

XVI CONGRESO ESPAÑOL DE TRATAMIENTO DE AGUAS

meta.

Mesa Española de Tratamiento de Aguas

10-12 JUNIO
MURCIA 2026



UNIVERSIDAD
DE MURCIA



Facultad
de Química



ASOCIACIÓN DE
QUÍMICOS DE MURCIA
Tu asociación



COLQUIMUR
Colegio Oficial
de Químicos
Región de Murcia



f SéNeCa (+)
Agencia de Ciencia y Tecnología
Región de Murcia

LIBRO DE ABSTRACTS

Editado por: M^a Isabel Aguilar, Mercedes Lloréns y Fuensanta Máximo

Este Congreso (22879/OC/25) está financiado por la Consejería de Medio Ambiente, Universidades, Investigación y Mar Menor, a través de la Fundación Séneca-Agencia de Ciencia y Tecnología de la Región de Murcia con cargo al Programa Regional de Movilidad, Colaboración e Intercambio de Conocimiento "Jiménez de la Espada"

Editado por: M^a Isabel Aguilar, Mercedes Lloréns y Fuensanta Máximo

Departamento de Ingeniería Química. Universidad de Murcia

ISBN: 978-84-09-89416-1

Nº Registro: 2026049339

Formato digital

2026

Comité organizador

Presidenta: Mercedes Lloréns Pascual del Riquelme ¹

Miembros:

M^a Isabel Aguilar Sanchis ^{1,2}

Fuensanta Máximo Martín ^{1,2}

Juan Francisco Ortuño Sandoval ¹

Víctor Francisco Meseguer Zapata ¹

María Gómez Gómez ¹

M^a Dolores Murcia Almagro ¹

Juan Zaragoza Planes ²

¹ Departamento de Ingeniería Química. Facultad de Química. Universidad de Murcia.

² Colegio Oficial de Químicos de la Región de Murcia y Asociación de Químicos de Murcia.

Comité científico

- María Isabel Aguilar Sanchis (Universidad de Murcia)
- Ana María Amat Payá (Universidad Politécnica de Valencia)
- Eduardo Ayesa Iturrate (CEIT)
- Fernando Juan Beltrán Novillo (Universidad de Extremadura)
- Mónica Calero de Hoces (Universidad de Granada)
- Julián Carrera Muyo (Universidad Autónoma de Barcelona)
- José Mario Díaz Fernández (Universidad de Oviedo)
- Ángel Fernández Mohedano (Universidad Autónoma de Madrid)
- Pedro Antonio García Encina (Universidad de Valladolid)
- Joan García Serrano (Universidad Politécnica de Cataluña)
- Javier Marugán Aguado (Universidad Rey Juan Carlos)
- Federico Mijangos Antón (Universidad del País Vasco)
- Antonio Morán Palao (Universidad de León)
- Enrique Nebot Sanz (Universidad de Cádiz)
- Daniel Prats Rico (Universidad de Alicante)
- Ignasi Rodríguez-Roda Layret (Universidad de Gerona)
- María de los Ángeles de la Rubia Romero (Universidad Autónoma de Madrid)
- José Antonio Sánchez Pérez (Universidad de Almería)
- Carmen Sans Mazón (Universidad de Barcelona)
- Aurora Santos López (Universidad Complutense de Madrid)
- Francisco Raposo Bejines (CSIC Sevilla)
- María Ángeles Martín Sánchez (Universidad de Córdoba)
- M^a del Carmen Veiga Barbazán (Universidad de La Coruña)
- Luisa María Vera Peña (Universidad de La Laguna)
- Teresa Vicent Huguet (Universidad Autónoma de Barcelona)
- José Villaseñor Camacho (Universidad de Castilla-La Mancha)

Secretaría técnica

Vértice Sur (congresos@verticesur.es)

Página web: www.meta2026.es

PATROCINADORES



UNIVERSIDAD
DE MURCIA



Facultad
de Química



COLQUIMUR
Colegio Oficial
de Químicos
Región de Murcia



ASOCIACIÓN DE
QUÍMICOS DE MURCIA
Tu asociación



Región de Murcia

f SéNeCa⁽⁺⁾

Agencia de Ciencia y Tecnología
Región de Murcia



Ayuntamiento
de Murcia



INSTRUMENTACIÓN
ANALÍTICA

COLABORADORES



TECNOQUIM S.L.

ÍNDICE

1.- CONTAMINANTES EMERGENTES	1
Comunicaciones orales.....	2
Eliminación de contaminantes emergentes mediante ozonización y carbón activado en planta piloto.....	3
Eliminación de fármacos de aguas residuales mediante procesos de adsorción sobre carbones activos experimentales.....	4
Eliminación de micro(nano)plásticos de polietileno mediante la combinación de oxidación anódica y microfiltración con membranas.....	5
Eliminación de microplásticos en agua mediante electrocoagulación con electrodos de aluminio reciclado	6
Evaluación del papel del purín porcino como reservorio para la propagación de resistencias a múltiples antibióticos en el medio ambiente.	7
Gestión integral de efluentes hospitalarios contaminados con sustancias peligrosas mediante recogida selectiva y tratamiento avanzado	8
Lodos de depuradora como precursor de biochar activado para la eliminación de colorantes alimentarios en aguas residuales.....	9
Mostrando el potencial de los carbones activados derivados de residuos de olivo como alternativas sostenibles a los adsorbentes comerciales	10
Vermifiltración como tecnología natural para la eliminación de contaminantes farmacéuticos en aguas residuales	11
Comunicaciones cortas	12
Cuantificación y caracterización de microplásticos en enmiendas orgánicas derivadas de lodos de depuradora: análisis comparativo con otros sustratos orgánicos	13
Electro-driven bioremediation of microplastics in wastewater.....	14
Integración de tecnologías basadas en microalgas y foto-Fenton solar para la eliminación de microcontaminantes en aguas residuales urbanas	15
Evaluación del agotamiento del carbón activado y eliminación de contaminantes emergentes en planta piloto según la Directiva (UE) 2024/3019	16
Pósteres.....	17
Adsorción de 4-acetamidofenol mediante carbones activados obtenidos por pirólisis y carbonización hidrotermal de residuos textiles	18
Adsorción de diclofenaco en un híbrido MIL-53(Al)@cáscara de arroz: rendimiento y comportamiento de adsorción en dos etapas.....	19
Anion hydrophobicity as a key factor in the toxicity of imidazolium ionic liquids in aquatic systems	20

Aplicabilidad del adsorbente derivado del hueso de la oliva en la eliminación de los colorantes azul de metileno y naranja de metilo contenidos en aguas residuales	21
Cambios en el oxígeno disuelto durante la degradación de sulfametoxazol por foto-Fenton	22
Degradación del fármaco oncológico flutamida mediante una heterounión LDH/MOF activada por luz visible	23
Degradación oxidativa de 2,6-diclorobenzoquinona mediante UV/H ₂ O ₂ : impacto en la calidad del agua	24
Desarrollo de catalizadores poliméricos estructurados de Pd-Ni para la hidrodehalogenación de pesticidas en agua a escala prepiloto.....	25
Desarrollo de soportes zeolíticos modificados para mejorar la biodegradación de ibuprofeno en aguas contaminadas	26
Eficiencia de eliminación de microcontaminantes y formación de subproductos de desinfección en estaciones de regeneración de agua	27
Eliminación de microcontaminantes en plantas depuradoras urbanas de la Región de Murcia según la Directiva de Tratamiento de Aguas Residuales Urbanas (UE) 2024/3019	28
Eliminación selectiva de nanoplásticos en aguas depuradas mediante electrocoagulación.....	29
Evaluación de sistemas basados en microalgas para la eliminación de pesticidas en aguas de drenaje agrícola.	30
Impact of cation size on the toxicity of imidazolium ionic liquids in aquatic environments	31
Influencia de la estructura porosa de carbones activados sintetizados a partir de residuos de PET en la eliminación de BPA por adsorción	32
Influencia del catalizador en la eliminación de bisfenol A. Mecanismo de degradación.	33
Optimización del método de detección del 17β-estradiol (E2) en el tratamiento cuaternario de aguas residuales.....	34
Optimización y aplicación de un método por inyección directa LC-MS/MS para el control de PFAS en aguas de consumo: estudio preliminar en la provincia de Alicante.....	35
Presencia de compuestos farmacéuticos en corrientes líquidas de un proceso de reutilización de orina tratada para fertirriego hidropónico de tomate	36
Presencia y eliminación de microcontaminantes en 12 EDAR de la Comunidad Valenciana	37
Producción de biochar activado a partir de lodos de depuradora para la adsorción de contaminantes farmacéuticos emergentes	38
¿Puede la biodegradación de microplásticos afectar a la ecotoxicidad de las aguas?	39
Reciclaje de residuos de PET como adsorbentes de metilparabeno	40

Tratamiento cuaternario de contaminantes emergentes mediante procesos CWPO empleando materiales carbonosos preparados a partir de residuos plásticos.	41
Valorización de la cascarilla de cacao como adsorbente para la eliminación de contaminantes emergentes	42
Valorización de residuos de PET como adsorbente de metilparabeno isoterma de Langmuir y evaluación frente a un carbón comercial	43
2.- PROCESOS QUÍMICOS: REACTORES, CATÁLISIS, OXIDACIÓN	44
Comunicaciones orales.....	45
Evaluación de la combinación de procesos basados en ozono para la eliminación de nanoplasticos	46
Evaluación de la interferencia de oxicloruros en la determinación de la DQO en aguas residuales.....	47
Fenton heterogéneo a escala planta piloto para el tratamiento de aguas afectadas por cianobacterias tóxicas	48
Modelado cinético mecanístico del proceso de fotoactivación del peroximonosulfato. Estudio del efecto del pH en varias matrices acuosas	49
Nanoencapsulación de fullereno en un MOF por vía mecanoquímica para la desinfección con luz visible de aguas contaminadas de virus y bacterias	50
Sistema continuo de reducción-oxidación (ZVI/UVC-H ₂ O ₂) para eliminar compuestos nitroaromáticos en aguas salinas	51
Transformación de biomasa marina en fotocatalizadores para la eliminación de contaminantes biorrecalcitrantes.....	52
Tratamiento de nanoplasticos y generación de hidrógeno verde en un sistema electroquímico híbrido alimentado con energía solar	53
Comunicaciones cortas	54
Degradación de microplásticos elastoméricos mediante proceso foto-Fenton: comparación entre caucho natural y sintético.....	55
Diseño de reactores fotocatalíticos para tratamiento de aguas.....	56
Estabilización de iones ferrilo hipervalentes en MOFs biomiméticos (UPO-4) para la degradación fotocatalítica de contaminantes	57
Fraccionamiento y caracterización de extractos de residuos vitivinícolas para uso como complejantes en foto-Fenton a pH moderado	58
Procesos solares con ácido peracético y peróxido de hidrógeno: comparación de eficiencia en la eliminación de antibióticos	59
Síntesis y optimización de heteroestructuras WO ₃ /TiO ₂ para la inactivación de <i>E. coli</i> en agua	60
Pósteres.....	61
A comparative study on the removal of caffeine from aqueous solutions using clay-lignin hybrid materials and MOF-lignin composites	62

