestructuras Locales SA, av. Barañain 22, 31008 Pamplona, Spain.

### **Jorge Sierra-Pérez**

Research Group Water and Environmental Health, University of Zaragoza, Zaragoza, María de Luna 3, 50018 Zaragoza, Spain.

Department of Design and Manufacturing Engineering, EINA, University of Zaragoza, María de Luna 3, 50018 Zaragoza, Spain.

### **Rosa Mosteo**

Research Group Water and Environmental Health, University of Zaragoza, Zaragoza, María de Luna 3, 50018 Zaragoza, Spain.

### **Jairo Gómez**

Navarra de Infraestructuras Locales SA, av. Barañain 22, 31008 Pamplona, Spain.

\*Corresponding author: [697537@unizar.es](mailto:697537@unizar.es)

## Abstract

Currently it is necessary to advance in the treatments that are carried out in WWTPs to improve the quality of treated water and thus minimize the effects on the receiving environment. WWTPs are not designed with the objective of eliminating organic compounds in low concentrations that are usually refractory to the conventional treatments used in purification facilities. These organic compounds are often defined as emerging pollutants, among which are pharmaceutical products. Advanced oxidation processes (AOP) are based on the generation of radical species for the elimination of organic compounds. To increase its effectiveness and eliminate a greater amount of organic compounds, combined processes are carried out, such as photocatalysis and adsorption.

The environmental viability of a pilot-scale plant composed of a photocatalysis and adsorption process is evaluated using the Life Cycle Analysis (LCA) methodology. Through the inventory analysis of all the existing inputs and outputs in the system, the environmental impact results for different impact categories are obtained. The results indicate the great influence that the construction of the water treatment facility has, with the storage stage prior to treatment being the most relevant. The energy consumption of the treatment is limited to the electricity used by the pumping systems, the two agitators and the aeration and photocatalysis process. For the future scaled to an industrial plant, eco-design improvements are proposed to try to minimize environmental impacts.

**Keywords:** Photocatalysis, adsorption, life cycle analysis, combined process.

## **Evaluation of commercial resins to recover phenolic compounds**

**Magdalena Cifuentes-Cabezas\***

University Research Institute for Industrial, Radiophysical and Environmental Safety (ISIRYM), Universitat Politècnica de València, Spain.

**José Antonio Mendoza-Roca, María-Cinta Vincent-Vela,  
Silvia Álvarez-Blanco**

University Research Institute for Industrial, Radiophysical and Environmental Safety (ISIRYM), Universitat Politècnica de València, Spain.

Department of Chemical and Nuclear Engineering, Universitat Politècnica de València, Spain.

\*Corresponding author: [magcica@posgrado.upv.es](mailto:magcica@posgrado.upv.es);  
[magdalena.cifuentesc@gmail.com](mailto:magdalena.cifuentesc@gmail.com)

### **Abstract**

In recent years, plant-based functional foods are gaining great attention due to their natural availability and therapeutic potential. Pharmaceutical, cosmetic and food industries show a growing interest in the bioactivity provided by these phytochemicals. Phenolic compounds are the most numerous and they are present in a large variety of wastewaters. However, its presence has a negative impact on the environment due to its phytotoxic and antibacterial profile, resistant to biological degradation. Wastewater from olive oil, table olive or pickles production, due to the large phenolic compounds content, can be a very important and profitable



source from both environmental and economic point of view of these natural antioxidants.

In this work four commercial resins (MN200, MN202, PAD900 and PAD950, provided by Purolite Ltd) were investigated for their potential use in the recovery of phenolic compounds from wastewaters. For this purpose, their adsorption capacity in a model solution that contained two different phenolic compounds (1.1 g L<sup>-1</sup> of tyrosol and 2 g L<sup>-1</sup> of catechin) was evaluated.

Table 1. Percentage of adsorption of phenolic compounds for all the resins tested at different concentrations

% Adsorption				
Dosage (g/L)	MN200	MN202	PAD900	PAD950
10	78.73 ± 1.43	59.88 ± 1.40	55.42 ± 0.42	51.66 ± 2.81
20	91.79 ± 0.94	70.28 ± 2.84	60.05 ± 0.54	59.23 ± 0.79
30	94.24 ± 0.48	80.08 ± 2.11	67.61 ± 1.03	59.83 ± 1.08
40	95.68 ± 0.59	91.43 ± 1.06	74.23 ± 2.57	63.84 ± 1.43
50	96.29 ± 0.14	91.81 ± 1.38	74.80 ± 0.46	63.57 ± 0.62
60	97.41 ± 0.07	93.07 ± 1.50	74.18 ± 1.42	64.71 ± 0.64

The percentage of phenolic compounds adsorption was higher (more than 90% in some cases) with the "MN" resins (Table 1). On the other hand, the adsorption did not show great variation from 40 to 60 g L<sup>-1</sup> of resin dosage. Therefore, it was decided to select the concentration of 40 g L<sup>-1</sup> as the optimal one for the recovery of phenolic compounds. Desorption was performed for this dosage with ethanol and ethanol/water solution (50% v/v). The desorption with the

ethanol/water solution presented higher efficiency in terms of phenolic compounds recovery for all the resins (Table 2).

Table 2. Desorption of phenolic compounds for the best dosage (40 g L<sup>-1</sup>) with ethanol and ethanol/water 50% v/v solution

Resin	% Desorption	
	Ethanol	Ethanol/Water
MN200	86.04 ± 2.14	89.32 ± 1.7
MN202	88.28 ± 1.02	97.25 ± 0.41
PAD900	78.85 ± 3.67	94.18 ± 4.27
PAD950	93.18 ± 1.87	98.42 ± 2.09

**Keywords:** Polymeric resin, phenols recovery, adsorption, desorption.

## **Mine water for the generation and storage of renewable energy: A hybrid hydro-wind system**

**Héctor Álvarez, Guillermo Domínguez,**

**Almudena Ordóñez\***

Dep. Mining Exploitation and Prospecting; School of Mining, Energy and Materials Engineering, University of Oviedo, Spain.

**Javier Menéndez**

SADIM Engineering, Langreo, Asturias, Spain.

**Rodrigo Álvarez**

Dep. Mining Exploitation and Prospecting; School of Mining, Energy and Materials Engineering, University of Oviedo, Spain.

**José María Asenjo**

HUNOSA Grupo SEPI, Oviedo, Asturias, Spain.

**Jorge Loredo**

Dep. Mining Exploitation and Prospecting; School of Mining, Energy and Materials Engineering, University of Oviedo, Spain.

### **Abstract**

Mine water is normally considered as a waste to be managed. However, new applications are increasingly being sought for the water that floods mining voids, especially its use as an energy resource. The worldwide energy market, within the current transition framework, is searching for creative approaches to produce and store clean energy. In particular, underground pumped hydroelectric energy storage systems (UPHS) constitute efficient and flexible alternatives to deal

with intermittent renewable energy sources. In this work, an UPHS is designed using the mine water and the voids of a closed coal mine in Asturias (NW Spain) as lower reservoir. Moreover, this system is combined with a wind energy generation facility and the efficiency of the hybrid system is evaluated. With an investment cost of 193 M€, a 40 MW UPHES joined to a 60 MW wind farm would generate benefits of about 54 M€ in 40 years. Reduction of CO<sub>2</sub> emissions (30,000 equivalent tons per year) and social benefits in a traditional mining area are other intangible advantages of this system.

**Keywords:** Mine water, underground mining reservoir; energy storage, underground pumped hydroelectric energy storage.

## **Learn about the water around you: Use with secondary-school students**

**Lorena Mulero, Joaquim Pàmies, Dolors Grau\***

Universitat Politècnica de Catalunya – EXPLORATORI dels recursos de la natura, Spain.

\*Corresponding author: [dolors.grau@upc.edu](mailto:dolors.grau@upc.edu); phone: 93 8777233

### **Abstract**

In this paper, we present the Manual per a l'estudi de la qualitat i consum de l'aigua (Manual on water quality and consumption). It is part of the *BOSC i sostenibilitat* project, which seeks to tie the Sustainable Development Goals to woodlands.

Our work is based on a series of open-access websites belonging to the administration. They allow secondary school students to take a first-hand look at the state of the bodies of water in their area, and to evaluate their water footprint and the carbon footprint associated with their water consumption. During the 2019-2020 school year we ran a pilot test of the program with secondary-school teachers, which allowed us to develop a working method that is currently being used at 30 secondary schools in Catalonia. Using the results, we can compare both the state of the bodies of water in the areas studied and the water footprint of project participants.

Our goal is to raise secondary-school students' awareness of the need to conserve such a valuable resource, and to encourage them to save water by analysing how much is consumed in their own homes. To this end, students study their water bill and determine which hydrographic basin their

home is located in. Next, they evaluate the general state and environmental status of the body of water selected. Finally, each participant calculates their water footprint based on habits.

**Keywords:** Water quality, water footprint, sustainability, secondary-school students.

## **Renoval of cellulose from wastewater samples: An improvement for the analysis of microplastics**

**Agata Egea-Corbacho, Ana Pilar Martín\*, Ana Amelia Franco\***

Department of Environmental Technologies, Faculty of Marine and Environmental Sciences, University of Cadiz, 11510, Puerto Real, Cádiz, Spain.

**Gema Albendín, Juana María Arellano**

Toxicology Department, University Institute of Marine Research (INMAR), International Campus of Excellence of the Sea (CEI MAR), Faculty of Marine and Environmental Sciences, University of Cadiz, 11510, Puerto Real, Cadiz, Spain.

**Rocío Rodríguez, José María Quiroga, María Dolores Coello**

Department of Environmental Technologies, Faculty of Marine and Environmental Sciences, University of Cadiz, 11510, Puerto Real, Cádiz, Spain.

\*Corresponding author: [ana.martingarcia@uca.es](mailto:ana.martingarcia@uca.es);  
[ana.franco@uca.es](mailto:ana.franco@uca.es)

### **Abstract**

Knowing the amount of microplastics that currently reach wastewater is extremely important today. Furthermore, carrying out a good quantification and detection of the type of plastic provides valuable information. However, the wastewater is loaded with a high concentration of cellulose at the entrance to the treatment plant, which seriously hinders

the detection, quantification and classification of microplastics. This study offers a method to reduce the amount of cellulose in the input samples of conventional wastewater treatment plants, reducing almost completely the cellulose residues of the input samples by 97.6% in a second treatment and 98.2% in a third treatment.

**Keywords:** Cellulose, detection, microplastics, quantification, wastewater.



## **Preliminary evaluation of diesel removal by *Chrysopogon zizanioides* (Vetiver grass): Impacts on plant physiology and phytoremediation performance**

### **Iván Carralero Bon**

Instituto de Investigaciones en Ingeniería Ambiental, Química y Biotecnología Aplicada (INGEBIO-UCA), Facultad de Química e Ingeniería del Rosario, Pontificia Universidad Católica Argentina (UCA-campus Rosario). Av. Pellegrini 3314, 2000 Rosario (Santa Fe), Argentina.

Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET). Montevideo 3371 (2<sup>do</sup> piso), 2000 Rosario, Santa Fe, Argentina.

### **M. Sol Herrero**

Instituto de Investigaciones en Ingeniería Ambiental, Química y Biotecnología Aplicada (INGEBIO-UCA), Facultad de Química e Ingeniería del Rosario, Pontificia Universidad Católica Argentina (UCA-campus Rosario). Av. Pellegrini 3314, 2000 Rosario, Santa Fe, Argentina.

### **Lucas M. Salvatierra, Leonardo M. Pérez\***

Instituto de Investigaciones en Ingeniería Ambiental, Química y Biotecnología Aplicada (INGEBIO-UCA), Facultad de Química e Ingeniería del Rosario, Pontificia Universidad Católica Argentina (UCA-campus Rosario). Av. Pellegrini 3314, 2000 Rosario, Santa Fe, Argentina.

Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET). Montevideo 3371 (2<sup>do</sup> piso), 2000 Rosario, Santa Fe, Argentina.

\*Corresponding author: Prof. Leonardo Martín Pérez, Ph.D.  
(Address: Av. Pellegrini 3314 (2<sup>do</sup> piso, Edificio IV), S2002QEO  
Rosario, Santa Fe, Argentina. [leonardoperez@uca.edu.ar](mailto:leonardoperez@uca.edu.ar);

phone: +54 93415421130).