Biochars obtenidos de residuos de poda de olivo para la mejora de la eficiencia y estabilidad de fotocatalizadores para tratamiento de aguas	63
Captura de contaminantes en aguas con materiales compuestos MOFs-polímeros: adsorción e intercambio iónico	64
Catalizadores flotantes para la eliminación de cianotoxinas en agua mediante foto-Fenton solar	65
Comparativa de extractos obtenidos a partir de residuos sólidos y líquidos de la industria vitivinícola para su uso en foto-Fenton a pH moderado	66
Degradación simultánea de contaminantes emergentes e inactivación bacteriana mediante un sistema secuencial solar-electroquímico basado en reactores tipo raceway operado en flujo continuo	67
De residuos orgánicos a materiales carbonosos funcionales para la remediación ambiental.....	68
Desarrollo de zeolitas modificadas con hierro en forma de pellets para procesos foto-Fenton heterogéneos aplicados a la degradación de contaminantes emergentes	69
Efecto de extractos de bagazo de uva como agentes complejantes de hierro en la degradación de cafeína mediante ultrasonidos	70
Eficiencia de la ozonación en la eliminación de sulfametoxazol: influencia de la transferencia de masa y del pH en el análisis cinético	71
Especiación del hierro en matrices salinas y mitigación de la inhibición por aniones en procesos foto-Fenton mediante uso de catecol	72
Estudio de los mecanismos de mitigación de subproductos de desinfección en el proceso cloro-foto-Fenton solar para reúso agrícola.....	73
Evaluación del ciclo de vida de sustancias tipo húmicas derivadas de residuos en el tratamiento de aguas con foto-Fenton casi neutro	74
Evaluación de procesos secuenciales de reducción y oxidación con ZVI y PMS para descontaminación de aguas.....	75
Hybrid clay-MOF materials for water treatment: Adsorption and photo-Fenton degradation of emerging contaminants.....	76
Influencia de temperatura y salinidad en la reducción de nitrobenzeno con lana de hierro ZVI en lecho fijo: estudio mediante diseño Doehlert.....	77
Innovación en tratamientos cuaternarios de aguas residuales para la eliminación simultánea de CECs y microorganismos mediante procesos avanzados de oxidación electroquímica/UVA-LED	78
Irradiación ultravioleta de vacío (172 nm) para la degradación de cafeína: efecto de la matriz acuosa y vías radicalarias	79
Mecanismo de la fotorreducción con luz visible del ácido 4-nitrobenzoico sensibilizada por eosina Y.	80
Optimización de la dosis de hierro en el tratamiento foto-Fenton de 2,6-diclorobenzoquinona para una depuración sostenible de aguas residuales	81

Persulfato activado para depurar emulsiones de lavado de suelos: alta degradación de PAHs y conservación del surfactante.....	82
Recuperación sostenible de fósforo combinada con foto-Fenton solar para el tratamiento terciario y cuaternario de aguas residuales.....	83
Tratamiento de aguas para la eliminación de NO_3^- utilizando el sistema ácido oxálico/ $\text{Fe}^{2+/3+}$ /UV.....	84
Tratamiento de compuestos organomercuriales en disoluciones acuosas mediante fotocátalisis heterogénea.....	85
Tratamiento foto-Fenton de partículas de desgaste de neumáticos: cinética, mecanismo y efectos con rellenos de sílice	86
3.- TRATAMIENTOS BIOLÓGICOS	87
Comunicaciones orales.....	88
Efecto de la aireación y relleno con residuo vegetal de un humedal de flujo horizontal superficial	89
Eliminación de fósforo por bacterias fototróficas púrpura en presencia de sal.....	90
Eliminación de microplásticos de polietileno en medios acuosos mediante <i>Phanerochaete chrysosporium</i> : efecto del tamaño y morfología de las partículas	91
Estrategias de tratamiento de las aguas de proceso generadas en la carbonización hidrotermal de residuos biomásicos	92
Valorización biológica de suero lácteo para la producción de polihidroxialcanoatos y recuperación sostenible del biopolímero	93
Valorización de metano y agua de rechazo para la producción de proteínas unicelulares con bacterias metanótrofas.....	94
Comunicaciones cortas	95
Adaptación de <i>Scenedesmus almeriensis</i> a purines para la optimización del crecimiento y la recuperación de nutrientes en un sistema integrado en continuo	96
¿Es la tierra arcillosa un buen sustrato para humedales?.....	97
Evaluación de la biodegradabilidad y toxicidad de líquidos iónicos utilizando técnicas respirométricas	98
Food industry effluents as a culture medium for cyanobacteria	99
Gestión descentralizada de purines: evaluación comparada en biodigestores tubulares de laboratorio.....	100
Microalgae-based systems as tertiary/quaternary treatments: influence of operational conditions	101
Obtención de ácidos grasos de cadena media a partir de corrientes residuales de la industria vitivinícola.....	102
Optimization and semicontinuous operation of <i>Scenedesmus</i> sp. for the treatment of raw brewery wastewater	103
Pósteres.....	104

Análisis de sostenibilidad de la co-digestión anaerobia optimizada mediante RSM de purín de cerdo y aguas residuales de matadero	105
Biorremediación aerobia de clorobenceno y benceno en un acuífero contaminado en Sabiñánigo (España): ensayo piloto de bioestimulación <i>in-situ</i> y caracterización proteogenómica de la cepa de <i>Pseudomonas</i> implicada.	106
Co-digestión anaerobia termofílica de purines de cerdo y vinazas de vino: estudio de la ratio óptima.....	107
Nitrificación de orina no diluida: operación, control y modelización a escala piloto	108
Optimización de la co-digestión anaerobia de purín de cerdo y aguas residuales de matadero mediante metodología de superficie de respuesta y modelado cinético	109
Tratamiento y valorización energética de lactosuero mediante electro-fermentación oscura.....	110
Valorización agronómica de digestatos procedentes de la co-digestión anaerobia de purines de cerdo y vinazas de vino mediante un sistema TPAD	111
Valorización de la biomasa residual de <i>Posidonia oceánica</i> en el marco de una economía circular.....	112
Valorización de suero lácteo mediante digestión anaerobia con cultivos mixtos para la producción de ácidos grasos de cadena media.....	113
4.- REUTILIZACIÓN DE AGUAS RESIDUALES REGENERADAS	114
Comunicaciones orales.....	115
Escalado y validación de un nuevo fotorreactor UVC-LED para la obtención de agua regenerada según el Reglamento (UE) 2020/741 y la Directiva 2024/3019	116
Gestión inteligente del agua regenerada para uso agrícola: IRAIN	117
Integrated micro–nanobubbles system as a tertiary and quaternary treatment for wastewater: Disinfection and removal of emerging contaminants.....	118
LIFE REWAINCER: Nuevo modelo para el uso de agua regenerada en la industria cerámica	119
Ocurrencia y eliminación de antibióticos y genes de resistencia en plantas de tratamiento de aguas residuales de la Región de Murcia.....	120
Procesos avanzados de tratamiento para la reutilización de aguas residuales: oportunidades en el sector agroindustrial.....	121
Rendimiento de la filtración de arena y la ozonización en la eliminación de microcontaminantes y patógenos regulados por la UE, incluida la evolución de los subproductos de la desinfección	122
Comunicaciones cortas	123
Acoplamiento del proceso foto-Fenton solar con tratamientos biológicos basados en microalgas y humedales para la regeneración de aguas residuales	124
Pósteres.....	125

Diseño y evaluación de una planta piloto UVB-LED para el tratamiento de efluentes secundarios en flujo continuo mediante cloro-foto-Fenton	126
Modelado y optimización del proceso cloro-foto-Fenton solar para la regeneración sostenible de aguas residuales	127
Monitoreo <i>in situ</i> de <i>Escherichia coli</i> en agua regenerada procedente de humedales construidos	128
Regeneración y reutilización de aguas grises de lavanderías autoservicio mediante un sistema modular de tratamiento	129
Reutilización del agua regenerada en Tenerife: crecimiento del sistema y aseguramiento de la calidad	130
SYMSITES: Urban-industrial symbiosis for waste and wastewater management in the Alcoy area	131
Tecnologías solares avanzadas para la eliminación de azoxistrobin en aguas residuales agroindustriales	132
Valorización de aguas residuales de almazara para reducir la lixiviación de nitratos y mejorar la gestión sostenible del agua en agricultura	133
5.- BIORREFINERÍA EN EDARs Y DIGITALIZACIÓN DEL AGUA	134
Comunicaciones orales	135
Control de la valorización del lactosuero mediante la carga orgánica y la conductividad	136
Integración de modelización a escala de planta y soporte a la decisión para el diseño sostenible de WRRF	137
Monitorización del fósforo en agua residual mediante <i>soft-sensors</i> basados en datos: aprendizaje de su implementación en entorno real	138
Monitorización in-situ de procesos de eutrofización mediante plataforma sensora 3D integrada en la estación robótica MAGBOAT	139
SID_AQUARURAL©: Sistema Inteligente y Digital para la mejora de la gestión del agua urbana en el medio rural	140
Transformación de EDAR en ecofactorías: Recuperación de nutrientes para la fertilización agrícola sostenible	141
Valorización del fango de EDAR urbana y lixiviado de la FORM mediante fermentación acidogénica	142
Comunicaciones cortas	143
Avances en la recuperación de nutrientes a partir de residuos orgánicos: Extracción de sales de amonio y ácidos húmicos y fúlvicos (HFS) de corrientes residuales de EDAR en el marco del proyecto ReLEAF	144
Valorización de aceites de cocina usados: desarrollo de una nueva biotecnología para su transformación en biopolímeros PHA de elevado valor añadido	145
Valorización de aguas residuales agroalimentarias mediante técnicas avanzadas de biorrefinería para soluciones de envasado sostenible (VALORBIO)	146

Pósteres.....	147
¿Fermentación acidogénica o digestión anaerobia?: estrategias de valorización del agua de proceso de la carbonización hidrotermal de residuos de la industria alimentaria	148
6.- TRATAMIENTO Y APROVECHAMIENTO DE LODOS.....	149
Comunicaciones orales.....	150
Electrohidrólisis como pretratamiento de lodos activos para mejorar la producción de biometano mediante digestión anaerobia	151
ENEDAR: Mejora de la sostenibilidad de las plantas de tratamiento de aguas residuales mediante la valorización de lodos	152
Maximización de la producción de biogás en EDAR Murcia Este mediante pretratamiento de fangos y codigestión inteligente: proyecto LIFE MERLIN.....	153
Sludge treatment wetlands: biosolid valorisation and comparative techno-economic analysis.....	154
Valorización de ceniza de fango de EDAR en el sector de la construcción (proyecto SLUDGE3D).....	155
Comunicaciones cortas	156
Biorrefinería circular para la valorización de licor negro Kraft y lodos activados de depuradora: recuperación de lignina y producción de lípidos microbianos	157
Uso de escoria BOF como alternativa a álcalis comerciales en la estabilización de lodos	158
Pósteres.....	159
Hidrólisis alcalina de lodos de depuradora para la obtención de hidrolizados proteicos.....	160
Recuperación de biofertilizantes, bioplaguicidas y bioestimulantes a partir de lodos de EDAR: FERTILAB.....	161
Valorización integral de lodos de depuradora para la recuperación de nutrientes y producción de biolípidos mediante <i>Yarrowia lipolytica</i>	162
7.- TRATAMIENTOS FÍSICOS Y MEMBRANAS	163
Comunicaciones orales.....	164
Adaptación de plataformas automatizadas de análisis químico a matrices complejas: desafíos y soluciones en aguas residuales	165
Aplicación del diseño de experimentos a la bioadsorción de ciprofloxacino con <i>Posidonia oceanica</i> activada con formaldehído	166
Desarrollo de una solución tecnológica integral para la eliminación y valorización de las microfibras generadas en sistemas de lavado industriales de textiles	167
Estudio de las principales variables que afectan a la inactivación de microorganismos patógenos en sistemas de tratamientos con microalgas	168
Evaluación y optimización de la electrodiálisis para la reducción de nitratos y contaminantes orgánicos en aguas subterráneas	169

Integración de tecnologías de membrana para recuperación de recursos	170
Membranas de polisulfona con óxido de grafeno para la eliminación mejorada de materia orgánica natural en el tratamiento de aguas de consumo	171
Comunicaciones cortas	172
Aplicación de la tecnología de membranas vibratorias para el tratamiento de la fracción líquida de digeridos anaerobios.....	173
Cortinas biológicas y cortinas con bioadsorbentes de origen agroalimentario para el tratamiento de aguas residuales en combinación con tecnologías basadas en la naturaleza (SBN)	174
Pósteres.....	175
Adsorción del colorante Orange II en lecho fijo de biochar magnético	176
Aprovechamiento de aguas de escorrentía urbana desde tanques de tormenta	177
Diseño, desarrollo y validación de una tecnología de doble etapa para la reutilización de aguas de escorrentías de la rambla del Albujón.....	178
Diseño de un reactor con cátodo seco para la producción eficiente de peróxido de hidrógeno de elevada pureza	179
Electrocoagulación para mejorar el cosechado de la biomasa de fotobiorreactores de membrana.....	180
Eliminación del colorante Isolan red por bioadsorción en biochar magnético.....	181
Evaluación de un sistema de electrocloración <i>in situ</i> para la generación electroquímica de cloro y su aplicación en procesos de desinfección.....	182
Influencia de la tecnología de conversión termoquímica en las propiedades de carbones adsorbentes obtenidos a partir de residuos textiles.....	183
Magnetic fish scale-derived nanobiocomposite for efficient removal of heavy metals from wastewater.....	184
Microplásticos: tecnologías de captura y cuantificación en masa para su control en estaciones depuradoras de aguas residuales	185
Obtención de hidrochar a partir de cascarilla de cacao para su empleo como bioadsorbente en la eliminación de contaminantes emergentes en aguas	186
Reducción con hierro cero valente seguida de foto-Fenton en aguas salinas: influencia de los ligandos de hierro.....	187
Retención de microplásticos en aguas residuales: adsorción con carbón activado y vermifiltración	188
Separación de monometil tereftalato mediante membranas de nanofiltración.....	189
Solución innovadora para la reutilización de agua conforme al RD 1085/2024 mediante ultrafiltración y UV-LED: proyecto LIFE WARRIOR.....	190
Tracking dissolved organic matter transformations and membrane fouling processes in pilot-scale membrane photobioreactors using EEM fluorescence spectroscopy.....	191
8.- OTRAS ÁREAS TEMÁTICAS RELACIONADAS CON EL AGUA.....	192

Comunicaciones orales.....	193
Economía circular aplicada a la eliminación de nitratos en los procesos de agua potable: recuperación de sales y producción de hidrógeno	194
Evaluación integrada del impacto odorífero en EDAR mediante olfatometría de campo y modelización CFD.....	195
GNP–CuO/[Emim][Ac] ionanofluid as an advanced working medium for solar thermal water heating systems.....	196
Pósteres.....	197
Estudio del efecto del tratamiento electromagnético en aguas de diferentes calidades mediante medidas de la tensión superficial a partir del ángulo de contacto.....	198
Estudios previos de precipitación de carbonato cálcico por métodos mecánicos como pretratamiento para evitar incrustaciones en redes de distribución de agua potable	199
Huella olorosa y eficiencia de eliminación de contaminantes: Análisis quimiométrico comparativo de tecnologías de tratamiento para pequeñas comunidades	200
Optimizing domestic hot water generation through alumina-ZnO hybrid nanofluids in PVT solar collectors.....	201
Pasteurización solar: una solución sostenible para el suministro de agua potable en escuelas de Brasil	202
Pilas de combustible microbianas fotosintéticas para el tratamiento de purín y la recuperación de nutrientes mediante <i>Scenedesmus almeriensis</i>	203
9.- LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN	204
Comunicaciones cortas	205
Evaluación de pilas de desalación microbianas fotosintéticas en el tratamiento de purines y generación de bioenergía	206
Foto-biorrefinerías basadas en organismos fotosintéticos para recuperar nutrientes a partir de digestatos	207
Pósteres.....	208
Assessment of marine biodegradability and ecotoxicity of commercial glitters based on regenerated cellulose.....	208
Desarrollo y validación de un sensor electroquímico para la monitorización del complejo Fe ³⁺ -EDDS en procesos foto-Fenton a pH neutro para el tratamiento avanzado de aguas residuales.....	210
Impacto de eventos socioculturales masivos en la presencia de microplásticos en aguas residuales urbanas: El caso del Carnaval de Cartagena	211
La importancia de estar colegiado para los profesionales del agua	212
Líneas de investigación del grupo de ingeniería y microbiología del medio ambiente (GEMMA-UPC).....	213
Líneas de investigación del grupo RNM271-UCO GREENING.....	214

Líneas de investigación en el laboratorio de tecnologías ambientales integradas del grupo TEQUIMA (Universidad de Castilla La Mancha).....	215
Uso de radiación UVC-LED para la inactivación de bacterias y fitoplancton en aguas de lastre	216
Valorización electroquímica de biomasa lignocelulósica para aplicaciones en electrólisis y tecnologías de tratamiento de aguas	217

XVI CONGRESO ESPAÑOL DE TRATAMIENTO DE AGUAS

MURCIA, 10-12 JUNIO 2026



UNIVERSIDAD
DE MURCIA



Facultad
de Química



COLQUIMUR
Colegio Oficial
de Químicos
Región de Murcia



ASOCIACIÓN DE
QUÍMICOS DE MURCIA
Tu asociación



f SéNeCa⁽⁺⁾
Agencia de Ciencia y Tecnología
Región de Murcia

1.- CONTAMINANTES EMERGENTES



XVI CONGRESO ESPAÑOL DE TRATAMIENTO DE AGUAS

MURCIA, 10-12 JUNIO 2026



1.- CONTAMINANTES EMERGENTES

Comunicaciones orales



Eliminación de contaminantes emergentes mediante ozonización y carbón activado en planta piloto

Samuel S. Núñez¹, María José Moya-Llamas^{1,3}, Nuria Ortuño^{1,2} y Daniel Prats^{1,2}

¹ Universidad de Alicante. Instituto Universitario del Agua y de las Ciencias Ambientales.

² Universidad de Alicante. Dpto. de Ingeniería Química.

³ Universidad de Alicante. Dpto. de Ingeniería Civil.

Corresponding Author: samuel.nr@ua.es

La Directiva (UE) 2024/3019 establece la necesidad de implantar tratamientos cuaternarios capaces de alcanzar al menos un 80 % de eliminación de determinados microcontaminantes indicadores presentes en aguas residuales urbanas [1]. En este contexto, el presente trabajo evalúa la eficacia de un tratamiento combinado de ozonización y adsorción en carbón activado granular (CAG) a escala piloto en el efluente de una EDAR de Alicante. La combinación de ozono y CAG se considera una de las estrategias más prometedoras para eliminar microcontaminantes en efluentes de depuradoras [2]. La planta piloto operó en serie mediante una etapa de ozonización seguida de adsorción en CAG. Se ensayaron tres concentraciones efectivas de ozono (2, 4 y 8 mg O₃/L) con el objetivo de optimizar la reducción de microcontaminantes, minimizar la formación de subproductos de oxidación y evaluar costes de operación. Entre los compuestos analizados se incluyeron los indicadores definidos en la Directiva junto con subproductos relevantes.

Los resultados mostraron una clara relación dosis-respuesta en la etapa de ozonización, alcanzándose eliminaciones medias de los microcontaminantes indicadores del 35, 56 y 69 % para 2, 4 y 8 mg O₃/L, respectivamente. Posteriormente, la etapa de CAG permitió alcanzar una remoción final media prácticamente del 100 % en las tres condiciones ensayadas. En cuanto a los subproductos, la formación de bromatos, cloratos y ácidos orgánicos aumentó con la dosis de ozono, mientras que no se detectó formación de aldehídos, trihalometanos ni cetonas. La generación de subproductos depende de la calidad del agua y de las condiciones operativas del proceso [3].

Referencias

- [1] Directive (EU) 2024/3019 (2024). <https://eur-lex.europa.eu/eli/dir/2024/3019/oj>
- [2] Miklos, D.B., et al. (2018). Water Research. <https://doi.org/10.1016/j.watres.2018.03.042>
- [3] Wert, E.C., et al. (2007). Water Research. <https://doi.org/10.1016/j.watres.2007.01.020>

Palabras Clave: Aguas residuales; Carbón activado granular; Microcontaminantes; Ozonización; Tratamiento cuaternario.

Agradecimientos: Trabajo desarrollado en el proyecto “Investigación para eliminación de contaminantes emergentes en depuradoras de la Comunitat Valenciana. Fase 3”, financiado por la Conselleria de Agricultura, Agua, Ganadería y Pesca de la Generalitat Valenciana, con apoyo de la Universidad de Alicante y la colaboración de EPSAR.

Eliminación de fármacos de aguas residuales mediante procesos de adsorción sobre carbones activos experimentales.

M.Millán¹, N.Miguel¹, Ilzarbe I.², J.Gómez², R.Mosteo¹

1. Universidad de Zaragoza. Instituto Universitario de Investigación en Ciencias Ambientales de Aragón. Grupo Agua y Salud Ambiental

2. Navarra de Infraestructuras Locales S.A. (NILSA)

Corresponding Author: mmillan@unizar.es

Las aguas residuales urbanas generadas por actividades domésticas, industriales y de servicios son tratadas en estaciones depuradoras de aguas residuales (EDAR) para proteger el medio receptor. Sin embargo, en el agua tratada persiste cierta contaminación, como son los fármacos, ya que estas estaciones de depuración no están diseñadas para la eliminación de estas sustancias. La presencia de estos compuestos en el agua supone un grave problema medioambiental por lo que es de vital importancia investigar tecnologías que permitan reducir estas sustancias en una etapa adicional de tratamiento durante el proceso de depuración, para evitar su vertido al medio receptor.

El objetivo general de este estudio es investigar la capacidad de adsorción de cuatro carbones activos experimentales frente a tres fármacos (Diclofenaco, Paracetamol y Trimetoprima), con el fin de comparar su eficacia con la de un carbón activo comercial y determinar con cuáles se obtienen mejores rendimientos de eliminación para su aplicación en muestras reales.

Los carbones utilizados se obtienen a partir de residuos vegetales, lo que favorece su valorización, y se activan utilizando dos procedimientos diferentes, con NaOH o H₃PO₄, lo que les confiere distintas características. Estos carbones han sido desarrollados por la empresa EUROCOB, entidad participante en el proyecto “EMERGENTcy / Diagnóstico, eliminación y prevención de antibióticos y otros contaminantes emergentes, bacterias resistentes y genes de resistencia a antibióticos, en el ciclo urbano del agua del territorio POCTEFA” en el que se enmarca este estudio.

Se evalúan parámetros como la termodinámica y la cinética de adsorción de los compuestos estudiados sobre cada uno de los carbones activos, obteniéndose que los carbones activados con NaOH alcanzan mejores rendimientos de eliminación. Además, se observa como la Trimetoprima es el compuesto que se elimina con mayor eficacia en la mayoría de los casos.

Con dichos resultados se seleccionan los dos mejores carbones activos y se procede a evaluarlos en agua depurada real utilizando los mismos compuestos. Se realizan ensayos de adsorción individual de cada compuesto, así como de adsorción competitiva. Además, se estudia la reutilización de los carbones activos a lo largo de varios ciclos y su efectividad con concentraciones reales de fármacos a la salida de una depuradora.

Palabras Clave: Depuración, contaminantes emergentes, tratamiento adicional.

Agradecimientos: Al proyecto **EMERGENTcy** / Diagnóstico, eliminación y prevención de antibióticos y otros contaminantes emergentes, bacterias resistentes y genes de resistencia a antibióticos, en el ciclo urbano del agua del territorio POCTEFA (EFA037/1); a la empresa **EUROCOB**; al grupo de investigación “**Agua y Salud Ambiental**” (B43_20R) y al **Instituto de Ciencia Ambientales de Aragón** (IUCA).

Eliminación de micro(nano)plásticos de polietileno mediante la combinación de oxidación anódica y microfiltración con membranas

C. Álvarez-Fernández¹, M. Liras², V.A. de la Peña O'Shea², K. Mirehbar^{3,4}, J.J. Lado³, J. Palma³, J. Marugán^{1,5}

¹ Grupo de Ingeniería Química y Ambiental, Universidad Rey Juan Carlos, C/ Tulipán s/n, 28933 Móstoles, Madrid.

² Unidad de Procesos Fotoactivados, Instituto IMDEA Energía, Avda. Ramón de la Sagra 3, 28935 Móstoles, Madrid.