## Abstract

Locally-available specimens of *Chrysopogon zizanioides* (Vetiver grass) were assessed in order to evaluate the potential of low-cost plants for use in remediation of hydrocarbon-polluted environments. Experiments were carried out over 15 days ( $24 \pm 2$  °C with dark/light cycles of 12 h) in glass flasks containing  $300 \pm 15$  g soil sample contaminated with 10% (w/w) commercial diesel oil. Maximum removal efficiency of C11-C20 alkanes present in the diesel sample was  $33 \pm 2\%$ . Diesel was highly deleterious for *C. zizanioides*, which was evidenced by a marked chlorosis of the plant leaves. The content of chlorophyll a, b, and total carotenoids decreased 93%, 82%, and 76%, respectively, with respect to the control plants ( $p < 0.05$ ). Accordingly, a decrease in biomass growth was also observed in all treated-specimens. Conversely, the content of soluble carbohydrates in the plant leaves showed a 3.3-fold increase ( $p < 0.05$ ) compared to the control group. These results suggest that the environmental stressful conditions caused by diesel exposure could induce the mobilization of soluble sugars (e.g., increase glycogen catabolism) in order to preserve leaf survival, since these biomolecules play an active role as intracellular signaling molecules involved in the regulation of metabolic processes associated with ATP production. In general,

*C. zizanioides* showed a low potential to remove high diesel oil concentration (i.e., 10% w/w) in the tested conditions. However, more evidence is still needed in order to consider Vetiver grass as a low-cost flora useful in phytoremediation

strategies towards management of hydrocarbon-polluted environments.

**Keywords:** Hydrocarbon-polluted soils, diesel oil, Vetiver grass, phytoremediation, toxicological impacts.

## **Potential of native free floating *Salvinia biloba* macrophytes for removing atrazine and carbendazim from aqueous solution**

### **Dana B. Loureiro**

Facultad de Química e Ingeniería del Rosario, Pontificia Universidad Católica Argentina (UCA-campus Rosario). Av. Pellegrini 3314, 2000 Rosario, Santa Fe, Argentina.

### **Luciana D. Lario**

Facultad de Química e Ingeniería del Rosario, Pontificia Universidad Católica Argentina (UCA-campus Rosario). Av. Pellegrini 3314, 2000 Rosario, Santa Fe, Argentina.

Instituto de Investigaciones en Ingeniería Ambiental, Química y Biotecnología Aplicada (INGEBIO-UCA). Montevideo 3371 (2<sup>do</sup> piso), 2000 Rosario, Santa Fe, Argentina.

Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET), Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación. Godoy Cruz 2290 (Piso 9), C1425FQB CABA, Buenos Aires, Argentina.

### **M. Sol Herrero**

Facultad de Química e Ingeniería del Rosario, Pontificia Universidad Católica Argentina (UCA-campus Rosario). Av. Pellegrini 3314, 2000 Rosario, Santa Fe, Argentina.

Instituto de Investigaciones en Ingeniería Ambiental, Química y Biotecnología Aplicada (INGEBIO-UCA). Montevideo 3371 (2<sup>do</sup> piso), 2000 Rosario, Santa Fe, Argentina.

**Iván Carralero Bon**

Instituto de Investigaciones en Ingeniería Ambiental, Química y Biotecnología Aplicada (INGEBIO-UCA). Montevideo 3371 (2<sup>do</sup> piso), 2000 Rosario, Santa Fe, Argentina.

Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET), Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación. Godoy Cruz 2290 (Piso 9), C1425FQB CABA, Buenos Aires, Argentina.

**Lucas M. Salvatierra, Leonardo M. Pérez\***

Facultad de Química e Ingeniería del Rosario, Pontificia Universidad Católica Argentina (UCA-campus Rosario). Av. Pellegrini 3314, 2000 Rosario, Santa Fe, Argentina.

Instituto de Investigaciones en Ingeniería Ambiental, Química y Biotecnología Aplicada (INGEBIO-UCA). Montevideo 3371 (2<sup>do</sup> piso), 2000 Rosario, Santa Fe, Argentina.

Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET), Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación. Godoy Cruz 2290 (Piso 9), C1425FQB CABA, Buenos Aires, Argentina.

\*Corresponding author: Prof. Leonardo Martín Pérez, Ph.D. (Address: Av. Pellegrini 3314 (2<sup>do</sup> piso, Edificio IV), S2002QEO Rosario, Santa Fe, Argentina. [leonardoperez@uca.edu.ar](mailto:leonardoperez@uca.edu.ar);

phone: +54 93415421130

## Abstract

The potential of autochthonous free-floating *Salvinia biloba* specimens was assessed in order to select native plants for use in remediation of atrazine and carbendazim polluted waters. Experiments were carried out over 20 days ( $23 \pm 2$  °C, 100 l m/W light intensity, 12 h photo-period) in glass vessels containing deionized water contaminated with 0; 5.0; 10.0 and 20.0 mg L<sup>-1</sup> of atrazine or carbendazim. A decrease in biomass growth was observed in all macrophytes exposed to the pesticides. Atrazine showed higher toxic effects evidenced by the symptomatology developed by the plants, demonstrating the high sensitivity of *S. biloba* to this herbicide. Noticeably, lower chlorosis and necrosis were observed in *S. biloba* specimens treated with carbendazim, even at the higher concentration tested. In general, *S. biloba* presented a low potential for both atrazine and carbendazim removal. In addition, the percentage of pesticides removed from the solution decreased when the plants were exposed to higher concentrations of the pollutants. This fact probably resulted from the processes of pesticide adsorption by plant biomass. The FTIR-ATR spectrum obtained for *S. biloba* showed the presence of different functional groups (e.g., carboxyl, phosphate, amide, hydroxyl, sulphate) on the plant surface that could be involved in pesticide biosorption through  $\pi$ - $\pi$  interactions, hydrogen bonding, acid-base behavior, ion-exchange properties, and electrostatic attractions. In conclusion, *S. biloba* was not much effective in removing atrazine and carbendazim from water samples. Therefore, the use of these native macrophytes to remediate aquatic environments contaminated with these pesticides seems to be limited.

**Keywords:** Atrazine, carbendazim, *Salvinia biloba*, phytoremediation, biosorption.

## **Degradation of 20 multiclass micropollutants using UV-A activated peroxymonosulfate**

**Sonia Guerra-Rodríguez\***

Department of Industrial Chemical & Environmental Engineering, Escuela Técnica Superior de Ingenieros Industriales, Universidad Politécnica de Madrid, Madrid, Spain.

**Ana Rita L. Ribeiro, Rui S. Ribeiro**

Laboratory of Separation and Reaction Engineering – Laboratory of Catalysis and Materials (LSRE-LCM), Faculdade de Engenharia, Universidade do Porto, Porto, Portugal.

**Encarnación Rodríguez**

Department of Industrial Chemical & Environmental Engineering, Escuela Técnica Superior de Ingenieros Industriales, Universidad Politécnica de Madrid, Madrid, Spain.

**Adrián M. T. Silva**

Laboratory of Separation and Reaction Engineering – Laboratory of Catalysis and Materials (LSRE-LCM), Faculdade de Engenharia, Universidade do Porto, Porto, Portugal.

**Jorge Rodríguez-Chueca**

Department of Industrial Chemical & Environmental Engineering, Escuela Técnica Superior de Ingenieros Industriales, Universidad Politécnica de Madrid, Madrid, Spain.

\*Corresponding author: [sonia.guerra@upm.es](mailto:sonia.guerra@upm.es);

phone: +34 910677324

## Abstract

In recent years, the concern about the presence of micropollutants in the environment has significantly increased, as conventional wastewater treatments are generally not designed to degrade these compounds efficiently. In this context, advanced oxidation processes (AOPs) have been positioned during the last years as a very promising alternative technology. Specifically, AOPs based on sulfate radicals have been gaining significant interest due to their advantages over those employing the hydroxyl radical.

In this study, the simultaneous degradation of twenty micropollutants commonly found in wastewater has been evaluated. This approach allows to obtain more reliable degradation data than by studying their individual degradation, since the possibility of synergies and/or radical selectivity is considered. To this end, the activation of peroxymonosulfate (PMS) using UV-A (385 nm) emitting LEDs has been studied for the generation of sulfate radicals.

The first optimisation was performed using effluent samples of a wastewater treatment plant spiked with 100 µg L<sup>-1</sup> of each target pollutant. At this stage, an optimum concentration of 0.1 mM PMS was determined, achieving an average micropollutant removal of 80%. These conditions were subsequently applied to non-spiked real wastewater. The phytotoxicity tests revealed an increase by 15-30% of plant growth in treated samples, in comparison to those untreated, confirming a toxicity reduction achieved by efficient treatment under study.

**Keywords:** LEDs, micropollutants, peroxymonosulfate, real wastewater, SR-AOPs, UV-A activation.



## **Acknowledgements**

This work was financially supported by: Base Funding - UIDB/50020/2020 of the Associate Laboratory LSRE-LCM - funded by national funds through FCT/MCTES (PIDDAC); and Project POCI-01-0145-FEDER-030521 funded by ERDF funds through COMPETE2020 – POCI and by National Funds (PIDDAC) through FCT/MCTES. ARLR acknowledges FCT funding under DL57/2016 Transitory Norm Programme. Sonia Guerra-Rodríguez acknowledges UPM for the financial support given for short stays as well as for the predoctoral contract of the “Programa Propio”. J. Rodríguez-Chueca acknowledges Comunidad de Madrid for funding the research project IN\_REUSE (APOYO-JOVENES-X5PKL6-88-KZ46KU) within the framework of the multi-year agreement with the Universidad Politécnica de Madrid.

## Assessment of a sulfite/iron/UV-A system in urban wastewater disinfection

**Sonia Guerra-Rodríguez\*, Nerea Cediél,**

**Encarnación Rodríguez, Jorge Rodríguez-Chueca**

Department of Industrial Chemical & Environmental Engineering,  
Escuela Técnica Superior de Ingenieros Industriales, Universidad  
Politécnica de Madrid, Madrid, Spain.

\*Corresponding author: [sonia.guerra@upm.es](mailto:sonia.guerra@upm.es);

phone: +34 910677324

### Abstract

Although the application of sulfite in advanced oxidation-reduction processes has shown good results in some fields, there are very few studies addressing its efficacy in wastewater disinfection. In this study, the efficacy of a sulfite system activated by different iron species and UV-A radiation was studied for the first time in the inactivation of *Enterococcus sp.*

Among the assessed iron species, Fe(III)-cit stood out as the best sulfite activator, reaching complete bacteria inactivation (>5-log) when treating simulated wastewater, while a maximum disinfection rate of 2.3-log units was achieved when using Fe(II). However, these values dropped to 1.4 and 0.5 log, respectively, when treating real wastewater, suggesting a strong influence of the matrix composition on the treatment.

*Enterococcus sp.* inactivation was also negatively affected by the presence of *Escherichia coli* in the water. The presence of two different species in the matrix led to a significant decrease

in the efficiency of the sulfite/Fe(III)-cit system, reaching a maximum disinfection rate of 2.1-log. This result highlights the need to carry out tests to determine whether there is radical selectivity towards the different microorganisms in the matrix.

Even though radical scavengers were used to identify the main radical species involved in the disinfection, further studies are needed to fully understand the mechanisms. Nonetheless, this study is a first approach to the use of sulfite-based treatments in wastewater disinfection, and it has shown that it may be a promising alternative.

**Keywords:** Sulfite, iron species, wastewater disinfection, advanced oxidation/reduction processes, UV radiation.

## **Reduction of cost and environmental impact in the treatment of textil wastewater using a combined MBBR-MBR system**

**Xuefei Yang(s)\*, Victor López-Grimau, Martí Crespi**

Institute of Textile Research and Industrial Cooperation of Terrassa (INTEXTER), Universitat Politècnica de Catalunya, C/ Colom, 15, 08222, Terrassa, Spain.

\*Corresponding author: [xuefei.yang@upc.edu](mailto:xuefei.yang@upc.edu);

phone: +34-934016677

### **Abstract**

A hybrid Moving Bed Biofilm Reactor - Membrane Bioreactor (MBBR-MBR) was studied for the treatment of textile wastewater, and the economic and environmental feasibility of applying this hybrid system on industrial scale was conducted. The results showed that, technically, the removal efficiency of COD, color and TSS reached 93%, 85% and 99%, respectively. The quality of new dyed fabrics performed with the treated wastewater was within the acceptable limits of the textile industry. Economically, MBBR-MBR had lower Capital Expenditures (CAPEX) and (OPEX) than conventional activated sludge (CAS) process due to lower effluent discharge tax and the decolorizing agent saved. The result of Net Present Value (NPV) and the Internal Rate of Return (IRR) of 18% suggested that MBBR-MBR is financially applicable for the implantation into industrial scale. The MBBR-MBR system also had lower environmental impacts compared with CAS process in the life cycle assessment (LCA) study, especially in categories, such as the

Climate change, Human Health, Marine eutrophication, and ecotoxicity categories, thanks to the high quality of the effluent treated by MBBR-MBR and the avoiding of using extra decolorizing agent, a compound based on a quaternary amine.

**Keywords:** Textile wastewater, moving bed biofilm reactor-membrane bioreactor, economic feasibility, life cycle assessment (LCA), water reuse.

## **Targeting the economic and environmental benefits associated with the integration of regeneration units in water systems**

### **Fabian Lechtenberg\***

Chemical Engineering Department, Universitat Politècnica de Catalunya, C/Eduard Maristany 10-14, Barcelona, 08019, Spain.

### **Ana Somoza-Tornos**

Chemical Engineering Department, Universitat Politècnica de Catalunya, C/Eduard Maristany 10-14, Barcelona, 08019, Spain.

Renewable and Sustainable Energy Institute, University of Colorado Boulder, Boulder, Colorado 80303, United States.

### **Antonio España, Moisès Graells\***

Chemical Engineering Department, Universitat Politècnica de Catalunya, C/Eduard Maristany 10-14, Barcelona, 08019, Spain.

\*Corresponding author: [fabian.lechtenberg@upc.edu](mailto:fabian.lechtenberg@upc.edu),  
[moises.graells@upc.edu](mailto:moises.graells@upc.edu)

## **Abstract**

Water treatment is traditionally seen as an “end-of-pipe” solution to deal with contaminated water at minimum expense. However, reuse and recycle of regenerated water is a strategy to counteract the growing problem of water scarcity while potentially generating payoff by selling the regenerated water.

This study presents a mathematical programming approach to target both economic and environmental benefits by introducing additional Regeneration Units (RUs) to a water

system. The feasible region of the RUs' specifications to reach defined targets (e.g. Sustainable Development Goals) is determined and visualized through an optimization approach aiming at the reduction of operating costs and freshwater consumption.

Its application is demonstrated on a benchmark case study reported in the literature, revealing a potential economic benefit of 37.5% and a freshwater reduction of 80.9% over the case without RUs. The problem formulation is discussed and compared with the literature formulations, and results show that cooperative strategies in a water system lead to increased benefits. Finally, we propose the uses of barrier plots that can aid different stakeholders in the water market (water users, authorities and RU managers) their decision-making process towards meeting their sustainability (economic, environmental, social...) objectives.

We conclude that the availability of such decision support tools enabling a systematic analysis of the water recycle and reuse market leads to progression towards targeted goals. Solutions that can be derived from our methodology may consist for instance in the integration of RUs or the need for central administration to establish incentives for the reduction of freshwater consumption.

**Keywords:** Circular economy, regenerated water, mathematical programming, reuse and recycle, water market.

## **Design of a drinking water treatment plant based on natural coagulants in the community of “El Choro” (Bolivia)**

### **Angela Pedregal-Montes\***

Technische Universität Bergakademie Freiberg (TUBAF). Faculty of Geosciences, Geoengineering and Mining. Akademiestrasse 6. 09599 Freiberg (Germany).

### **Beatriz García-Fayos, José Miguel Arnal**

Universitat Politècnica de València (UPV). Research Institute for Industrial, Radiophysical and Environmental Safety (ISIRYM), Spain.

\*Corresponding author: [Angela-Isabel.Pedregal-montes@student.tu-freiberg.de](mailto:Angela-Isabel.Pedregal-montes@student.tu-freiberg.de); phone: +49 15223499389

### **Abstract**

Despite advances in science and technology, humanity has not yet solved basic problems such as universal access to drinking water. The community of El Choro (Bolivia) was chosen as a case study because it has a precarious water treatment system based on filtration and lime dosing before household network distribution. Design of a water treatment plant with a capacity of 45,000 (L/d) is proposed, using *Moringa oleifera* seed extract as coagulant, selected for the peculiarities of the case study. The use of this simple and low-cost technology will make it possible to obtain treated water of the required quality and quantity, and also represents a sustainable option that adapts to the customs of the selected population.



**Keywords:** Water purification, delocalized communities, natural coagulants, developing countries, design, treatment plant.

## **Development of a self-sustaining floating water treatment system with renewable energy supply ETAF**

**Francisco Belzagui\***

INTEXTER – Universitat Politècnica de Catalunya, Spain.

**Beatriz Amante**

Departamento de Ingeniería de Proyectos y de la Construcción –  
Universitat Politècnica de Catalunya, Spain.

**Carmen Gutiérrez-Bouzán**

INTEXTER – Universitat Politècnica de Catalunya, Spain.

\*Corresponding author: [francisco.belzagui@upc.edu](mailto:francisco.belzagui@upc.edu);

phone: +34 937398296

### **Abstract**

The scarcity of water is one of the most threatening global concerns, which will be even more exacerbated due to climate change and population growth. Water has a complex nexus with everything that surrounds us. It is the main bloodstream of the ecosystems and the key for food and energy security. Water is a limited resource but is not treated as such. In this sense, water pollution is a worldwide issue that needs urgent action. This pollution can be generated from point and diffuse sources, being the latter harder to control. In this sense, we are proposing an efficient floating water treatment system to treat both contamination sources. It will be deployed on surface reservoirs like lakes and ponds. The floating characteristic will permit the treatment of different sections of the reservoir by moving the ETAF. Besides, there will be no requirements for

external chemical agents and only biological sludge will be generated. For this, the system will consider a synergetic combination between active and passive treatments.

Besides, the ETAF will be designed to withstand the inherent intermittence of typical renewable energy sources. On the other hand, common plastic wastes will be used to build it, supporting the circular economy philosophy. In this sense, a peculiarity will be the use of microplastics and microfibers to elaborate some of the components. This system is also intended to be efficient in terms of costs and energy for operation and maintenance; hence, it can be suitable for developed and developing countries.

**Keywords:** Water, contamination, pollution renewable-energy, microplastics, sustainable.

### **Acknowledgments**

Authors acknowledge the support from the “Secretaria d’Universitats i Recerca del Departament d’Empresa i Coneixement de la Generalitat de Catalunya”.

## Systems to reduce textile microfibers' contamination

**Francisco Belzagui\*, Carmen Gutiérrez-Bouzán**

INTEXTER – Universitat Politècnica de Catalunya, Spain.

\*Corresponding author: [francisco.belzagui@upc.edu](mailto:francisco.belzagui@upc.edu);

phone: +34 937398 296

### **Abstract**

Microplastics detached from textile garments, called microfibers, are among the main scientific concerns nowadays. These microfibers are detached in every step of a textile article life cycle, from its manufacturing to its final disposition. However, special attention has been put on the particles that are shed from their washing, as it seems to contribute drastically to this pollution. In this sense, some systems have been proposed to reduce the generation of microfibers or to retain the already generated ones. These systems can be classified as “in-drum” and “out-drum” devices, distinguished if they are put inside or outside the washing machine.

This work aims to make a critical assessment of the current systems that have been developed to reduce the microfibers released from the washing machines. Specifically, all the commercial systems were analyzed by discussing their pros and cons to assess the efficiency of these devices.

**Keywords:** Microplastic, microfiber, water contamination, textile pollution.

## **Acknowledgments**

Authors acknowledge the support from INDITEX and the “Secretaria d’Universitats i Recerca del Departament d’Empresa i Coneixement de la Generalitat de Catalunya”.

## **Assessment of the removal and potential recovery of nutrients for the production of biofertilizer, through chemical precipitation of circular economy in a slaughterhouse plant**

### **Maria Alejandra Szabo-Corbacho\***

Department of Environmental Engineering and Water Technology, IHE Delft PO Box 3015, 2601 DA Delft, The Netherlands.

Latitud – Fundación LATU, Laboratorio Tecnológico del Uruguay (LATU), Uruguay.

### **Kelly Liesenfeld**

UTEC - ITR Centro Sur - Durazno (Universidad Tecnológica del Uruguay | Instituto Tecnológico Regional Centro Sur). Francisco Antonio Maciel s/n esq. Luis Morquio, CP 97000, Durazno, Uruguay.

### **Cecilia Bianchi**

BPU Meat, NH Foods, Ruta 14 km 17 500, Durazno, Uruguay.

### **Hector A. Garcia**

Department of Environmental Engineering and Water Technology, IHE Delft PO Box 3015, 2601 DA Delft, The Netherlands.

### **Diana Miguez**

Latitud – Fundación LATU, Laboratorio Tecnológico del Uruguay (LATU), Uruguay.

\*Corresponding author: [a.szabocorbacho@un-ihe.org](mailto:a.szabocorbacho@un-ihe.org), [mszabo@latitud.org.uy](mailto:mszabo@latitud.org.uy) (M.A. Szabo- Corbacho). Fundación LATU,

Laboratorio Tecnológico del Uruguay (LATU), Avda. Italia 6201, Montevideo, Uruguay.

## Abstract

Large-scale meat production uses considerable amounts of water for production processes, resulting in wastewater. Excess nutrients may cause eutrophication of the receiving water bodies, decrease oxygen and harm aquatic life.

Modern companies work under circular economy concepts. Thus, this study assesses methods of removal of P, NH<sub>4</sub>, and NO<sub>3</sub> precipitated as struvite and/or hydroxyapatite to be marketed as bio-fertilizers.

The wastewater treatment plant consists of a mechanical screen where coarse solids are removed, a DAF unit followed by a biological treatment system with two anaerobic lagoons operating in parallel, followed by an anoxic/aerobic lagoon, and a secondary settler.

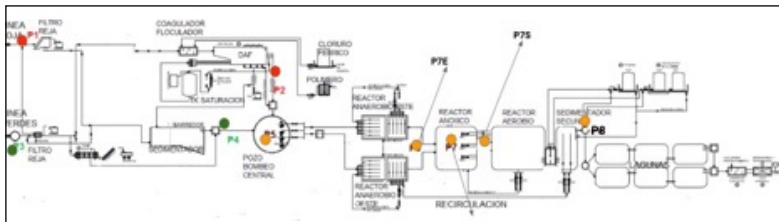


Figure 1. Sampling points

In the following table the results obtained from the sampling campaigns are shown.

Parameter (mg/L)	TCOD	PO4-P	NH4-N	Ca	Mg	TSS
<b>P1</b>	5260	7	2634	16	27	9650
<b>P2</b>	5883	2	2943	24	32	1240
<b>P3</b>	7557	125	3841	8	21	9690
<b>P4</b>	14157	60	7108	11	11	1710
<b>P5</b>	7953	31	3992	11	33	1750
<b>P7E</b>	1185	22	603	15	14	780
<b>P7M</b>	1243	17	630	17	17	890
<b>P7S</b>	1315	20	668	22	11	420
<b>P8</b>	894	9	451	17	12	240

The point selected for the nutrient recovery assessment was at the exit at the anaerobic reactor (P7E). Jar-tests were carried out at room temperature (27°C). Calcium precipitation resulted in a 96% total phosphorous removal by using Ca(OH)<sub>2</sub> at 23:1 optimal ratio, pH 7, while struvite precipitation with MgCl<sub>2</sub> x 6 H<sub>2</sub>O, at 25:1 ratio, pH 10, obtaining a phosphorous removal efficiency of 78.5%.