³ Unidad de Procesos Electroquímicos, Instituto IMDEA Energía, Avda. Ramón de la Sagra 3, 28935 Móstoles, Madrid.

⁴ Escuela de Doctorado UAM, Centro de Estudios de Posgrado, Universidad Autónoma de Madrid, Francisco Tomás y Valiente 2, Ciudad Universitaria de Cantoblanco, 28049 Madrid.

⁵ Instituto de Investigación de Tecnologías para la Sostenibilidad, Universidad Rey Juan Carlos, C/ Tulipán s/n, 28933 Móstoles, Madrid.

Corresponding Author: javier.marugan@urjc.es

El estudio analiza la eliminación de micro- y nanoplásticos (MNPs) de polietileno (PE) mediante la combinación de oxidación anódica (AO) en una celda electroquímica de flujo y microfiltración (AO+F) con membranas de distintos tamaños de poro. La motivación se basa en la persistencia de estos contaminantes en aguas naturales y tratadas, así como en las limitaciones de tecnologías convencionales para fracciones pequeñas (<100 µm). Se utilizaron partículas esféricas de PE (0,7–5 µm) en agua ultrapura con Na₂SO₄ como electrolito, evaluando diferentes configuraciones de electrodos, especialmente ánodos de diamante dopado con boro (BDD) y cátodos de acero inoxidable (SS) o fieltro de carbono (CF). La AO se aplicó entre 0 y 15 mA·cm⁻² y los análisis incluyeron DQO, TOC y técnicas espectroscópicas y microscópicas para estudiar cambios físico-químicos del polímero.

Los resultados indican que la AO no mineraliza el PE, pero desestabiliza la suspensión al modificar la carga superficial (potencial zeta, ζ), aumentar la dispersión y generar burbujas de oxígeno que favorecen la aglomeración y electroflotación. La eliminación aparente (~50% TOC) se debe principalmente a la transferencia de partículas hacia aglomerados flotantes o superficies del sistema. Entre los electrodos probados, BDD|SS fue el más robusto y eficiente, mientras que BDD–CF mejoró la eliminación por adsorción, aunque mostrando ciertos problemas de estabilidad. La microfiltración posterior mostró mejoras significativas: la membrana de acetato de celulosa (5 µm) aumentó su retención del 73% al ~84% y los ensayos realizados con malla metálica de 20 µm alcanzaron entre el 51% y el 80%.

Los análisis estructurales revelaron cambios localizados en la superficie del PE, como aparición de grupos oxigenados, ligera rugosidad, aumento de ramificación corta y leve incremento de la cristalinidad, sin alteraciones relevantes en el peso molecular. Todo esto confirma que la AO actúa principalmente promoviendo la aglomeración y no la degradación profunda del plástico. En conjunto, la estrategia AO + microfiltración se presenta como una solución eficiente y escalable para la eliminación de MNPs, compatible con sistemas de baja presión y sin necesidad de reactivos.

Palabras Clave: electrooxidación, membranas, microplásticos.

Agradecimientos: Agencia Estatal de Investigación, PHOTOREDVALORA (PID2024-159086OB-C31).

Eliminación de microplásticos en agua mediante electrocoagulación con electrodos de aluminio reciclado

T. Joglar, C. de la Puente, M. Jiménez-Rosado, R. Mateos y A. Morán

Universidad de León. Grupo de Ingeniería Química, Ambiental y Bioprocesos: Insitituo I4 .

Corresponding Author: rmag@unileon.es

La contaminación por microplásticos en aguas destinadas al consumo humano constituye un problema ambiental emergente con posibles implicaciones para la salud y los ecosistemas. En este estudio se ha evaluado experimentalmente la eficacia de un proceso de electrocoagulación para la eliminación de microplásticos presentes en agua del grifo artificialmente contaminada, lo que permitió un control preciso de las condiciones experimentales y una buena reproducibilidad de los resultados.

El tratamiento se llevó a cabo en una celda electroquímica equipada con electrodos de aluminio reciclado, obtenidos a partir de una lata de bebida comercial, con un área efectiva de 2×5 cm, operando sobre un volumen de tratamiento de 500 mL bajo corriente continua. Bajo determinadas condiciones de operación, el proceso permitió alcanzar una separación prácticamente completa de los microplásticos, poniendo de manifiesto la eficiencia del método propuesto.

Con el objetivo de analizar y optimizar el rendimiento del sistema, se aplicó un diseño de experimentos que evaluó de manera sistemática la influencia de tres variables operativas: el potencial aplicado, el tiempo de operación y el tamaño de las partículas plásticas. El potencial eléctrico se ha modificado en el rango de 10 a 30 V, mientras que el tiempo de tratamiento se estudió entre 10 y 40 minutos. El tamaño de los microplásticos se modificó de forma controlada en el intervalo de 2 a 5 mm como dimensión máxima, permitiendo analizar su efecto individual y combinado sobre la eficiencia de eliminación. Durante el estudio se mantuvieron constantes el volumen de tratamiento, el material y la geometría de los electrodos, así como el resto de las condiciones experimentales.

La eficiencia del proceso se ha evaluado mediante análisis gravimétrico, basado en la diferencia de masa antes y después del tratamiento. Durante el proceso se ha observado la formación de flóculos a distintas velocidades, promoviendo la agregación y acumulación de los microplásticos en la superficie del medio acuoso. Los resultados confirman que la electrocoagulación con electrodos de aluminio reciclado constituye una posible alternativa eficaz, reproducible y sostenible para la eliminación de microplásticos en agua.

Palabras Clave: Microplásticos, Electrocoagulación, Electrodos de aluminio reciclado

Agradecimientos: Estos resultados son parte del proyecto I+D+i PID2023-147848OB-I00, financiado por MCIU/AEI/10.13039/501100011033 y por FEDER,UE

Evaluación del papel del purín porcino como reservorio para la propagación de resistencias a múltiples antibióticos en el medio ambiente.

M.A. Díaz-Moreno¹, D. Correa-Galeote¹, A. J. Aragon-Barroso², I. Casanova-Muller³, A. Pedrouso³, A. Mosquera-Corral³, A. Gonzalez-Martinez¹

¹ Sección de Microbiología y Tecnología Ambiental, Instituto de Investigación del Agua, Universidad de Granada, España.

² Departamento de Ingeniería Civil, Universidad de Granada, España.

³ CRETUS, Departamento de Ingeniería Química, Escuela de Ingeniería, Universidad de Santiago de Compostela, España.

Corresponding Author: madm@ugr.es

El fenómeno de la resistencia a los antibióticos en el medio ambiente representa una creciente preocupación para la salud pública. Particularmente, la industria del ganado porcino destaca por el uso intensivo de antimicrobianos para mantener la sanidad animal y prevenir pérdidas en la producción, lo que genera una fuerte presión selectiva que favorece el desarrollo, la persistencia y la propagación de los genes de resistencia a los antibióticos (ARG). Por ello, resulta esencial comprender el potencial del purín como reservorio de bacterias multirresistentes para desarrollar estrategias de tratamiento eficaces que permitan una gestión adecuada. Por lo tanto, el objetivo general de la presente investigación fue caracterizar las concentraciones de los antibióticos más comunes y sus ARG asociados en diversas muestras de purín. En este sentido, se determinaron, en cuatro muestras de purín procedentes de diferentes explotaciones ganaderas, las concentraciones de antibióticos y la abundancia de ARG mediante cromatografía líquida de alta resolución acoplada a espectrometría de masas (HPLC-MS) y PCR cuantitativa (qPCR), respectivamente. En general, se detectaron niveles elevados de antibióticos, aunque los perfiles variaron entre las distintas explotaciones. Asimismo, se observó una elevada prevalencia de diferentes ARG en estos desechos, destacando especialmente la dominancia del gen *ermB*, a pesar de las marcadas diferencias en el perfil de abundancia entre las muestras. Además, las elevadas abundancias relativas de estos ARG, comparadas con las poblaciones bacterianas totales sugieren un enriquecimiento de bacterias multirresistentes en el purín. Consecuentemente, los elevados niveles de antibióticos y ARG detectados indican que estos desechos agropecuarios son puntos calientes del fenómeno de la resistencia a los antibióticos, lo que subraya la necesidad de desarrollar prácticas de gestión eficaces para prevenir el desarrollo, la persistencia y la propagación de bacterias multirresistentes.

Agradecimientos: Este trabajo ha sido financiado por el Ministerio de Ciencia e Innovación de España a través del proyecto PID2023-148872OB-C22.

Gestión integral de efluentes hospitalarios contaminados con sustancias peligrosas mediante recogida selectiva y tratamiento avanzado

O. Fernández-Sanfrancisco^{1,2}, I. Martín-Caro¹, J.L. Alarcón¹

¹ Athisa Biogeneración S.L., ²Departamento de Medicina Preventiva y Salud Pública, Universidad de Granada.

Corresponding Author: omar.fernandez@athisabiogeneracion.es

Introducción: La presencia de fármacos citostáticos, antibióticos, microcontaminantes emergentes, bacterias resistentes y genes de resistencia en las aguas residuales hospitalarias constituye un problema creciente de salud pública y ambiental. Los sistemas convencionales de depuración no están diseñados para eliminar eficazmente este tipo de contaminantes, permitiendo su dispersión hacia redes de saneamiento y ecosistemas receptores. Se presenta una solución innovadora basada en la recogida selectiva de efluentes hospitalarios en origen y su tratamiento específico, validada técnica y ambientalmente en fase demostrativa.

Objetivos: Implementar y validar un modelo integral de gestión de efluentes hospitalarios que permita:

- Eliminar eficazmente sustancias peligrosas antes de su vertido.
- Reducir y controlar la presencia de bacterias resistentes y genes de resistencia, contribuyendo a estrategias hospitalarias frente a las resistencias a antibióticos.
- Disminuir el riesgo de diseminación ambiental de microorganismos multirresistentes.
- Cuantificar la carga contaminante evitada y su impacto ambiental positivo.
- Evolucionar hacia un sistema de tratamiento inteligente, seguro y escalable para su implantación hospitalaria.

Metodología: El sistema se implantó en dos hospitales españoles mediante la recogida selectiva de orinas de pacientes oncológicos, evitando su dilución en la red general de saneamiento hospitalario. Estas matrices, concentradas en fármacos citostáticos y potencialmente asociadas a microcontaminantes, bacterias resistentes y genes de resistencia, fueron almacenadas en depósitos estancos y tratadas en una instalación autorizada mediante un proceso de oxidación avanzada. Posteriormente se realizaron controles físico-químicos, ecotoxicológicos y análisis específicos de citostáticos, complementados con validación externa por Entidad de Control Ambiental (ECA).

Resultados: Durante la fase demostrativa se gestionaron más de 15.000 litros de efluentes hospitalarios segregados, evitando su vertido a la red general de saneamiento. El tratamiento alcanzó elevadas eficiencias de eliminación de citostáticos y antibióticos detectados, reduciendo además la carga orgánica y la ecotoxicidad. La validación externa clasificó el efluente tratado como “no peligroso”, confirmando la viabilidad ambiental del modelo.

Conclusiones: La recogida selectiva en origen combinada con tratamiento avanzado constituye una solución técnica viable, normativamente conforme y ambientalmente eficaz. Los resultados obtenidos han permitido iniciar una segunda fase basada en tratamiento *in-situ*, monitorización continua y digitalización del proceso (“Smart Hospital Wastewater Treatment Solution”), ampliando el alcance hacia un modelo hospitalario más sostenible y orientado al control ambiental y microbiológico.

Palabras clave: Contaminantes emergentes; Digitalización del agua; Efluentes hospitalarios; Oxidación avanzada; Resistencia antimicrobiana.