**Keywords:** Slaughterhouse wastewater, nutrient recovery, circular economy.



## **The latitud water program: The interlinkage of water and sustainability research and capacity building, through synergistic international collaboration**

**Diana Miguez**

Latitud – LATU Foundation, Water and Environment Area, Water Program.

\*Corresponding author: Ave. Italia 6201, Los Abetos Building, PC 11500, Montevideo, Uruguay, [dmiguez@latitud.org.uy](mailto:dmiguez@latitud.org.uy);

phone:+59 826013724 ext. 2406.

### **Abstract**

The Latitud – LATU Foundation of the Technological Laboratory of Uruguay (LATU) promotes the sustainable development of the country. Within it, the Water Program, allied to national and international institutions, encompasses academic theses, research services and manages projects financed by own and external sources.

In its Phase I (2014-2018), it developed methods for risk assessment of emerging pollutants and multiresistant pathogens and viruses in watersheds, with an emphasis on the St. Lucia Basin. Currently, Phase II "The Water-Production-Energy-Health Nexus and the Circular Economy as Sustainability Tools, in the Context of the 4th Industrial Revolution and Climate Change" supports the sustainability of productive sectors through an integrated approach addressing point-source pollution abatement, resources valorization, water reuse and energy production. It also deals with diagnostic, prevention, mitigation and remediation projects with a watershed, ecotoxicological and ecosystem health

approach, investigating the efficiency and safety of remediation techniques for aquatic ecosystems restoration purposes, focusing on diminishing eutrophication and cyanobacterial and harmful algal blooms. Its research lines are: Smart (remote and continuous data acquisition probes, modelling), Potable (drinking water safety and quality, new filters and filter materials), Restoration (novel methods for eutrophication remediation), Nexus (water-energy-production-health, circular economy, effluent and sludge treatment methods, resource valorization and water reuse).

Since its start, the Water Program has generated capacity building through graduate and postgraduate theses with experimental phases carried out in Uruguay, providing training in ecotoxicology, water science and technology, among other disciplines. In this conference I will explain the main results obtained in these years of fruitful collaboration.

**Keywords:** Water quality, circular economy, valorization, Nexus, smart, emerging contaminants.

**Evaluation of the efficiency of a vehicle disinfection arch with *in situ* generated chlorine**

**Ruben Plaza Saiz, Irene Ramos Peña,**

**Francesc Codony Iglesias, Leonardo Martín Perez,**

**Xevi Padró, Montserrat Gomez, Joan Martinez,**

**Jordi Morato Farreras**

Universitat Politècnica de Catalunya, Spain. [jordi.morato@upc.edu](mailto:jordi.morato@upc.edu)  
[plazaruben3@gmail.com](mailto:plazaruben3@gmail.com), [info@cleanup360.net](mailto:info@cleanup360.net),  
[Montserrat.gomez-gamisans@upc.edu](mailto:Montserrat.gomez-gamisans@upc.edu)

**Abstract**

In the context of the global pandemic caused by SARS - CoV2, a large number of sectors that carry out land transport in trucks or other vehicles have been forced to adopt extra security actions such as vehicle disinfection arches to prevent the spread of the virus during logistics procedures.

In a collaboration agreement, our work has consisted to evaluate a vehicle disinfection arch developed by a Catalan company. The disinfection of the arch was obtained using a saline electrolysis system that *in situ* generates chlorine radicals (biocidal agent) from common salt and water. Furthermore, the wastewater generated in the vehicle disinfection process was collected and re-used, reducing the economic and environmental impact of this activity.

The disinfection potential of the disinfection arch against 3 bacterial models was tested (*E. coli*, *S. aureus* and *Geobacillus stearothermophilus* spores).

For *S. aureus*, the reduction efficiency was higher than 99.9% for all samples at 2 and 5 ppm. For *E. coli*, the reduction efficiency was complete (100%) at 5 ppm and 2 ppm, except for only two samples at 2 ppm, although a higher than 90% efficiency was also obtained (91% and 96.8%). At 5 ppm the efficiency for spore disinfection was below 40%, but a higher 90% efficiency was obtained at 11 ppm for *Geobacillus stearothermophilus*.

Considering that the efficiency against *E. coli* and *S. aureus* is higher than 99.9% with 5 ppm, the disinfectant arch could work at that concentration to achieve a safe disinfection for all vehicles.

**Keywords:** Vehicle disinfection, chlorine disinfection, disinfection arch, saline electrolysis.

**RESÚMENES EN CASTELLANO**

**PRESENTADOS EN EL**

**II INTERNATIONAL  
CONFERENCE ON WATER AND  
SUSTAINABILITY**



## **Reserva de la biosfera del Montseny: Estudio científico de la composición mineral de las aguas de sus fuentes y aspectos ambientales asociados**

### **Oscar Farrerons Vidal**

Escola d'Enginyeria de Barcelona Est. Av. Eduard Maristany, 16.  
Barcelona 08019, España. Tel: 93 4137377. [Oscar.farrerons@upc.edu](mailto:Oscar.farrerons@upc.edu)

### **Fortià Prat Bofill**

Laboratori Clínic Prat. Calle del Pont, 21. Torelló 08570, España.  
[fprat001@cofb.net](mailto:fprat001@cofb.net)

## **Resumen**

En los últimos 4 años se ha llevado a cabo un estudio de la composición mineral del agua de las fuentes del Montseny en tres zonas: norte, oeste y este. Se han visitado aproximadamente 300 fuentes de las que se ha conseguido muestras de agua y analizado 100 de la zona norte, 48 del oeste y 75 del este.

Se ha procedido al análisis de los parámetros fisicoquímicos: caudal, pH, conductividad, bicarbonatos, sulfatos, cloruros, nitratos, dureza, calcio, magnesio, sodio y potasio. Para asegurar la calidad de los análisis, se ha realizado el balance iónico con porcentaje de error y se ha participado en Ejercicios de Intercomparación de Resultados, organizados por entidades acreditadas por ENAC. Todos los resultados analíticos tuvieron un Z-score <2, satisfactorio.

Con los resultados obtenidos se ha caracterizado cada una de las aguas, concluyendo que existe una clara polarización mineralógica en las aguas de las fuentes del Montseny en cuanto a los tres ámbitos geográficos estudiados. De manera

general, se puede afirmar que la mineralización del agua de la fuente es inversamente proporcional a su altitud, principalmente en los ámbitos norte y este, y menos en la zona oeste.

Todas las aguas están libres de la contaminación por nitratos excepto algunas pocas fuentes de la parte baja del este y oeste. Este hecho, junto a los valores de conductividad obtenidos, indicador de la mineralización global del agua, permitirán evaluar el estado químico de las aguas subterráneas del Montseny según la reciente “Guía para la evaluación del estado de las aguas superficiales y subterráneas” del MITECO.

**Palabras clave:** Mineralogía de las aguas, Montseny, reserva de la biosfera, fuentes naturales, nitratos.



## **Estudio integral del carbón activo granular procedente del sistema de control de olores de una EDAR urbana**

**Pedro Márquez García\***

Dpto. de Química Inorgánica e Ingeniería Química, Área de Ingeniería Química, Universidad de Córdoba, Córdoba, España.

**Almudena Benítez de la Torre, Álvaro Caballero Amores**

Dpto. de Química Inorgánica e Ingeniería Química, Instituto Universitario de Nanoquímica, Universidad de Córdoba, Córdoba, España.

**José Ángel Siles López, María de los Ángeles Martín Santos**

Dpto. de Química Inorgánica e Ingeniería Química, Área de Ingeniería Química, Universidad de Córdoba, Córdoba, España.

\*Corresponding author: Ctra. N-IV, km. 396, Campus de Rabanales, Edificio Marie Curie (planta baja), 14071 Córdoba, España. [a12magap@uco.es](mailto:a12magap@uco.es); Tel +34 687175679

### **Resumen**

Con el objetivo de profundizar en la naturaleza de la emisión gaseosa y odorífera en una estación depuradora de aguas residuales (EDAR), en el presente trabajo se ha realizado una caracterización físico-química, olfatométrica y textural del carbón activo granular (CAG) empleado como sistema de control de olores, así como la cuantificación cromatográfica de los compuestos odoríferos retenidos en cuatro puntos críticos de olor (cabecera de pretratamiento: CAG-1; desarenado y desengrasado: CAG-2; espesamiento de fangos: CAG-3; deshidratación del fango: CAG-4). Después de un año de

operación para todos los rellenos mencionados, las muestras relacionadas con la desodorización en la línea de aguas, CAG-1 y CAG-2, son las que han presentado mayor cantidad y variedad de compuestos odoríferos retenidos. Esta mayor retención de compuestos ha provocado una pérdida significativa de la microporosidad en CAG-1 y CAG-2, reduciéndose, con respecto al CAG prístino, en 93% y 73%, respectivamente. Además, la concentración total de compuestos desorbidos ( $\mu\text{g/g}$  CAG) y la concentración de olor específica desorbida ( $\text{ouE}/\text{m}^3$  g CAG) son directamente proporcionales mostrando una correlación alta ( $R^2 = 0,9756$ ). También se ha comprobado que la concentración de olor específica es inversamente proporcional al volumen de microporo libre determinado. Así, dicha concentración es uno de los indicadores de la pérdida de capacidad adsorbente, junto con la reducción del carácter básico del CAG. Finalmente, se puede concluir que el análisis multitécnica es adecuado para comprender mejor la eliminación de olores por adsorción con CAG, permitiendo optimizar el uso de este material y mejorar así la calidad del aire.

**Palabras clave:** Análisis multitécnica, carbón activo granular, EDAR, olor.

## **Regeneración del carbón activo granular procedente del sistema de desodorización de una EDAR urbana para su posterior reutilización**

**Pedro Márquez García\***

Dpto. de Química Inorgánica e Ingeniería Química, Área de Ingeniería Química, Universidad de Córdoba, Córdoba, España.

**Almudena Benítez de la Torre**

Dpto. de Química Inorgánica e Ingeniería Química, Instituto Universitario de Nanoquímica, Universidad de Córdoba, Córdoba, España.

**Jesús Hidalgo Carrillo, Francisco Javier Urbano Navarro**

Dpto. de Química Orgánica, Instituto Universitario de Nanoquímica, Universidad de Córdoba, Córdoba, España.

**Álvaro Caballero Amores**

Dpto. de Química Inorgánica e Ingeniería Química, Instituto Universitario de Nanoquímica, Universidad de Córdoba, Córdoba, España.

**José Ángel Siles López, María de los Ángeles Martín Santos**

Dpto. de Química Inorgánica e Ingeniería Química, Área de Ingeniería Química, Universidad de Córdoba, Córdoba, España.

\*Corresponding author: Ctra. N-IV, km. 396, Campus de Rabanales, Edificio Marie Curie (planta baja), 14071 Córdoba, España.  
[a12magap@uco.es](mailto:a12magap@uco.es); Tel: +34 687175679

## Resumen

La adsorción con carbón activo granular (CAG) es una tecnología eficiente para el tratamiento de malos olores en EDAR. Sin embargo, dicho material se convierte en un residuo industrial peligroso, con destino deposición en vertedero cuando finaliza su vida útil. Este trabajo propone una regeneración térmica en atmósfera oxidante (aire), a temperaturas inferiores a 350oC, del CAG procedente del sistema de desodorización de una EDAR, con el objetivo de reutilizar dicho adsorbente, evitando el uso de la tradicional atmósfera inerte a elevada temperatura y de elevado coste. En este sentido, el CAG residual, procedente de la desodorización de la cabecera de pretratamiento (muestra P1) y de la deshidratación del fango (muestra P2), se ha caracterizado antes y después de su regeneración. La caracterización previa ha demostrado que las condiciones de regeneración dependen de la naturaleza y concentración de los compuestos adsorbidos después del mismo tiempo de operación en planta, mientras que la caracterización posterior ha demostrado que el CAG regenerado recupera sus propiedades originales. Así, se han alcanzado superficies específicas BET superiores a 550 m<sup>2</sup>/g tanto para P1 como para P2, superando considerablemente el valor de 406 m<sup>2</sup>/g de la muestra prístina. Además, la estructura de microporos también se recupera para ambas muestras tras la regeneración oxidativa. En base a lo anterior, y teniendo en cuenta las buenas eficacias de regeneración alcanzadas (70 - 98%), la regeneración propuesta se torna en una alternativa sencilla y sostenible para conseguir la valorización con reutilización del CAG como relleno desodorizante en las EDAR.

**Palabras clave:** Carbón activo, EDAR, olor, regeneración.

## **Pesticidas organoclorados adsorbidos sobre microplásticos**

### **Miguel Ángel González-Curbelo\***

Universidad Ean, Grupo de Investigación en Ciencias Básicas. Calle 79 # 11 - 45, Bogotá, Colombia.

Universitat Politècnica de Catalunya, Institut d'Investigació Tèxtil i Cooperació Industrial de Terrassa (INTEXTER). C/Colom 15, 08222-Terrassa, España.

### **Montserrat López-Mesas**

Centre Grup de Tècniques de Separació en Química (GTS), Departament de Química, Facultat de Ciències, Edifici CN. Universitat Autònoma de Barcelona. 08193, Bellaterra, Cerdanyola del Vallès, España.

### **Carmen Gutiérrez-Bouzán**

Universitat Politècnica de Catalunya, Institut d'Investigació Tèxtil i Cooperació Industrial de Terrassa (INTEXTER). C/Colom 15, 08222-Terrassa, España.

\*Corresponding author: [magonzalez@universidadean.edu.co](mailto:magonzalez@universidadean.edu.co);

Tel: +57 1 5936464 ext. 2276

## Resumen

Los microplásticos (MPs) se han convertido en uno de los mayores contaminantes de los ecosistemas marinos debido a su persistencia, amplia distribución y constante acumulación. Aparte de sus efectos sobre los organismos y su tendencia a lixiviar sus aditivos, los microplásticos constituyen una vía para concentrar y retener contaminantes orgánicos persistentes, tales como los pesticidas organoclorados (OCPs). En este trabajo, se han estudiado los métodos analíticos descritos en la bibliografía que se han desarrollado para el análisis de OCPs adsorbidos sobre diferentes tipos de MPs muestreados en medios marinos, incluyendo las concentraciones de los residuos encontrados. Los trabajos se clasificaron por tipo de método analítico, analito, tipo y composición del MP y concentración de OCPs encontrada. Se evidenció que la alta diversidad de MPs ha resultado en la aplicación de una amplia variedad de métodos analíticos tales como extracción Soxhlet o extracción sólido-líquido asistida por ultrasonidos utilizando disolventes como hexano o diclorometano, seguido de cromatografía de gases acoplada a espectrometría de masas o detector de captura de electrones. El dicloro difenil tricloroetano (DDT) y sus productos de degradación han sido los OCPs más reportados, aunque también se han encontrado residuos de aldrin, dieldrin, endrin, heptacloro, hexaclorobenceno, lindano y endosulfán. Estas concentraciones varían dependiendo de la forma y composición del MP. Las concentraciones encontradas de estos residuos han variado desde 0,14  $\mu\text{g}/\text{kg}$  hasta 40,3  $\text{mg}/\text{kg}$ , fundamentalmente en MPs de polietileno y polipropileno con forma de pellet.

**Palabras clave:** Ecosistema marino, método analítico, microplástico, pesticida organoclorado, preparación de muestra, técnica instrumental.

## **Análisis del ciclo de vida de un proceso combinado de fotocatalisis on TiO<sub>2</sub> y adsorción con PAC de una planta piloto para la degradación de antibióticos**

### **Pedro Merino Matute**

Navarra de Infraestructuras Locales SA, av. Barañain 22, 31008 Pamplona, España.

### **Jorge Sierra-Pérez**

Research Group Water and Environmental Health, University of Zaragoza, Zaragoza, María de Luna 3, 50018 Zaragoza, España.

Department of Design and Manufacturing Engineering, EINA, University of Zaragoza, María de Luna 3, 50018 Zaragoza, España.

### **Rosa Mosteo**

Research Group Water and Environmental Health, University of Zaragoza, Zaragoza, María de Luna 3, 50018 Zaragoza, España.

### **Jairo Gómez**

Navarra de Infraestructuras Locales SA, av. Barañain 22, 31008 Pamplona, España.

\*Corresponding author: [697537@unizar.es](mailto:697537@unizar.es)

## Resumen

Actualmente es necesario avanzar en los tratamientos que se llevan a cabo en las EDARs para mejorar la calidad del agua depurada y así minimizar los efectos en el medio receptor. Las EDARs no se diseñan con el objetivo de eliminar compuestos orgánicos en bajas concentraciones habitualmente refractarios a los tratamientos convencionales utilizados en las instalaciones de depuración. Estos compuestos orgánicos suelen definirse como contaminantes emergentes, dentro de los cuales se encuentran los productos farmacéuticos. Los procesos de oxidación avanzada (POA), se basan en la generación de especies radicalarias, para la eliminación de compuestos orgánicos. Para aumentar su efectividad y eliminar mayor cantidad de compuestos orgánicos, se realizan procesos combinados como es el caso de la fotocatalisis y adsorción.

Se evalúa la viabilidad ambiental de una planta a escala piloto compuesta por un proceso de fotocatalisis y adsorción mediante la metodología de Análisis del Ciclo de Vida (ACV). Mediante el análisis de inventario de todas las entradas y salidas existentes en el sistema, se obtienen los resultados de impacto ambiental para diferentes categorías de impacto. Los resultados indican la gran influencia que tiene la construcción de la instalación de tratamiento de agua, siendo la etapa de almacenamiento previo al tratamiento la más relevante. El consumo energético del tratamiento se limita a la electricidad utilizada por los sistemas de bombeo, a las dos agitadoras y al proceso de aireación y fotocatalisis. Para el futuro escalado a una planta industrial se proponen mejoras de eco-diseño para intentar minimizar los impactos ambientales.

**Palabras clave:** Fotocatalisis, adsorción, análisis ciclo de vida, proceso combinado.



## **La figura de los observatorios ciudadanos del agua**

### **Piezas clave para el gobierno del agua. El caso del Observatori de l'Aigua de Terrassa (OAT)**

#### **Edurne Bagué**

Dra. Social Anthropology specialist in water, society, and culture (CIESAS, Cd Mx), collaborating with Càtedra UNESCO de Desenvolupament Humà Sostenible (UDG), España.

\*Corresponding author: [edurne.bague@gmail.com](mailto:edurne.bague@gmail.com);

Tel +34 606085920

#### **Resumen**

In recent years, because of remunicipalisation, the debates have focused mainly on two points; sustainability and the guarantee of rights such as the human right to water and sanitation. How can supply be guaranteed while minimizing the impact of supply on ecosystems and not promoting social inequality?

Guaranteeing access to the water supply involves relating from a balance to the ecosystems and their diversities. It is, therefore, about the sustainability of life and for this a look and a framework of action based on the common is necessary. This implies rethinking the decision-making spaces, that is, the government. From these concerns arose the water observatories, such as the one in Terrassa.

Due to their characteristics, they carry great potential to advance qualitatively in an integrated logic of urban water with the set of water systems that surround it from democratic practices based on transparency, the co-production of public

policy and social and ecosystem diversities. For all these reasons, the observatories contain potentialities to promote the socio-ecological transition in complex water management. Specifically, the OAT is one of the most advanced in its position based on the complexity and transversality of knowledge and needs.

**Palabras clave:** Water governance, commons, socioecological transition, sustainability.

## **Conoce el agua que te rodea: Aplicación en estudiantes de Secundaria**

**Lorena Mulero, Joaquim Pàmies, Dolors Grau\***

Universitat Politècnica de Catalunya – EXPLORATORI dels recursos de la natura, España.

\*Corresponding author: [dolors.grau@upc.edu](mailto:dolors.grau@upc.edu); Tel: +34 938777233

### **Resumen**

En este trabajo se presenta el “Manual para la evaluación de la calidad del agua” que forma parte del Proyecto BOSQUE y sostenibilidad, que tiene por objetivo relacionar los Objetivos de Desarrollo Sostenible y el bosque.

En este caso, se trabaja a partir de la consulta a diferentes páginas web en abierto de la Administración, para que los estudiantes de Secundaria puedan conocer de primera mano la calidad del agua de su entorno, así como evaluar su huella hídrica y la huella de carbono asociada al consumo del agua. Durante el curso 2019-20 se realizaron pruebas piloto con el propio profesorado de Secundaria, que han permitido establecer la metodología de trabajo que en el curso actual se está implementando en 30 Institutos de Catalunya. Con los resultados se puede comparar el estado de las masas de agua de los diferentes lugares de estudio, así como la huella hídrica de los participantes en el proyecto.

En definitiva, el objetivo consiste en concienciar a los estudiantes de Secundaria de la necesidad de preservar este bien tan valioso y estimularlos al ahorro de agua a partir del análisis del consumo en sus propios hogares. Para ello es necesario disponer de su factura de agua y situar la zona de

residencia en la cuenca hidrográfica correspondiente. A partir de aquí se evalúa el estado general y el estado ecológico del tipo de agua que se desee trabajar. Por último, cada participante en el proyecto calcula su propia huella hídrica en función de sus hábitos.

**Palabras clave:** Calidad del agua, huella hídrica, sostenibilidad, estudiantes de Secundaria.

## **Coagulantes naturales: Caso de estudio Colombia**

### **Lorena Salazar Gámez\***

Ph.D. I.C. Docente – Programa de Ingeniería Civil, Universidad Mariana Pasto Colombia.

### **Edgar Narvaez Jojoa**

Msc. I.C. Docente – Programa de Ingeniería Civil, Universidad Mariana Pasto Colombia.

### **Roberto Salazar Cano**

Msc. I.C. Docente – Programa de Ingeniería Civil, Universidad de Nariño, Pasto - Colombia.

\*Corresponding author: Carrera 33b#1a 35, [losaga00@gmail.com](mailto:losaga00@gmail.com);  
Tel: +57 3137457002

## **Resumen**

El mundo está viviendo un incremento en el uso de agua 20 al 30% sobre el nivel actual, tres de cada diez personas no tienen acceso a agua potable segura. En Colombia hay una gran brecha entre la zonas urbanas y rurales, en el año 2018 se registra una cobertura de acueducto del 87,6% para el área urbana y de 35% para la zona rural, estudios reportan que para el año 2017 el 53,6% de la población rural no accede a agua potable, estas zonas en el país son dispersas donde los sistemas convencionales de tratamiento no son adecuados.

El presente artículo presenta dos estudios realizados en el país en diferentes ciudades uno en Medellín, donde se analizó una fuente superficial y el segundo en la ciudad de Pasto empleando un efluente sintético, no obstante las turbiedades

iniciales son similares 40 NTU y 47 NTU respectivamente, en el estudio realizado en Medellín se evaluó el coagulante natural M.Oleifera, y el estudio realizado en Pasto se estudió una planta denominada Yausa empleada en el proceso de obtención de caña panelera. Los resultados presentan que M. Oleifera elimina 90% de turbiedad y la Yausa el 93,6%, para el color se obtuvieron eficiencias en remoción de turbiedad para for M. Oleifera del 95% and 85.3% para Yausa. Por lo tanto, el uso de coagulantes naturales, se puede plantear como una alternativa para el tratamiento de agua, especialmente en zonas rurales donde la situación económica y de acceso a los sistemas convencionales es compleja.

**Palabras clave:** Tratamiento de agua, coagulantes naturales, M.Oleifera, Yausa.

## **El oso andino (*Tremarctos ornatus*) como soporte del servicio ambiental hídrico en bosques de conservación comunal en la región andina-amazónica**

**Santiago Alberto Casas Luna\***

Universidad Nacional de San Martín, Perú.

Universidad Católica de Lovaina, Bélgica.

**Deborah Delgado Pugley**

Pontificia Universidad Católica del Perú, Perú.

**Liliana Lozano, Alfonso Christopher Zúñiga Hartley**

Universidad Católica de Lovaina, Bélgica.

**Néstor Montalvo Arquíñigo, Jesús Abel Mejía Marcacuzco**

Universidad Nacional Agraria La Molina, Perú.