Lodos de depuradora como precursor de biochar activado para la eliminación de colorantes alimentarios en aguas residuales

L. Abello¹, P. Oulego¹, L. Romero^{1,2}, S. Collado¹, M. Rendueles¹

¹ Universidad de Oviedo. Departamento de Ingeniería Química y Tecnología del Medio Ambiente. Grupo de Tecnología de Bioprocesos y Reactores

² Escuela Superior Politécnica del Litoral (ESPOL), Guayaquil, Ecuador. Facultad de Ciencias Naturales y Matemáticas. Centro de Investigación y Desarrollo en Nanotecnología.

Corresponding Authors: uo279034@uniovi.es; oulegopaula@uniovi.es

Las aguas residuales procedentes de la industria alimentaria pueden contener compuestos potencialmente peligrosos para el medio ambiente y la salud pública, entre ellos colorantes sintéticos caracterizados por su baja biodegradabilidad y elevada estabilidad (Bankole et al., 2024. <https://doi.org/10.1016/j.biteb.2023.101709>). En este contexto, este trabajo evalúa el potencial de un biochar obtenido a partir de la fracción sólida generada tras la hidrólisis térmica de los lodos de depuradora y activado con FeCl_3 , como bioadsorbente para la eliminación de los colorantes aniónicos, tales como azul brillante (BB) y tartrazina (TZ).

La hidrólisis térmica se llevó a cabo a 150 °C durante 1 h, y la fracción sólida resultante se activó a 600 °C con un 50 % p/p de FeCl_3 . El material obtenido presentó un contenido en carbono del 29 %, un área superficial BET de 355.3 m²/g y una estructura mesoporosa con un diámetro medio de poro de 8.8 nm. Su capacidad adsorbente se evaluó para la eliminación de BB y TZ, tanto individualmente como en mezcla. Las condiciones óptimas de adsorción, determinadas a 25 °C y una concentración inicial de colorante de 100 mg/L, fueron una dosis de adsorbente de 750 mg/L y un pH inicial de 2. Los estudios cinéticos mostraron que el proceso se ajusta a un modelo de pseudo-segundo orden, mientras que los datos de equilibrio se describieron adecuadamente mediante el modelo de Langmuir, lo que sugiere una adsorción en monocapa. El análisis termodinámico indicó que el proceso es espontáneo y endotérmico, alcanzándose capacidades máximas de adsorción de 81.8 mg/g para BB y 125.7 mg/g para TZ a 45 °C.

Además, la eficacia del biochar se evaluó en matrices reales. En particular, su aplicación en una disolución de la bebida energética Powerade® permitió reducir en un 75.4 % la concentración de BB.

En conjunto, los resultados demuestran el potencial de valorización de los lodos de depuradora para la obtención de un bioadsorbente eficaz en la eliminación de colorantes alimentarios en medios acuosos sintéticos y reales.

Palabras Clave: Adsorción; Aguas residuales; Biochar; Colorantes Alimentarios; Lodos de depuradora.

Agradecimientos: Los autores agradecen la financiación del Principado de Asturias a través del proyecto SEK-25-GRU-GIC-24-010 (IDE/2024/000695) y del MCIU a través de los proyectos nacionales RTI2018-094218-B-I00 y PID2021-125942OB-I00. L. Romero agradece la beca FPI: PRE2019-091054.

Mostrando el potencial de los carbones activados derivados de residuos de olivo como alternativas sostenibles a los adsorbentes comerciales

M.C. Gutiérrez¹, M. García-Rollán¹, J. Amaro-Gahete³, H. Martínez-Alvarenga¹, A. Benítez², A. Caballero², M.A. Martín¹.

¹ Universidad de Córdoba, IQUEMA, ceiA3. Dpto. Química Inorgánica e Ingeniería Química, Área de Ingeniería Química. Grupo de Investigación: RNM-271.

² Universidad de Córdoba, IQUEMA. Dpto. Química Inorgánica e Ingeniería Química, Área de Química Inorgánica. Grupo de Investigación: FQM-175.

³ Universidad Nacional de Educación a Distancia (UNED), Dpto. Departamento de Química Inorgánica y Química Técnica.

Corresponding Author: mc.gutierrez@uco.es

El bisfenol A (BPA) es un contaminante emergente presente en aguas residuales, cuya persistencia y actividad como disruptor endocrino hacen necesaria su eliminación en plantas de tratamiento de aguas residuales mediante procesos terciarios eficientes (Cheng A. et al. 2024. <https://doi.org/10.1016/J.CEJ.2024.149414>). Este estudio evalúa la capacidad de adsorción de tres carbones activados (CAs): uno comercial de cáscara de coco (CA-C) y dos obtenidos a partir de residuos del olivar, alperujo (CA-A) y hueso de aceituna (CA-OS), mediante activación química y física, respectivamente.

Los resultados muestran que las propiedades texturales y químicas de los materiales influyen directamente en la adsorción de BPA. El CA-A destaca por su elevada área superficial (2050 m²/g) y volumen de poro, así como por la presencia de grupos funcionales oxigenados que favorecen las interacciones con el contaminante. En comparación, CA-A y CA-C presentan altas capacidades de adsorción (> 70 mg/g), mientras que AC-OS muestra un rendimiento inferior (<45 mg/g), lo cual podría deberse a una estructura de microporos estrechos poco accesibles.

La cinética de adsorción en CA-A se describe adecuadamente mediante el modelo de *Sips*, indicando una superficie heterogénea. Además, se confirma que la adsorción es espontánea y exotérmica ($\Delta H^{\circ} = -14,71$ kJ/mol), predominando la fisisorción con mecanismos como interacciones π - π , enlaces de hidrógeno y fuerzas de Van der Waals. Tras una evaluación de la influencia del pH, la eficiencia de adsorción disminuye ligeramente a pH > 10 debido a la desprotonación del BPA.

Los ensayos dinámicos y cíclicos de adsorción (25°C) y desorción (40°C) demuestran que CA-A mantiene alta capacidad de adsorción y es regenerable, con pérdidas mínimas tras varios ciclos. En conjunto, el carbón activado derivado de alperujo se posiciona como un adsorbente sostenible, eficaz y competitivo para la eliminación de BPA en aguas residuales, contribuyendo a la valorización de residuos agroindustriales.

Palabras Clave: Valorización, residuos agroindustriales, Bisfenol A, tratamiento de aguas residuales.

Agradecimientos: A la financiación recibida del MICIU (PID2024-156093OB-I00). También a M^a Luisa López Campaña, por su inestimable colaboración en el desarrollo experimental.

Vermifiltración como tecnología natural para la eliminación de contaminantes farmacéuticos en aguas residuales

Alexandra Guanuchi Quito¹, Yolanda Moreno Trigos² y Daniel Aguado García²

¹ Doctorado en Ingeniería del Agua y medioambiental Universitat Politècnica de Valencia

² Universitat Politècnica de Valencia, Instituto de Ingeniería del Agua y Medio Ambiente IIAMA.

Corresponding Author: alquaqui@posgrado.upv.es

Los contaminantes emergentes, particularmente los productos farmacéuticos, han sido detectados con creciente frecuencia en aguas residuales y cuerpos de agua superficiales debido a su elevado consumo y a la limitada capacidad de los sistemas convencionales de tratamiento para eliminarlos completamente. Entre estos compuestos destacan los antibióticos del grupo de las sulfonamidas, como el sulfametoxazol, cuya presencia en el ambiente acuático puede generar efectos adversos en los ecosistemas y contribuir al desarrollo de resistencia antimicrobiana (Michael, I., Rizzo, L., McArdell, C. S., et al. (2013). *Water Research*, 47, 957–995. <https://doi.org/10.1016/j.watres.2012.11.027>).

En los últimos años, las tecnologías naturales de tratamiento han despertado un creciente interés por su potencial para mejorar la eliminación de contaminantes emergentes de forma sostenible. Entre estas alternativas, la vermifiltración ha mostrado resultados prometedores gracias a la actividad biológica de las lombrices y a la intensa interacción microbiana que ocurre en el medio filtrante, favoreciendo procesos de degradación y transformación de compuestos orgánicos (Sinha, R. K., Bharambe, G., & Chaudhari, U. (2008). *The Environmentalist*, 28, 409–420. <https://doi.org/10.1007/s10669-008-9162-8>).

El presente trabajo evalúa de manera preliminar la eficiencia de un sistema de vermifiltración a escala de laboratorio para la eliminación de sulfametoxazol en aguas residuales sintéticas. Para ello se diseñaron dos sistemas experimentales: un vermifiltro con lombrices de la especie *Eisenia fetida* y un filtro control sin presencia de lombrices. Ambos sistemas fueron alimentados diariamente con 0,8 L de agua residual sintética suplementada con 1 ppm de sulfametoxazol durante 30 días.

Los resultados obtenidos evidenciaron una remoción máxima de 97,33 % en el vermifiltro, mientras que el sistema control alcanzó 84,17 %, observándose un aporte neto aproximado del 11,25 % asociado a la actividad de las lombrices. Estos resultados preliminares destacan el potencial de los vermifiltros como una tecnología sostenible y de bajo costo para mejorar el tratamiento de aguas residuales y contribuir a la reducción de contaminantes farmacéuticos presentes en los efluentes.

Palabras Clave: aguas residuales, contaminantes emergentes, *Eisenia fétida*, sulfametoxazol, vermifiltración

Agradecimientos: Los autores agradecen a la Universidad de Cuenca, al Instituto Universitario de Investigación de Ingeniería del Agua y Medio Ambiente (IIAMA) de la Universidad Politécnica de Valencia y a la Fundación Carolina por el apoyo académico, técnico y financiero brindado para el desarrollo de esta investigación.

**XVI CONGRESO ESPAÑOL
DE TRATAMIENTO
DE AGUAS**
MURCIA, 10-12 JUNIO 2026



1.- CONTAMINANTES EMERGENTES

Comunicaciones cortas



Cuantificación y caracterización de microplásticos en enmiendas orgánicas derivadas de lodos de depuradora: análisis comparativo con otros sustratos orgánicos

B.A. Newrick¹, G. Dolci², J.M. González La Fuente³, A. Laca¹, A. Laca¹ y M. Grosso²

¹ Universidad de Oviedo. Departamento de Ingeniería Química y Tecnología del Medio Ambiente, Tecnologías de Bioprocesos y Reactores (TBR)

² Politécnico de Milán, Departamento de Ingeniería Civil y Ambiental, Assessment on Waste and Resources (AWARE)

³ COGERSA SAU, R&D

Corresponding Author: newrickbess@uniovi.es

El tratamiento de aguas residuales genera lodos de depuradora, cuya gestión supone un desafío técnico y ambiental importante. Su valorización mediante compostaje para la obtención de lodos tratados que puedan utilizarse como enmiendas orgánicas constituye una alternativa tradicional y reconocida legalmente, permitiendo así el reciclaje de nutrientes y la disminución del volumen de residuos destinados a vertedero. No obstante, la posible presencia de microplásticos (MPs) en enmiendas orgánicas es un tema de creciente preocupación por su entrada en los ecosistemas terrestres.

En este estudio, se evaluó la presencia de plásticos macroscópicos y MPs en enmiendas orgánicas de distinto origen. Se analizaron enmiendas obtenidas a partir del compostaje de restos vegetales y estiércol (i) y de lodos de depuradora y residuos de madera no tratada (ii) procedentes de un centro de tratamiento de residuos en España, y de digestatos de la fracción orgánica recogida de forma separada (FORS) (iii) de varios centros en Italia. Los plásticos de mayor tamaño fueron separados manualmente y los MPs mediante oxidación y separación por densidad. Posteriormente, fueron cuantificados y caracterizados según su tamaño, morfología y composición química mediante estereomicroscopía y espectroscopía infrarroja por transformada de Fourier.

Las enmiendas elaboradas a partir de lodos de depuradora tenían menores cantidades de macroplásticos y MPs que las obtenidas de la FORS, aunque ligeramente superiores a las enmiendas procedentes de restos vegetales y estiércol. En general, se detectó una predominancia de fibras y films, siendo el polietileno, polipropileno, polietileno tereftalato y poliéster los polímeros más frecuentes. Este estudio demuestra que la tradicional valorización de los lodos de depuradora para obtener enmiendas orgánicas no se ve comprometida desde el punto de vista de la dispersión de MPs, al menos en los territorios estudiados, y puede ser una alternativa para la gestión sostenible de los residuos dentro del marco de la economía circular, con menor aporte de MPs que otras enmiendas. No obstante, se requieren estudios adicionales a largo plazo y en diferentes territorios con distintos hábitos y sistemas de saneamiento que puedan afectar a las características de los lodos y a las enmiendas con ellos producidas.