\*Corresponding author: Jr. Chachapoyas Mz.E, Lte.01 – Moyobamba – Perú. [scasasl@unsm.edu.pe](mailto:scasasl@unsm.edu.pe)

### **Resumen**

El oso de anteojos (*Tremarctos ornatus*) es uno de ocho especies de osos a nivel global, es un mamífero único y más grande que habita en los andes de Latinoamérica, su hábitat natural se encuentra entre 200 a 4750 metros de altitud, es una especie vulnerable declarado por organismos internacionales, en la región andina-amazónica se encuentra en alto grado de peligro de extinción debido a las amenazas frecuentes de fragmentación y pérdida de hábitat como consecuencia de la deforestación, expansión de la frontera agrícola, captura ilegal y cacería furtiva, generándose potenciales conflictos humano-

oso; sin embargo, es poco conocido su importancia en la red trófica y el ecosistema como una especie omnívoros dispensador de semillas y por su abundante pelaje como gran polinizador en la sostenibilidad de los servicios ecosistémicos de los bosques y es determinante en la función de captación y retención del agua. En la región andina-amazónica del Perú las comunidades nativas e indígenas cumplen un rol importante para la conservación del ecosistema, bosques y biodiversidad; es el caso de la Comunidad Nativa Chirikyacu, como modelo de conservación comunal de bosques en la región San Martín, se ha caracterizado y evaluado especies mamíferos terrestres y su relación en la sostenibilidad de los servicios ecosistémicos hídricos y de conservación del bosque; el hallazgo del oso andino u oso de anteojos muy conocido como “Ukumari” o “Ishnachi” evidencia su rol importante para la sostenibilidad del servicio ambiental hídrico y ecosistemas.

**Palabras clave:** Conservación comunal, oso de anteojos, recursos hídricos y ecosistemas.



## **Electro-depuración de aguas residuales industriales**

**Carmen Gutiérrez-Bouzán\*, Valentina Buscio**

INTEXTER – Universitat Politècnica de Catalunya, España.

**Anna Serra**

EURECAT- Manresa, España.

**Antonio Cuevas**

Waterologies.

\*Corresponding author: [m.carmen.gutierrez@upc.edu](mailto:m.carmen.gutierrez@upc.edu);

Tel:+34 93739 80 08

### **Resumen**

El proyecto ELDE tiene como objetivo la depuración de efluentes industriales empleando tecnologías accionadas mediante electricidad: electro-oxidación, electro-coagulación, adición de oxidantes electro-generados y electro-diálisis. Concretamente, para el tratamiento de los efluentes de la industria química y de curtidos se ha desarrollado un sistema basado en la combinación de dos de estas tecnologías: electro-oxidación (EO) y electro-coagulación (EC). Este sistema es aplicable también a otros sectores industriales.

La EO es un tratamiento electroquímico que no requiere la adición de reactivos químicos ya que genera oxidantes a partir de las sales contenidas en la propia agua residual. Dichos oxidantes descomponen parcialmente la materia orgánica sin generar ningún tipo de residuo. Con esta tecnología se consigue una eliminación total del color y una reducción de la materia orgánica. Por otra parte, la EC se basa en la

precipitación de la materia orgánica mediante la generación in situ de un coagulante, el cual permite eliminar totalmente la turbidez del agua y disminuir el contenido de materia orgánica. El sistema EO-EC permite transformar el problema de la salinidad en una ventaja, aprovechando las sales para la generación in situ de oxidantes o coagulantes. Además, se evita el transporte, manipulación y sobredosificación de productos químicos para el tratamiento de las aguas residuales. Ambas tecnologías pueden usarse conjuntamente o por separado, dependiendo de los requisitos del agua a tratar. La aplicación del tratamiento EO-EC en las aguas residuales de los sectores químico y de curtidos permitió reducir hasta un 71% del contenido de materia orgánica, además de eliminar el color y la turbidez.

**Palabras clave:** Electro-oxidación, electro-coagulación, tratamiento electroquímico, aguas residuales industriales.

### **Agradecimientos**

El proyecto ELDE ha sido cofinanciado por la Unión Europea, a través del Fondo Europeo de Desarrollo Regional (FEDER).

## **Optimización de parámetros para una eliminación eficiente del colorante**

**Valentina Buscio\*, Montserrat Pepió, Bettina Vallés,**

**Víctor López-Grimau, Carmen Gutiérrez-Bouzán**

Institut d'Investigació Tèxtil i Cooperació Industrial (INTEXTER),  
Universitat Politècnica de Catalunya, España.

\*Corresponding author: [valentina.buscio-olivera@upc.edu](mailto:valentina.buscio-olivera@upc.edu);

Tel: +34 937398260

### **Resumen**

Los efluentes generados en los procesos de tintura de textil con colorantes reactivos se caracterizan por su fuerte coloración y elevada salinidad. En general, estos efluentes se suelen tratar mediante la combinación de procesos biológicos y técnicas físicoquímicas, como la coagulación-floculación. Sin embargo, en los últimos años, la aplicación de métodos electroquímicos se ha mostrado eficaz para la reducción de color de las aguas residuales. En este trabajo, se estudió el efecto del pH, concentración de colorante y conductividad en la degradación del colorante C.I. Orange 13. Con este fin, se diseñó un experimento factorial 2<sup>3</sup> y se modelizaron las cinéticas de degradación obtenidas. Los resultados obtenidos requirieron una ampliación de la experimentación y un replanteamiento de su interpretación. La modelización de los ensayos mostró que la constante de degradación depende, no sólo de los tres factores estudiados, sino también de algunas interacciones entre ellos. Por otro lado, la conductividad debida al NaCl tiene un doble efecto sobre el tratamiento: favorece la movilidad de los electrones y permite la generación

de oxidantes. Se realizaron ensayos fijando la conductividad a 50 mS/cm, pero variando la concentración de NaCl. Se observó que la concentración de NaCl es un factor importante en la eficiencia del tratamiento, obteniéndose velocidades de degradación más elevadas al aumentar la concentración de sal.

**Palabras clave:** Tintura textil, decoloración electroquímica, modelización, aplicación industrial.

**¿Es la microfibra bi-compuesta, un material aplicable a la purificación del agua y es posible replicar esas cualidades usando un material de origen natural como el cáñamo?**

**Lucía Giannoni, Valentina Supino**

Escuela Universitaria Centro de Diseño, Facultad de Arquitectura, Montevideo, Uruguay.

**Diana Míguez\***

Latitud - Fundación LATU, Montevideo, Uruguay.

\*Corresponding author: Ave. Italia 6201, edificio Los Abetos: [dmiguez@latitud.org.uy](mailto:dmiguez@latitud.org.uy); Tel: +59 86013724 int. 2406

## **Resumen**

Debido a la acuciante contaminación y escasez de agua que enfrenta el mundo, se requiere garantizar la seguridad hídrica. La tendencia mundial también se orienta hacia el reemplazo de fibras sintéticas por naturales sostenibles para disminuir el impacto de micro y nanoplásticos en el ambiente.

En esta investigación se trabajó bajo la hipótesis de que los materiales textiles pueden usarse para la purificación de agua y que es posible adoptar a las fibras naturales como medio filtrante. Para ello, se comparó el desempeño como tecnología de filtración de fibras de cáñamo y microfibras bi-componentes (80% poliéster, 20% nailon). Los procedimientos realizados fueron filtración superficial, y luego se los llevó a una tercera dimensión, desmontándolos y convirtiéndolos en un top de escamas o fibras, en un proceso de filtración en profundidad.

Tras la filtración superficial, ambos materiales consiguieron eficiencias similares en la remoción de agua de río de turbiedad 10 NTU (50% sintético y 40% natural). Sin embargo, el desempeño de remoción de organismos mesófilos heterótrofos empleando la fibra sintética fue el más eficiente (aproximadamente 2 log desde un recuento inicial de  $3,4 \times 10^3$  u.f.c., vs. menos de un log, respectivamente). La filtración en profundidad no fue tan efectiva como la superficial para ninguno de ellos en cuanto a turbiedad, en tanto, la fibra sintética logró una eficiencia en la remoción microbiana similar a la filtración superficial.

Se entiende, de esta forma, que los resultados fueron alentadores, lo que impulsa a proseguir evaluando conformaciones para obtener resultados aún más prometedores.

**Palabras clave:** Microplásticos, sostenibilidad, textiles, filtración, seguridad hídrica, fibras.

## **Análisis y caracterización regional de variables meteorológicas en una subcuenca al noroeste de Guanajuato, México**

**Luz Adriana Arias Hernández\***

Universidad de Guanajuato. División de Ingenierías. Departamento de Ingeniería en Geomática e Hidráulica.

**Marcos Irineo Esquivel Longoria**

Universidad de Guanajuato. Área de Ciencias Atmosféricas y Observatorio Meteorológico. Departamento de Astronomía.

**Eladio Delgadillo Ruiz**

Universidad de Guanajuato. División de Ingenierías. Departamento de Ingeniería Civil y Ambiental.

\*Corresponding author: Avenida Juárez # 77. Zona Centro, [arhadriana@ugto.mx](mailto:arhadriana@ugto.mx); Tel: +14 731020100

### **Resumen**

La gestión de los recursos hídricos hoy en día son de vital importancia, es por ello que realizar un monitoreo constante para la determinación de cambios de patrones de variables como temperatura y precipitación de una zona de estudio puede resultar relevante en el análisis de la afectación de la disponibilidad de agua para las diversas actividades tanto productivas como de consumo humano, además de permitir la prevención de fenómenos meteorológicos pudiendo aminorar riesgos por inundaciones y sequías así como el mejoramiento en infraestructura hidráulica en la toma de decisiones ante los eventos mencionados. La zona de estudio considerada en la investigación pertenece a la región Hidrológica Lerma-

Santiago así como a la del Pánuco e identificado además en la Cuenca Hidrológica del Río Santa María 2, dicha cuenca es caracterizada con atractivo potencial hidrológico. Se llevó a cabo la delimitación de Cuenca mediante el software de simulación y SIG de acceso libre, se determinaron parámetros estadísticos básicos y la caracterización mediante climogramas para caracterización regional de las variables Humedad relativa, Temperatura mensual máxima y mínima, así como Precipitación promedio y acumulada en un periodo del 2016 al 2020. Durante ese periodo de tiempo se observan anomalías para los años 2018 y 2019. Resaltando el 2019 con menor días de Lluvia. Respecto a la Humedad relativa promedio el mayor valor se observa para el año 2018. Los análisis y caracterización de datos climáticos regionales constituyen un importante aporte para la gestión hídrica, así como la prevención y seguridad hídrica.

**Palabras clave:** Recursos hídricos, variables meteorológicas, disponibilidad.



## **Estimación del escurrimiento superficial en la zona urbana de la ciudad de Guanajuato mediante la utilización de sistemas de información geográfica**

**Eladio Delgadillo Ruiz\*, Guadalupe Vázquez Rodríguez,  
David Tirado Torres, Felicitas Calderón Vega**

Universidad de Guanajuato, División de Ingenierías, Departamento de Ingeniería Civil y Ambiental.

**Luz Adriana Arias Hernández**

Universidad de Guanajuato, División de Ingenierías, Departamento de Ingeniería en Geomática e Hidráulica.

\*Corresponding author: Av. Juárez #77, Centro, Guanajuato, Gto. C.P. 36000, [e.delgadillo@ugto.mx](mailto:e.delgadillo@ugto.mx); +14 731020100

### **Resumen**

Uno de los principales componentes del balance hídrico es el escurrimiento superficial, el cual, la mayoría de las veces es estimado debido a la poca información hidrométrica con la que cuenta el estado de Guanajuato, lo cual tiene como consecuencia que las acciones de prevención de eventos hidrometeorológicos extremos que se realicen sean nulas. En particular, la ciudad de Guanajuato, al estar catalogada como ciudad patrimonio cultural de la humanidad requiere de una propuesta de prevención ante posibles inundaciones. El objetivo principal de este estudio fue obtener un modelo hidrológico para la zona urbana de la Ciudad de Guanajuato, ya que estos modelos son una opción rápida y de bajo costo para poder estimar en cuencas sin aforos el escurrimiento superficial en un evento de lluvia-escorrentía. Para lograr el objetivo se llevó a cabo una delimitación de la zona de estudio

utilizando sistemas de información geográfica, para lo cual se utilizaron las características físicas actuales de los suelos para poder construir el modelo hidrológico y con ello modelar el escurrimiento superficial haciendo uso del programa de cómputo HEC-HMS utilizando además las propuestas del Servicio de Conservación de Suelos de Estados Unidos y del método de Green Ampt. Algunos de los datos de entrada que solicita el programa para el modelado son: hidrogramas de escurrimiento directo, datos puntuales de precipitación y un modelo de infiltración. Como resultados se obtuvieron mapas de zonas vulnerables debido al cambio de uso de suelo actual sobre todo en la parte sur de la ciudad.