Palabras Clave: compostaje, economía circular, enmiendas orgánicas, lodos de depuradora, microplásticos

Agradecimientos Se agradece el apoyo financiero de la Cátedra COGERSA de Economía Circular. Asimismo, se agradece al grupo AWARE del Politécnico de Milán la acogida y el apoyo brindado durante la estancia de B.A. Newrick.

Electro-driven bioremediation of microplastics in wastewater

S. Puig¹, J. Rueda², M. D. Balaguer¹, A. Ceballos-Escalera¹ y Ll. Bañeras²

¹ University of Girona, Institute of the Environment, Grupo de Investigación: LEQUIA

² University of Girona, Institute of Aquatic Ecology, Grupo de Investigación: Molecular Microbial Ecology Group
Corresponding Author: sebastia.puig@udg.edu

Microplastics (MPs), particularly polyethylene (PE), persist through conventional wastewater treatment processes and are increasingly recognised as emerging contaminants within European regulatory frameworks, including the revised Urban Wastewater Treatment Directive (EU) 2024/3019, which encourages advanced treatment solutions to address pollutants of emerging concern. In this context, an electro-driven microbiome platform is proposed to enhance the transformation and removal of recalcitrant MPs and associated plasticisers in post-biological urban wastewater.

The approach combines electrochemical ageing of MPs with bioelectrochemical degradation. Electro-oxidative conditions promote surface functionalisation and partial chain scission of PE, as evidenced by FTIR analyses. Complementary SPME-GC profiling reveals the generation of lower-molecular-weight intermediates with increased bioavailability. These oxidised compounds are subsequently metabolised in a bioelectrochemical reactor hosting electroactive biofilms and a specialised microbial community enriched for MP transformation.

Metagenomic analyses indicate that genes associated with PE-like compound degradation are distributed across multiple bacterial taxa, suggesting that MP transformation is supported by cooperative metabolic networks rather than single-strain pathways. Experiments performed with biologically treated urban wastewater demonstrate that the platform can achieve removal efficiencies above 75% for PE particles. Furthermore, scale-up experiments under continuous-flow operation highlight the potential of electromicrobiology to steer microbial activity and improve degradation kinetics.

Palabras Clave: Advanced wastewater treatment, electro-driven biodegradation, polyethylene microplastics,

Agradecimientos: This work was funded through the European Union's Horizon Europe project NMPHE (<https://www.nympheproject.eu/>) under grant number 10106625. S. Puig is a Serra Hunter Fellow (UdG-AG-575) and acknowledges the funding from the Catalan Institution for Research and Advanced Studies (ICREA) Academia award. J.R. acknowledges funding from the Universitat de Girona through the IFUdG2025 predoctoral fellowship.

Integración de tecnologías basadas en microalgas y foto-Fenton solar para la eliminación de microcontaminantes en aguas residuales urbanas

D. Rodríguez-García^{1,2}, E. Gualda-Alonso^{1,2}, P. Soriano-Molina^{1,2}, J.L. García Sánchez^{1,2}, J.L. Casas López^{1,2}, I. Fernández-Gómez^{1,2} y J.A. Sánchez Pérez^{1,2}

¹ Universidad de Almería. Dpto. de Ingeniería Química. Ctra. Sacramento s/n, 04120, Almería, España.

² Centro de Investigación de la Energía Solar (CIESOL). Centro mixto Universidad de Almería-CIEMAT.

Corresponding Author: daniel.rodriquez@ual.es

En este trabajo se evaluó experimentalmente una línea de tratamiento integrada que combina (i) la depuración de agua residual urbana bruta mediante tecnología basada en microalgas y (ii) un tratamiento posterior de oxidación avanzada mediante foto-Fenton solar. Ambas etapas se llevaron a cabo en fotoreactores abiertos de bajo coste tipo *raceway* con el objetivo de regenerar agua residual de forma sostenible, garantizando no solo la calidad microbiológica del efluente, sino también la eliminación mínima de microcontaminantes (MC) requerida por la nueva legislación europea (Directiva (UE) 2024/3019). La primera etapa (tratamiento secundario/terciario) se desarrolló en un *raceway* de microalgas operado a distintas tasas de dilución ($0.05\text{--}0.30\text{ día}^{-1}$) y profundidades de cultivo (10 y 20 cm). Esta etapa permitió reducir nutrientes y especies inorgánicas y orgánicas que interfieren en la etapa posterior de foto-Fenton (tratamiento cuaternario), en particular: (i) fósforo en forma de fosfatos (PO_4^{3-}), que inducen la precipitación de Fe^{3+} durante el proceso foto-Fenton; (ii) especies nitrogenadas como nitritos (NO_2^-), que consumen H_2O_2 ; y (iii) materia orgánica e inorgánica (p. ej., bicarbonatos, HCO_3^-) que actúan como *scavengers* de radicales hidroxilo ($\text{HO}^\bullet$), reduciendo la eficiencia de eliminación de MC. Los efluentes obtenidos bajo las distintas condiciones de operación del *raceway* de microalgas se trataron posteriormente mediante foto-Fenton solar a pH ácido (~ 2.8), empleando FeSO_4 como fuente de hierro y peróxido de hidrógeno (H_2O_2) como oxidante. Los ensayos se realizaron en modo batch (1 h) con radiación solar real, a una profundidad de líquido de 5 cm, utilizando concentraciones iniciales de Fe^{2+} y H_2O_2 de 0.2 mM y 1.47 mM, respectivamente. Se evaluó la eliminación de benzotriazol dopado ($50\text{ }\mu\text{g L}^{-1}$) como MC modelo. A partir de los resultados experimentales se desarrolló un modelo cinético del proceso foto-Fenton que incorpora explícitamente, por primera vez, el efecto de fosfatos, nitritos y la capacidad scavenger asociada al estado de oxidación de la materia orgánica presente en el efluente de microalgas (efecto matriz). Finalmente, el modelo se validó empleando ensayos de foto-Fenton solar en flujo continuo (TRH = 1 h), evaluando la eliminación de 64 MC reales cuantificados (~ 150 investigados), con el objetivo de optimizar globalmente la integración de ambas tecnologías (microalgas + foto-Fenton).

Palabras Clave: energía solar, oxidación avanzada, tratamiento cuaternario.

Agradecimientos: Este trabajo ha sido financiado parcialmente por los proyectos de investigación CAFIRA (PID2023-152519OB-I00), financiado por MCIU / AEI / 10.13039/501100011033 / FEDER, UE, e INACUA (PLSQ_00330), financiado por la Junta de Andalucía / FEDER, UE. D. Rodríguez-García agradece al Ministerio de Universidades la concesión de un contrato predoctoral FPU (FPU22/01465).

Evaluación del agotamiento del carbón activado y eliminación de contaminantes emergentes en planta piloto según la Directiva (UE) 2024/3019

María José Moya-Llamas^{1,3}, Samuel S. Núñez¹, Nuria Ortuño^{1,2} y Daniel Prats^{1,2}

¹ Universidad de Alicante. Instituto Universitario del Agua y de las Ciencias Ambientales.

² Universidad de Alicante. Dpto. de Ingeniería Química.

³ Universidad de Alicante. Dpto. de Ingeniería Civil.

Corresponding Author: mjmoya@ua.es

La Directiva (UE) 2024/3019 sobre el tratamiento de las aguas residuales urbanas incluye la eliminación de contaminantes emergentes (CEC) como una prioridad en el tratamiento de las aguas. Esta investigación analiza la presencia y eliminación mediante procesos de adsorción de los 12 compuestos recogidos en la Directiva. Se ha evaluado también el agotamiento de dos filtros de carbón activado granular (CAG) actuando como tratamiento cuaternario. Para ello se diseñó y operó una planta piloto alimentada con el efluente secundario en una EDAR ubicada en la provincia de Murcia. La planta se compuso de dos filtros de carbón activado granular funcionando en paralelo a fin de evaluar la eficiencia de dos carbones de diferente naturaleza: un carbón activado híbrido y un segundo carbón de cáscara de coco con lavado ácido superficial. El sistema operó en régimen continuo durante 9 meses a lo largo de los cuales se analizó periódicamente la eliminación de los CEC mediante UHPLC-MS/MS. Se realizó la caracterización textural y morfológica de ambos carbones, lo que permitió determinar diferencias en cuanto a la distribución de la porosidad de ambos. Los resultados muestran que ambos carbones presentan un comportamiento similar en cuanto a la eliminación de contaminantes emergentes, siendo altamente eficaces en fases iniciales, con eliminaciones cercanas al 100%. Sin embargo, se observa un agotamiento progresivo de la capacidad de adsorción de ambos carbones a lo largo del tiempo, así como la formación de biofilm, el cual contribuye a la colmatación de la porosidad. Las conclusiones subrayan la importancia de monitorizar la saturación para garantizar el cumplimiento normativo, así como la necesidad de incluir pretratamientos para evitar que el crecimiento microbiano limite el acceso a los microporos del carbón, optimizando así su vida útil.

Palabras Clave: Adsorción; Contaminantes emergentes; Carbón activado granular; Tratamiento cuaternario; Saturación

Agradecimientos: Trabajo desarrollado en marco del contrato para actividades de asesoramiento y asistencia científico- técnica entre SACYR Agua, S.A. y el Instituto Universitario del Agua y de las Ciencias Ambientales: "Contribución al estudio del agotamiento del carbón activo en el tratamiento cuaternario de aguas residuales", con apoyo de LA Entidad Regional de Saneamiento y Depuración de Aguas Residuales de la Región de Murcia (ESAMUR).

**XVI CONGRESO ESPAÑOL
DE TRATAMIENTO
DE AGUAS**
MURCIA, 10-12 JUNIO 2026



1.- CONTAMINANTES EMERGENTES

Pósteres



Adsorción de 4-acetamidofenol mediante carbones activados obtenidos por pirólisis y carbonización hidrotermal de residuos textiles

M. Calero, L. Arjona, M. Andrades, G. Blázquez y M.A. Martín-Lara

Universidad de Granada. Dpto. Ingeniería Química. Grupo de Investigación: Tecnologías de Valorización de Residuos y Procesos Catalíticos (RNM-152).

Corresponding Author: marianml@ugr.es

El proceso de conversión termoquímica abarca tecnologías como la torrefacción, gasificación, carbonización hidrotermal (HTC) y pirólisis [P. Athanasopoulos and A. Zabaniotou (2022) <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2022.155387>]. Cada una de ellas se caracteriza por un conjunto particular de parámetros operativos, tales como temperatura, presión y atmósfera de reacción, que se ajustan para maximizar el rendimiento y la calidad de los productos obtenidos [Prabir (2013) <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/C2011-0-07564-6>; Cupertino et al. (2024) <https://doi.org/10.1016/j.jaap.2024.106781>]. En este contexto, la pirólisis y la carbonización hidrotermal (HTC) han adquirido una relevancia significativa debido a su capacidad para generar una fracción sólida rica en carbono, denominada char, cuyas propiedades texturales permiten su potencial aplicación como material adsorbente para la eliminación de contaminantes emergentes en medios acuosos [Ciuffi et al. (2025) <https://doi.org/10.1016/J.WASMAN.2025.115013>].

Tradicionalmente, los carbones activados se producen de materias primas de origen vegetal; sin embargo, en este estudio se emplearon residuos textiles, contribuyendo así a su valorización dentro de un enfoque de economía circular. Los carbones se sintetizaron mediante dos rutas de conversión termoquímica, pirólisis y HTC, y posteriormente fueron activados de forma química (ZnCl_2) y de forma física (CO_2). A continuación, se evaluó la eficiencia de los materiales preparados para la retención del contaminante 4-acetamidofenol en medio acuoso mediante ensayos de adsorción, usando una concentración de adsorbente de $2 \text{ g} \cdot \text{L}^{-1}$. La determinación de la concentración residual del contaminante se llevó a cabo mediante cromatografía líquida de alta resolución (HPLC).