**Palabras clave:** Esgurrimiento, balance hídrico, uso de suelo.

## **Evaluación de la eficiencia de un arco de desinfección de vehículos con cloro generado *in situ***

**Ruben Plaza Saiz, Irene Ramos Peña,**

**Francesc Codony Iglesias, Leonardo Martín Perez,**

**Xevi Padró, Montserrat Gomez, Joan Martinez,**

**Jordi Morato Farreras**

Universitat Politècnica de Catalunya, [jordi.morato@upc.edu](mailto:jordi.morato@upc.edu), España.

[plazaruben3@gmail.com](mailto:plazaruben3@gmail.com)

[info@cleanup360.net](mailto:info@cleanup360.net)

[montserrat.gomez-gamisans@upc.edu](mailto:montserrat.gomez-gamisans@upc.edu)

### **Resumen**

En el contexto de la pandemia mundial provocada por el SARS - CoV2, un gran número de sectores que realizan transportes terrestres en camiones u otros vehículos se han visto obligados a adoptar acciones extra de seguridad como arcos de desinfección de vehículos para evitar la propagación del virus.

Nuestro trabajo ha consistido en evaluar un arco de desinfección de vehículos desarrollado por una empresa catalana. El arco de desinfección funciona mediante un sistema de electrólisis salina que genera *in situ* radicales de cloro (agente biocida) a partir de sal común y agua. Además, las aguas residuales generadas en el proceso de desinfección de vehículos fueron recolectadas y reutilizadas, reduciendo el impacto económico y ambiental de esta actividad.

Se evaluó el arco de desinfección frente a 3 modelos bacterianos (*E. coli*, *S. aureus* y esporas de *Geobacillus stearothermophilus*).

Para *S. aureus*, la eficiencia de reducción fue superior al 99,9% para todas las muestras a 2 y 5 ppm. Para *E. coli*, la eficiencia de reducción fue completa (100%) a 5 ppm y 2 ppm, excepto para dos muestras a 2 ppm (91% y 96,8%). A 5 ppm, la eficiencia para la desinfección de esporas fue inferior al 40%, pero se obtuvo una eficiencia superior al 90% a 11 ppm para *Geobacillus stearothermophilus*.

Considerando que la eficiencia frente a *E. coli* y *S. aureus* es superior al 99,9% con 5 ppm, el arco desinfectante podría funcionar a esa concentración para lograr una desinfección segura para todos los vehículos.

**Palabras clave:** Desinfección de vehículos, desinfección con cloro, arco de desinfección, electrólisis salina.

**RESUMS EN CATALÀ**

**PRESENTATS EN EL**

**II INTERNATIONAL  
CONFERENCE ON WATER AND  
SUSTAINABILITY**



## La reutilització de l'aigua a l'àrea metropolitana de Barcelona: Situació actual, reptes i perspectives de futur

**Fernando Cabello Bergillos**

Àrea Metropolitana de Barcelona, Carrer 62, núm. 16-18. Sector A, Edifici B, Planta 7ª, 08040, Barcelona, Espanya. [fcabello@amb.cat](mailto:fcabello@amb.cat)

### Resum

El territori metropolità és molt heterogeni, inclou 36 municipis de diferents mida i tipus, alguns amb 4.000 habitants i altres, com Barcelona, amb 1,6 milions d'habitants.

En total el territori té una superfície de 636 km<sup>2</sup> i 3,2 milions d'habitants, amb el 48% del terreny urbanitzat.

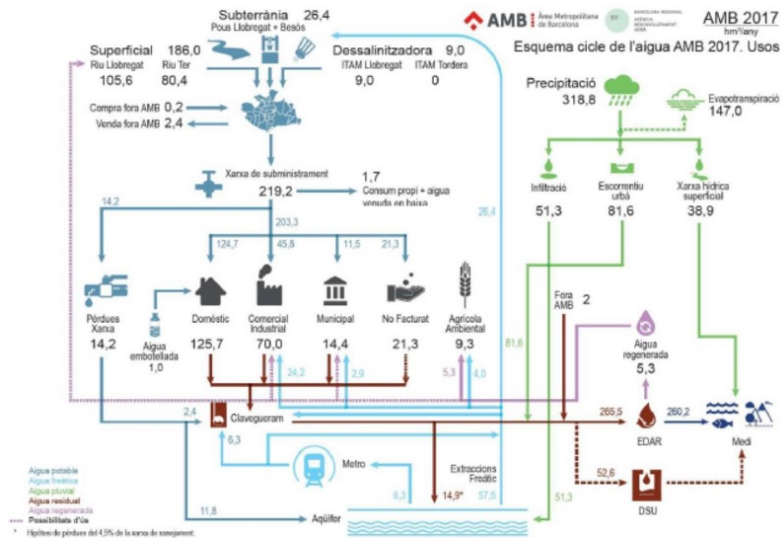


L'actual subministrament d'aigua per a tot el territori resta condicionat a l'aportació d'aigua de conques externes al territori metropolità, i es preveu que en un futur aquestes disponibilitats quedaran reduïdes, per diferents factors:

a) *Reducció del recurs del Riu Ter pels "Acords de la Taula del Ter"*: la quantitat d'aigua derivada del Riu Ter cap a l'àrea de Barcelona quedarà reduïda de manera considerable.

b) *El canvi climàtic* afectarà en una reducció (-12%) dels recursos superficials del Ter i del Llobregat, i (-9%) dels recursos subterranis del Llobregat, Besòs i aqüífers locals. A més, també suposarà un increment de la temperatura mitjana (entre 1,5 i 4°C), amb estacions menys marcades, índex de calor diürns i nocturns més elevats (amb possible increment de la demanda d'aigua) i intensificació de períodes de sequera.

c) *Evolució de la població metropolitana*, associada a un increment de la demanda hídrica. L'evolució dels darrers 60





anys ha estat de 1.756.505 habitants (1955) a 3.260.268 habitants (2018).

d) *Evolució del territori Metropolità*, en transformació i amb noves necessitats hídriques.

El cicle de l'aigua metropolitana és complex, i és necessari buscar noves fonts alternatives, que puguin garantir l'abastament, en qualitat i quantitat suficient, a tot el territori Metropolità. Un bon recurs és l'aigua regenerada, que contribueix a crear una economia circular dins del cicle de l'aigua metropolitana, alhora que és un recurs que pot ajustar la seva qualitat a l'ús de demanda requerit.

Actualment al territori Metropolità existeixen tres EDAR (Estació Depuradora d'Aigües Residuals) que disposen d'ERA (Estació de Regeneració d'Aigües): ERA del Prat de Llobregat, ERA de Gavà-Viladecans i ERA de Sant Feliu de Llobregat.



Les produccions i reutilitzacions que es realitzen actualment es mostren a la Taula 1.

**Taula 1. Producció i reutilització d'aigua actualment**

ERA	Cabal de disseny (m3/s)	Tractament	Usos	Q reutilitzat (m3) Q depurat (m3) % reutilitzat/depurat			
Gavà-Viladecans	0,25	Ultrafiltració + desinfecció	Restitució hidràulica i reg agrícola	3.972.592	14.859.624	26,73%	
Sant Feliu de Llobregat	0,5	Reducció MES + desinfecció	Reg agrícola	80.260	18.564.831	0,43%	
			Golf	153.290		0,83%	
			Canal de la Infanta	14.500		0,08%	
El Prat de Llobregat	3,25	Ultrafiltració + osmosi inversa	Barrera contra intrusió salina	270.423	92.085.161	0,29%	
			Filtració + electrodiàlisi reversible	Reg agrícola			
			Físico-químic + filtració + desinfecció	Ús ambiental		7.901.762	8,58%
				Zones humides			
				Industrial			
				Neteja carrers i clavegueram			
				Reg zones verdes			
			<b>12.392.827</b>	<b>125.509.616</b>	<b>9,87%</b>		

S'observa que principalment estan enfocats en usos ambientals (manteniment del cabal ecològic del riu), en la injecció d'aigua a l'aquífer per la lluita contra la intrusió salina, i a usos agrícoles.

Per tant, hi ha un ampli marge de disponibilitat per a poder potenciar l'ús d'aigua regenerada, per a diferents usos, en territori metropolità.

### **Projectes a curt i mig termini**

*Pilot de subministrament al municipi d'El Prat de Llobregat + AENA:* Projecte per a abastir el municipi de El Prat de Llobregat, així com l'Aeroport de Barcelona, amb aigües regenerades destinades a diferents usos amb un total de 953.000 m<sup>3</sup>/any:

- Canal de Bunyola (300.000 m<sup>3</sup>/any)
- Usos municipals (143.000 m<sup>3</sup>/any):
  - Neteja del diposit AntiD (60.000 m<sup>3</sup>/any)
  - Reg d'horts lúdics (25.000 m<sup>3</sup>/any)
  - Reg "Parc Nou" (AMB) (23.000 m<sup>3</sup>/any)
  - Reg i baldeig municipal (35.000 m<sup>3</sup>/any)
- Usos AENA
  - Fluxors (500.000 m<sup>3</sup>/any)
  - Reg (10.000 m<sup>3</sup>/any)

També es preveu l'ús de descàrrega d'aparells sanitaris domèstics, tot i que serà en una etapa posterior.

*Pilot de subministrament al barri La Marina El Prat Vermell – Barcelona:* Projecte per abastir el barri, en fase de planificació i urbanització, de La Marina el Prat Vermell, de Barcelona, en el que es preveuen les següents demandes:

- Usos Municipals - 42.106 m<sup>3</sup>/any. Inclou: reg de parcs i jardins, bladeig de carrers per la neteja viària i neteja de clavegueram i dipòsit anti-DSU.

- Descàrrega de sanitaris domèstics (12.000 habitatges) - 219.116 m<sup>3</sup>/any

- Reg de zones verdes privades (jardins interiors comunitats)

*Abastament a indústries del Polígon Barcelona – El Prat.* Projecte per l'abastament d'aigua regenerada a les indústries del Consorci de la Zona Franca. Es preveuen diferents usos de l'aigua: aigua de procés (refrigeració, neteges, etc), reg i baldeig, usos industrials, etc.



*Potenciar l'ús d'aigües regenerades de la ERA Gavà:* Actualment es destina principalment a ús agrícola. S'estan estudiant nous usos potencials, això com una millora en la capacitat de producció de la ERA.

*Implantació tractament terciari més eficient a la EDAR Sant Feliu:* Es planteja la necessitat d'implantar un tractament més complet, per tal de poder subministrar nous usos potencials.

*Creació de xarxa d'abastament en alta d'aigües regenerades:* Projecte per la creació d'una xarxa d'abastament en alta d'aigua regenerada, que connecti les diferents ERAs metropolitanas.

També s'estudia la compra d'aigua regenerada en alta “fora del territori metropolità” per abastir les demandes de municipis que no colindin amb la xarxa metropolitana en alta.

Per aconseguir tot això, però, cal afrontar alguns reptes importants:

•**Inversions:** Actualment s'estimen les necessitats d'inversió per a la implantació dels projectes que s'estan treballant d'abastament d'aigua regenerada en  $\pm$  16 Milions d'euros. Hi ha diferents organismes/administracions susceptibles de finançar parcialment aquestes inversions, però cal una coordinació important (Fons de la UE, Agència Catalana del Agua (ACA), Àrea Metropolitana de Barcelona (AMB), Ajuntaments metropolitans, etc...).

És necessari establir un model econòmic robust que permeti aconseguir una tarifa final pels usuaris que sigui raonable i que motivï i potencïi l'ús real d'aigua regenerada.

•*Requisits sanitaris per l'ús « descàrrega d'aparells sanitaris » domèstics:* Creació de grup de treball per a l'elaboració d'un Pla de Seguretat i Anàlisi del Risc, específic per a l'ús “descàrregues d'aparells sanitaris domèstics”.