Los resultados obtenidos indicaron que la capacidad de adsorción de 4-acetaminofenol de los carbones aumentó de forma importante con el proceso de activación. Además, los mejores resultados se obtuvieron con los carbones activados con ZnCl_2 , independientemente de la ruta de conversión termoquímica, llegándose a valores de capacidad de adsorción de $130,7 \text{ mg g}^{-1}$ para el char de pirólisis y de $121,7 \text{ mg g}^{-1}$ para el char de HTC.

Palabras Clave: Economía Circular, HTC, Pirólisis, Residuos Textiles, Valorización termoquímica

Adsorción de diclofenaco en un híbrido MIL-53(Al)@cáscara de arroz: rendimiento y comportamiento de adsorción en dos etapas

Mayra Lissette Gorozabel-Mendoza^{1,2,3}, Laura Duquet^{3,4}, Luis Angel Zambrano-Intriago⁵, María Dolores Saquete¹, Nuria Boluda-Botella¹ y Joan Manuel Rodríguez-Díaz^{3,6}

¹ Instituto Universitario de Ingeniería de los Procesos Químicos, Universidad de Alicante, Alicante, E-03080, Spain

² Departamento de Química, Facultad de Ciencias Básicas, Universidad Técnica de Manabí, Portoviejo, Ecuador

³ Laboratorio de Análisis Químicos y Biotecnológicos, Dirección de Investigación, Universidad Técnica de Manabí, Portoviejo, Manabí, Ecuador

⁴ Faculty of Chemistry, Oddisee University, Rue de la Blanchisserie 23, 1000 Bruxelles, Belgium

⁵ Departamento de Ciencias Biológicas, Facultad de Ciencias de la Salud, Universidad Técnica de Manabí, Portoviejo, Manabí, Ecuador

⁶ Departamento de Procesos Químicos, Biotecnología y Alimentos, Facultad de Ingenierías y Ciencias Aplicadas, Universidad Técnica de Manabí, Portoviejo, Manabí, Ecuador

Corresponding Author: joan.rodriquez@utm.edu.ec

Se investigó la adsorción de diclofenaco (DCF) del agua utilizando un adsorbente híbrido MIL-53(Al)@cáscara de arroz en condiciones discontinuas. Se evaluaron los efectos de la dosis de adsorbente, el pH inicial, el tiempo de contacto, la concentración inicial de DCF y la temperatura con el fin de examinar tanto el rendimiento de la adsorción como el comportamiento general del sistema. En las condiciones de funcionamiento seleccionadas, el adsorbente alcanzó una eliminación del DCF del 99,1 %, con una capacidad de adsorción de 138 mg g⁻¹. Se estudió la respuesta de adsorción en el intervalo de pH de 2 a 10, observándose ligeras variaciones, por lo que el proceso es eficiente en un amplio intervalo de condiciones de funcionamiento. Los experimentos de tiempo de contacto revelaron una etapa de adsorción inicial rápida, seguida de un régimen más lento que se hizo más evidente a medida que la concentración inicial de DCF aumentaba de 10 a 150 mg L⁻¹. Entre los modelos cinéticos evaluados, la ecuación de pseudo-segundo orden proporcionó el mejor ajuste general. Este comportamiento cinético sugiere que el proceso de adsorción no se desarrolla de manera uniforme en todo el rango de concentración. Las isothermas de adsorción obtenidas entre 288,15 y 328,15 K mostraron un perfil claro de dos etapas, que se describió satisfactoriamente mediante la suma de dos contribuciones de tipo Langmuir. Las capacidades máximas de adsorción aumentaron de 95,0 a 163 mg g⁻¹ en la primera etapa y de 71,4 a 195 mg g⁻¹ en la segunda etapa a medida que aumentaba la temperatura, lo que demuestra que ambas contribuciones de adsorción se veían favorecidas a temperaturas más altas. El análisis termodinámico indicó además que ambas etapas eran endotérmicas y se volvían cada vez más favorables con la temperatura. En conjunto, los resultados de FTIR, cinéticos, de equilibrio y termodinámicos respaldan un proceso de adsorción secuencial. La adsorción de diclofenaco en MIL-53(Al)@cáscara de arroz se describe mejor como un proceso de dos etapas que como un evento de adsorción único y uniforme, siendo la segunda etapa cada vez más relevante a concentraciones y temperaturas más altas y siendo consistente con el desarrollo de un régimen de adsorción similar a una multicapa después de la formación de una población inicial de DCF adsorbido.

Palabras clave: Diclofenaco; Híbrido MOF@biomasa; Adsorción secuencial; Contaminantes emergentes.

Anion hydrophobicity as a key factor in the toxicity of imidazolium ionic liquids in aquatic systems

Imane Moulefera, José Javier Delgado-Marín, Jesús León-García, Ignacio Carnerero-Hinojosa, Mercedes G. Montalbán, Gloria Villora*

Chemical Engineering Department, Faculty of Chemistry, CEIR Campus Mare Nostrum (CMN), University of Murcia, 30071 Murcia, Spain

Corresponding Author: gvillora@um.es

Ionic liquids (ILs) are organic salts formed by combinations of cations and anions that remain liquid over a broad temperature range and have attracted growing interest in recent years. Their widespread use in research and emerging industrial applications has raised concerns about their environmental impact, particularly because their effects on living systems are not yet fully understood. The high solubility in water of ILs makes their release into aquatic systems a potential source of contamination. Therefore, the evaluation of toxic effects in aqueous environments is of great relevance. In this work, the luminescent bacterium *Vibrio fischeri* has been used to carry out inhibition assays. Furthermore, ILs are increasingly explored in pharmaceutical and biomedical applications due to their ability to enhance drug solubility and bioavailability, which reinforces the importance of assessing their cytotoxic profiles, which until now are still scarce (Pérez, S., et al. (2020). *J. Hazard. Mat.*, 385, 121513).

This study focuses on the effect of the anion on the toxicological behavior of imidazolium-based ILs. A series of six compounds was examined, combining different cations with bromide [Br⁻] and hexafluorophosphate [PF₆⁻] anions. The results indicate that the anion significantly influences toxicity, with [PF₆⁻]-based ILs showing higher lipophilicity and a greater tendency to interact with biological membranes, leading to increased toxic effects compared to [Br⁻]-based analogues. These observations were consistent across both ecotoxicological assays and cytotoxicity studies using a tumor cell line (HeLa) and a healthy cell line (EA.hy926). In summary, the nature of the anion is a key factor governing the environmental and biological behavior of ILs in aqueous systems. These findings highlight the need to carefully tailor ion combinations in order to develop more sustainable and less hazardous ionic liquid formulations.

Keywords: anion, ionic liquid, imidazolium, *vibrio fischeri*, cytotoxicity.

Acknowledgments: This work is part of the following research projects: Ref. PID2023-150761OB-C21 funded by MICIU/AEI/10.13039/501100011033 and by FEDER, UE and Ref. 22129-PI-22 funded by the research support program of the Seneca Foundation of Science and Technology of Murcia, Spain. J.J. Delgado-Marín and J. León-García acknowledge support from the Juan de la Cierva contract (Ref. JDC2023-052774-I) and FPI contract (Ref. PID2023-150761OB-C21), respectively, funded by MICIU/AEI /10.13039/501100011033 and the FSE+.

Aplicabilidad del adsorbente derivado del hueso de la oliva en la eliminación de los colorantes azul de metileno y naranja de metilo contenidos en aguas residuales

R. López², M.J. San José^{1*}, S. Alvarez¹

¹Universidad del País Vasco EHU. Dpto. de Ingeniería Química. Grupo de Investigación: Universidad del País Vasco EHU, María José San José

²Universidad del País Vasco EHU. Dpto. de Farmacología. Grupo de Investigación: Universidad del País Vasco EHU, María José San José

Corresponding Author: mariajose.sanjose@ehu.eus

En los últimos años se ha producido un incremento de la presencia de sustancias contaminantes en las aguas residuales, ríos y acuíferos, entre los que se encuentran los contaminantes emergentes, que constituyen un riesgo para el medioambiente y para la salud humana. Los contaminantes emergentes provienen de diversas fuentes, entre las que destacan las aguas residuales urbanas, las actividades industriales, agrícolas y ganaderas. Entre los contaminantes emergentes se encuentran, entre otros, fármacos, que presentan concentraciones muy bajas, por lo que son difíciles de eliminar en las depuradoras de aguas residuales mediante las tecnologías convencionales. La adsorción se considera una alternativa adecuada, debido a su alta eficacia y facilidad de aplicación. No obstante, los adsorbentes convencionales encarecen la eliminación de estos compuestos por adsorción.

En este trabajo, se preparó un adsorbente de bajo coste derivado de residuos de biomasa lignocelulósica (huesos de la oliva), que está disponible en grandes cantidades, al que se le aplicó un tratamiento químico con ácido fosfórico, seguido de activación térmica (a 550 °C en atmósfera de N₂) (San José et al. (2026). *Appl. Sci.* 16, 1512).

El carbón activado, derivado del hueso de la oliva, se caracterizó mediante isotermas de adsorción-desorción de N₂, análisis espectroscópicos FTIR y Raman, y determinación experimental del pH_{pzc}. Se concluye que el área BET del bioadsorbente activado es un 66% superior al del carbón activo comercial. Presenta estructura aromática y grupos funcionales superficiales oxigenados, correspondientes a una excelente activación. El comportamiento de este bioadsorbente se evaluó utilizando dos colorantes, azul de metileno y naranja de metilo, y los resultados de adsorción se compararon con los del carbón activo comercial. La interacción entre ambos colorantes y la superficie del adsorbente es debida a la atracción electrostática, con diferentes características atractivo-repulsivas. La capacidad de adsorción del residuo de activado de la oliva resultó ser muy alta para los dos adsorbatos utilizados, con una eficiencia de adsorción cercana al 100%, análoga a la del carbón activo comercial.

Palabras Clave: adsorción, adsorbente derivados de biomasa, azul de metileno, naranja de metilo.

Agradecimientos: Este trabajo es parte del proyecto PID2021-126331OB-I00 financiado por MCIN/AEI/10.13039/501100011033 y por FEDER Una manera de hacer Europa.

Cambios en el oxígeno disuelto durante la degradación de sulfametoxazol por foto-Fenton

E. Bilbao-García¹, U. Duoandioechea¹, N. Villota¹, J.I. Lombrana², M. Ortueta², M. A. Celaya², E. Acosta-Piantini³, J. Muñoz-Montero³, H. Olvera-Vargas⁴.

¹ Universidad del País Vasco UPV/EHU. Dpto. de Ingeniería Química y del Medio Ambiente. Grupo IQEEMA.

² Universidad del País Vasco UPV/EHU. Dpto. de Ingeniería Química. Grupo IQEEMA.

³ Universidad Autónoma de Santo Domingo. Escuela Ingeniería Química.

⁴ Universidad Nacional Autónoma de México. Instituto de Energías Renovables.

Corresponding Author: elisabeth.bilbao@ehu.eus

La presencia de sulfametoxazol (SMX), antibiótico del grupo sulfonamidas, en aguas residuales plantea riesgos ambientales y sanitarios por su persistencia y contribución a la resistencia bacteriana. Este trabajo evalúa la degradación de SMX mediante el proceso foto-Fenton, analizando la dinámica del oxígeno disuelto (DO), la mineralización del carbono orgánico y la evolución de parámetros de calidad del agua. Los ensayos se realizaron en un reactor fotocatalítico de 1 L equipado con lámpara UV de 150 W (emisión 300–570 nm) y agitación magnética. Las condiciones iniciales fueron: $[SMX]_0=50,0$ mg/L, pH=3,0, T=25 °C. Se estudiaron dos variables: concentración de H_2O_2 (0–3,0 mM) y dosis de Fe^{+2} (0–5,0 mg/L). Se monitorizaron SMX (HPLC, $\lambda=275$ nm), TOC, DO (mg/L), turbidez (NTU), color ($\lambda=455$ nm) y aromaticidad (UV254).