•*Col·lector de salobres:* La finalització d'aquesta obra suposarà una reducció d'entre 200 i 300  $\mu$ S/cm de la conductivitat de l'aigua regenerada de la ERA del Llobregat, millorant substancialment la qualitat de l'aigua regenerada que es podria reutilitzar per a usos més restrictius.

•*Pla Director Metropolità d'Aigües Regenerades i Model de subministrament d'aigües regenerades:* L'AMB està treballant en el Pla Director Metropolità d'Aigües Regenerades i en el Model

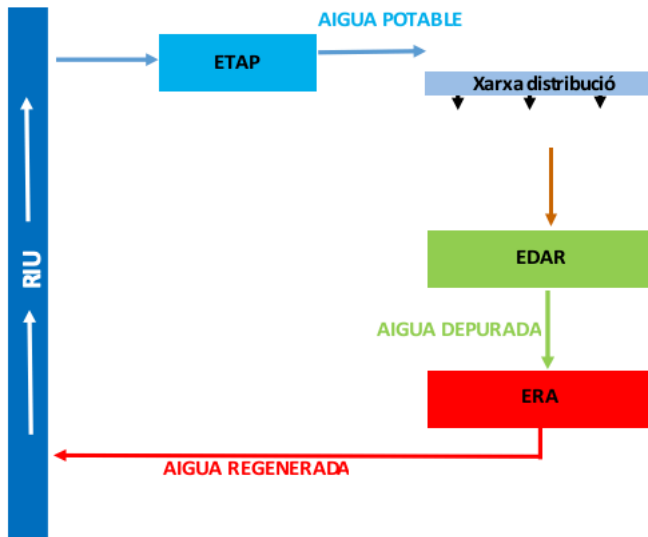
Metropolità d'Abastament d'Aigües Regenerades, que marcaran les directrius per al desenvolupament i implantació del servei metropolità d'abastament i reutilització d'aigües regenerades.

Finalment, S'està treballant per a aconseguir el tancament del cicle, i que el destí de l'aigua regenerada pugui ser aigua pre-potable per a la captació i posterior tractament per a l'abastament domiciliari d'aigua potable.

### Reutilització directa



## Reutilització indirecta



**Paraules clau:** Reutilització, AMB, reptes i futur.

## **Autores**

### **A**

Albendín, Gema	<a href="#">47</a>
Aldaya, Maite M.	<a href="#">24</a>
Álvarez, Héctor	<a href="#">43</a>
Álvarez, Rodrigo	<a href="#">43</a>
Álvarez-Blanco, Silvia	<a href="#">30</a> , <a href="#">32</a> , <a href="#">40</a>
Amante, Beatriz	<a href="#">66</a>
Arboleda Navarro, Judith	<a href="#">28</a>
Arellano, Juana María	<a href="#">47</a>
Arias Hernández, Luz Adriana	<a href="#">103</a> , <a href="#">105</a>
Arnal, José Miguel	<a href="#">64</a>
Asenjo, José María	<a href="#">43</a>
Atanasova, Natasa	<a href="#">21</a>
Audino, Francesca	<a href="#">28</a>

### **B**

Bagué, Edurne	<a href="#">89</a>
Belzagui, Francisco	<a href="#">66</a> , <a href="#">68</a>
Benítez de la Torre, Almudena	<a href="#">81</a> , <a href="#">83</a>
Bianchi, Cecilia	<a href="#">70</a>
Buscio, Valentina	<a href="#">97</a> , <a href="#">99</a>
Buttiglieri, Gianluigi	<a href="#">22</a>



**C**

---

Caballero Amores, Álvaro	<a href="#"><u>81, 83</u></a>
Cabello Bergillos, Fernando	<a href="#"><u>111</u></a>
Cabot, Jordi	<a href="#"><u>34</u></a>
Calderón Vega, Felicitas	<a href="#"><u>105</u></a>
Carralero Bon, Iván	<a href="#"><u>49, 52</u></a>
Casas Luna, Santiago Alberto	<a href="#"><u>95</u></a>
Castellano Costa, Jordi	<a href="#"><u>21</u></a>
Cediel, Nerea	<a href="#"><u>58</u></a>
Cifuentes-Cabezas, Magdalena	<a href="#"><u>40</u></a>
Codony Iglesias, Francesc	<a href="#"><u>75, 107</u></a>
Coello, María Dolores	<a href="#"><u>47</u></a>
Comas, Joaquim	<a href="#"><u>21</u></a>
Conesa, Aleix	<a href="#"><u>28</u></a>
Crespi, Martí	<a href="#"><u>60</u></a>
Cruz-Pérez, Noelia	<a href="#"><u>24, 26</u></a>
Cuevas, Antonio	<a href="#"><u>97</u></a>
Cugueró, Pep	<a href="#"><u>34</u></a>

**D**

---

Delgadillo Ruiz, Eladio	<a href="#"><u>103, 105</u></a>
Delgado Pugley, Deborah	<a href="#"><u>95</u></a>
Domínguez, Guillermo	<a href="#"><u>43</u></a>

---

**E**

---

Egea-Corbacho, Agata	<a href="#">47</a>
Ellicot, Harry	<a href="#">30</a>
España, Antonio	<a href="#">62</a>
Esquivel Longoria, Marcos Irineo	<a href="#">103</a>
Estelrich, Miquel	<a href="#">21</a>

**F**

---

Farrerons Vidal, Oscar	<a href="#">79</a>
Franch, Oscar	<a href="#">34</a>
Franco, Ana Amelia	<a href="#">47</a>

**G**

---

García, Celso	<a href="#">26</a>
García, Héctor A.	<a href="#">70</a>
García Gil, Alejandro	<a href="#">24</a>
García Montaña, Julia	<a href="#">28</a>
García-Fayos, Beatriz	<a href="#">64</a>
Gattringer, Heinz	<a href="#">22</a>
Giannoni, Lucía	<a href="#">101</a>
Gómez, Jairo	<a href="#">38, 87</a>
Gómez, Montserrat	<a href="#">75, 107</a>
González-Curbelo, Miguel Ángel	<a href="#">85</a>

Graells, Moisès	<a href="#">62</a>
Grau, Dolors	<a href="#">45</a> , <a href="#">91</a>
Guerra-Rodríguez, Sonia	<a href="#">55</a> , <a href="#">58</a>
Gutiérrez-Bouzán, Carmen	<a href="#">66</a> , <a href="#">68</a> , <a href="#">85</a> , <a href="#">97</a> , <a href="#">99</a>

## H

---

Herrero, M. Sol	<a href="#">49</a> , <a href="#">52</a>
Hidalgo Carrillo, Jesús	<a href="#">83</a>

## L

---

L. Ribeiro, Ana Rita	<a href="#">55</a>
Lario, Luciana D.	<a href="#">52</a>
Lechtenberg, Fabian	<a href="#">62</a>
Liesenfeld, Kelly	<a href="#">70</a>
López Grimau, Victor	<a href="#">60</a> , <a href="#">99</a>
López-Mesas, Montserrat	<a href="#">85</a>
Loredo, Jorge	<a href="#">43</a>
Loureiro, Dana Belén	<a href="#">52</a>
Lozano, Liliana	<a href="#">95</a>

## M

---

March, Hug	<a href="#">19</a>
Márquez García, Pedro	<a href="#">81</a> , <a href="#">83</a>

Martín, Ana Pilar	<a href="#">47</a>
Martín Pérez, Leonardo	<a href="#">49</a> , <a href="#">52</a> , <a href="#">75</a> , <a href="#">107</a>
Martín Santos, María de los Ángeles	<a href="#">81</a> , <a href="#">83</a>
Martínez, Joan	<a href="#">75</a> , <a href="#">107</a>
Mejía Marcacuzco, Jesús Abel	<a href="#">95</a>
Mendoza-Roca, José Antonio	<a href="#">40</a>
Menéndez, Javier	<a href="#">43</a>
Merino Matute, Pedro	<a href="#">38</a> , <a href="#">87</a>
Miguez, Diana	<a href="#">70</a> , <a href="#">73</a> , <a href="#">101</a>
Montalvo Arquíñigo, Néstor	<a href="#">95</a>
Mora, Pere	<a href="#">36</a>
Morató Farreras, Jordi	<a href="#">75</a> , <a href="#">107</a>
Mosteo, Rosa	<a href="#">38</a> , <a href="#">87</a>
Mulero, Lorena	<a href="#">45</a> , <a href="#">91</a>

## N

Narvaez Jojoa, Edgar	<a href="#">93</a>
----------------------	--------------------

## O

Oliva, Adrian	<a href="#">36</a>
---------------	--------------------

## P

Padró, Xevi	<a href="#">75</a> , <a href="#">107</a>
-------------	--

Pàmies, Joaquim	<a href="#">45</a> , <a href="#">91</a>
Pedregal-Montes, Angela	<a href="#">64</a>
Pepió, Montserrat	<a href="#">99</a>
Petrovic, Mira	<a href="#">28</a>
Pérez, Ramon	<a href="#">34</a>
Plaza Saiz, Ruben	<a href="#">75</a> , <a href="#">107</a>
Prat Bofill, Fortià	<a href="#">79</a>
Puig, Vicenç	<a href="#">36</a>

## Q

---

Quevedo, Joseba	<a href="#">36</a>
Quiroga, José María	<a href="#">47</a>

## R

---

Ramos Peña, Irene	<a href="#">75</a> , <a href="#">107</a>
Ribeiro, Rui S.	<a href="#">55</a>
Rodríguez, Encarnación	<a href="#">55</a> , <a href="#">58</a>
Rodríguez, Rocío	<a href="#">47</a>
Rodríguez-Chueca, Jorge	<a href="#">55</a> , <a href="#">58</a>
Rodríguez-Martín, Jesica	<a href="#">24</a> , <a href="#">26</a>
Rodríguez-Lozano, Pablo	<a href="#">26</a>
Romera, Juli	<a href="#">34</a>

**S**

---

Salazar Cano, Roberto	<a href="#"><u>93</u></a>
Salazar Gámez, Lorena	<a href="#"><u>93</u></a>
Salvatierra, Lucas Matías	<a href="#"><u>49, 52</u></a>
Sánchez-Arévalo, Carmen M.	<a href="#"><u>30, 32</u></a>
Sanchis Pérez, Sonia	<a href="#"><u>28</u></a>
Santamarta, Juan C.	<a href="#"><u>24, 26</u></a>
Satorras, Mar	<a href="#"><u>19</u></a>
Saurí, David	<a href="#"><u>19</u></a>
Serra, Anna	<a href="#"><u>97</u></a>
Siles López, José Ángel	<a href="#"><u>81, 83</u></a>
Sierra-Pérez, Jorge	<a href="#"><u>38, 87</u></a>
Somoza-Tornos, Ana	<a href="#"><u>62</u></a>
Supino, Valentina	<a href="#"><u>101</u></a>
Szabo-Corbacho, Maria Alejandra	<a href="#"><u>70</u></a>

**T**

---

T. Silva, Adrián M.	<a href="#"><u>55</u></a>
Tirado Torres, David	<a href="#"><u>105</u></a>

**U**

---

Urbano Navarro, Francisco Javier	<a href="#"><u>83</u></a>
----------------------------------	---------------------------

**V**

---

Vallés, Bettina [99](#)

Van Eeckhout, Joan [34](#)

Vázquez Rodríguez, Guadalupe [105](#)

Vicent-Vela, M. Cinta [30, 32, 40](#)

Voose, Josephine [21](#)

**Y**

---

Yang, Xuefei [60](#)

**Z**

---

Zapana, Luis [19](#)

Zúñiga, Hartley, Alfonso Christopher [95](#)



UNIVERSIDAD  
POLITÉCNICA  
DE MADRID



UNIVERSITAT  
POLITÈCNICA  
DE VALÈNCIA



UNIVERSITAT POLITÈCNICA  
DE CATALUNYA  
BARCELONATECH

UNESCO Chair on Sustainability



Instituto Universitario de Seguridad Industrial,  
Radiofísica y Medioambiental

ISBN 978-84-123480-0-2



9 788412 348002 >

OmniaScience