La degradación de SMX fue rápida, alcanzando la completa eliminación en ≈ 30 min bajo condiciones óptimas (1 mol SMX:10 mol H_2O_2 :0,05 mol Fe^{2+}). La mineralización del TOC fue más lenta, indicando la formación de intermediarios antes de la conversión final a CO_2 y H_2O . La evolución del DO mostró tres fases: (i) incremento inicial (0–10 min) por descomposición parcial de H_2O_2 , (ii) descenso pronunciado (10–20 min) hasta valores mínimos de 0,3 mg/L debido al consumo de oxígeno en reacciones de regeneración de Fe^{2+} y oxidación de intermediarios, y (iii) recuperación progresiva tras 40–50 min, atribuida a la descomposición del exceso de H_2O_2 en O_2 ($2 H_2O_2 \rightarrow O_2 + 2 H_2O$). El análisis cinético reveló que la generación de radicales $HO\cdot$ depende críticamente de la relación H_2O_2/Fe^{2+} . Dosis excesivas de H_2O_2 ($>3,0$ mM) provocaron efectos de competencia y liberación de oxígeno, reduciendo la eficiencia del proceso. A nivel de calidad del agua, la aromaticidad disminuyó drásticamente en los primeros 30 min, confirmando la ruptura de anillos aromáticos. Color y turbidez aumentaron inicialmente por formación de quinonas y precipitados férricos, alcanzando máximos a los 15–20 min, para luego reducirse conforme avanzó la mineralización. Estos resultados demuestran que el seguimiento del DO es un indicador clave para optimizar el foto-Fenton, evitando sobredosisificación y mejorando la sostenibilidad. El proceso se confirma como una tecnología eficaz y escalable para la eliminación de antibióticos en aguas residuales, con potencial aplicación en efluentes hospitalarios y farmacéuticos.

Palabras clave: Foto-Fenton; sulfametoxazol; oxígeno disuelto; procesos de oxidación avanzada.

Degradación del fármaco oncológico flutamida mediante una heterounión LDH/MOF activada por luz visible

Joan Manuel Rodríguez-Díaz¹, Alejandro Josué García-Guerrero¹, María Dolores Saquete² y Nuria Boluda-Botella²

¹ Laboratorio de Análisis Químicos y Biotecnológicos, Instituto de Investigación, Universidad Técnica de Manabí, S/N, Avenida Urbina y Che Guevara, Portoviejo, 130104, Ecuador

² Instituto Universitario de Ingeniería de los Procesos Químicos, Universidad de Alicante, Alicante, E-03080, España.

Corresponding Author: joan.rodriquez@utm.edu.ec

El aumento sostenido de la incidencia del cáncer ha intensificado el consumo de fármacos oncológicos y, en consecuencia, se ha producido su liberación al ambiente acuático (Francisco, R., Monteiro, B., Santos, M. J., e Silva, F. A., Venancio, C., Neves, M.C., Lopes, I., Sousa, A.C.A., & Freire, M.G. (2024) <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2024.122995>). Entre ellos, la flutamida (FLU) ha sido detectada en efluentes hospitalarios, industriales y de plantas de tratamiento de aguas residuales en concentraciones con valores incluso de $6.2 \pm 0.3 \text{ ng L}^{-1}$ (Gouveia, T. I. A., Silva, A. M. T., Freire, M. G., Sousa, A. C. A., Alves, A., & Santos, M. S. F. (2023) <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2023.130883>), lo que evidencia su descarga continua en diferentes matrices.

Su persistencia se atribuye, en parte, a que los sistemas convencionales de tratamiento no fueron diseñados específicamente para tratar este tipo de contaminantes emergentes (CE), por lo que su eliminación suele ser incompleta (Bhuvaneswari, C., Sathish Kumar, P., Elangovan, A., Arivazhagan, G., & Kim, Y.-K. (2026) <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.ceja.2025.100981>). Por esto, este estudio evaluó la degradación fotocatalítica de FLU mediante una nueva heterounión NiFe-LDH@MIL-53(Al), activada bajo luz visible y sin requerimiento de oxidante. El nanomaterial se sintetizó mediante coprecipitación del NiFe-LDH y luego por crecimiento solvotermal de la Estructura Metal-Orgánica (MOF) sobre el Hidróxido Doble Laminar (LDH) como centro de nucleación. Fue aplicado en sistemas discontinuos bajo irradiación LED, considerando dosis de catalizador, velocidad de agitación, tiempo de contacto, estabilidad y reutilización, inhibidores de Especies Reactivas de Oxígeno (ROS), fuerza iónica y evaluación en aguas reales (potable, subterránea, superficial y efluentes hospitalarios).

La flutamida alcanzó porcentajes de degradación superiores al 95 %, con ajuste al modelo cinético de segundo orden y predominio del radical superóxido ($\text{O}_2^{\bullet-}$) en el mecanismo de degradación. Además, se obtuvieron porcentajes de degradación mayores al 90 % durante 12 ciclos consecutivos, lo que confirmó la alta estabilidad/reutilización del material sintetizado. En aguas reales, el proceso conservó elevada eficiencia (>90 %), aunque en agua subterránea se observó una ligera disminución atribuida a la presencia de aniones carbonatos. Estos resultados posicionan a la heterounión NiFe-LDH@MIL-53(Al) como una alternativa prometedora para la degradación de fármacos oncológicos bajo luz visible.

Palabras Clave: Contaminantes emergentes; Fotocatálisis; Híbrido, Flutamida.

Degradación oxidativa de 2,6-diclorobenzoquinona mediante UV/H₂O₂: impacto en la calidad del agua

E. Bilbao-García¹, U. Duoandioechea¹, J.I. Lombrana², N. Villota¹

¹ Universidad del País Vasco UPV/EHU. Dpto. de Ingeniería Química y del Medio Ambiente. Grupo IQEEMA.

² Universidad del País Vasco UPV/EHU. Dpto. de Ingeniería Química. Grupo IQEEMA.

Corresponding Author: ji.lombrana@ehu.eus

La presencia de subproductos de desinfección halogenados, como la 2,6-diclorobenzoquinona (DCBQ), en aguas potables constituye un desafío ambiental y sanitario debido a su alta toxicidad y persistencia. Este estudio analiza la degradación oxidativa de DCBQ mediante radiación UV y el sistema UV/H₂O₂, evaluando la influencia de la dosis de peróxido de hidrógeno sobre la eficiencia de eliminación y la calidad del agua. Los ensayos se realizaron en un reactor fotocatalítico con lámpara de mercurio de 150 W, empleando concentraciones iniciales de DCBQ de 50 mg/L y pH ajustado a 3,0. Se estudiaron dosis de H₂O₂ entre 0 y 10 mM durante 120 minutos de irradiación. El análisis cinético reveló que la fotólisis directa bajo UV sigue un orden aparente de 1,5, mientras que el sistema UV/H₂O₂ alcanza un orden de 2,5, reflejando la contribución de radicales hidroxilo y su dependencia tanto de la concentración de contaminante como del oxidante.

Los resultados muestran que la adición de H₂O₂ mejora significativamente la velocidad de degradación. A concentraciones moderadas (1,0–2,0 mM), se logra la eliminación completa de DCBQ en menos de 120 minutos, con reducciones sustanciales en color y aromaticidad (hasta 100% en 2 h). Sin embargo, dosis excesivas (10,0 mM) provocan efectos de scavenging, reduciendo la eficiencia global. El modelo cinético propuesto describe adecuadamente el comportamiento experimental bajo todas las condiciones, confirmando la naturaleza radicalaria del mecanismo.

Además de la desaparición del contaminante, se evaluaron parámetros de calidad del agua como color, turbidez, oxígeno disuelto y aromaticidad. La evolución del color siguió un patrón de reacción consecutiva: formación inicial de subproductos cromóforos y posterior eliminación bajo cinética de orden cero, consistente con la acción no selectiva de los radicales. La turbidez permaneció estable en torno a 1 NTU, mientras que el oxígeno disuelto aumentó durante el tratamiento, evidenciando rutas oxidativas. Estos hallazgos subrayan la importancia de optimizar la dosis de H₂O₂ para evitar acumulación de intermediarios y garantizar la sostenibilidad del proceso.

En conclusión, el sistema UV/H₂O₂ se confirma como una tecnología eficaz para la eliminación de DCBQ y la mejora integral de la calidad del agua. La correlación entre cinética de degradación y parámetros de calidad aporta criterios prácticos para el diseño de procesos avanzados de oxidación en aplicaciones reales, donde la minimización de subproductos y la estabilidad operativa son factores críticos para cumplir los estándares de potabilización.

Palabras clave: Procesos avanzados de oxidación, UV/H₂O₂, DCBQ, Cinética, Calidad del agua

Desarrollo de catalizadores poliméricos estructurados de Pd-Ni para la hidrodehalogenación de pesticidas en agua a escala prepiloto

S. Zamora-Martin¹, N. Vergara¹, M. Munoz¹, J. A. Casas¹ y Z. M. de Pedro¹

¹ Universidad Autónoma de Madrid. Dpto. Ingeniería Química.

Corresponding Author: sergio.zamora@uam.es

La hidrodehalogenación catalítica (HDH) constituye una tecnología eficiente para la eliminación de contaminantes organohalogenados de preocupación emergente, transformándolos en productos libres de halógeno y el correspondiente ácido halhídrico. La reacción se lleva a cabo en presencia de un catalizador sólido empleando habitualmente H₂ como agente reductor. Aunque este proceso ha demostrado ser eficaz a escala laboratorio empleando nanopartículas o catalizadores micronizados, su escalabilidad se ve limitada por problemas operacionales, lo que, en los últimos años, ha impulsado el desarrollo de catalizadores estructurados. Por ello, el objetivo de este trabajo es el diseño de catalizadores basados en matrices poliméricas impresas en 3D y su aplicación en procesos de HDH en continuo a escala prepiloto para la eliminación de los pesticidas: penconazol (PEN), tebuconazol (TEB) y metconazol (MET).

Se inmovilizaron nanopartículas bimetálicas de Pd-Ni (50 % en peso de cada metal) sobre matrices poliméricas helicoidales de ácido poliláctico (PLA) impresas en 3D (5 cm x 6 cm, diámetro x altura). Para la inmovilización, se aplicó un tratamiento térmico por encima de la temperatura de transición vítrea del PLA (60 °C), de forma que el estado dúctil del polímero favoreciera la fijación de las partículas. Los catalizadores resultantes (PdNi@PLA, 0,5 % en peso de fase activa Pd-Ni) se evaluaron en la HDH de PEN en continuo, empleando un reactor tubular de vidrio de 1 L, un caudal de alimentación de 3 L h⁻¹ de corriente acuosa contaminada, [PEN]₀ = 500 µg L⁻¹ y un caudal de H₂ de 10 mL N min⁻¹. Los resultados experimentales se ajustaron adecuadamente a un modelo cinético de pseudo-primer orden ($k_{app} = 0,4 \text{ L g}_{cat}^{-1} \text{ min}^{-1}$; $r^2 = 0,99$). Al evaluar el efecto de la matriz acuosa se observó que, excepto los carbonatos, que generaron una ligera inhibición, los aniones evaluados (Cl⁻, NO₃⁻ y SO₄²⁻) no redujeron significativamente la velocidad de HDH del PEN ($k_{app} = 0,3 - 0,42 \text{ L g}_{cat}^{-1} \text{ min}^{-1}$). Asimismo, el procesó de HDH resultó eficiente para la degradación de una mezcla de pesticidas (PEN, TEB y MET), incluso trabajando con muestras reales como matriz de reacción (aguas post-ETAP de diferentes características). Estos resultados evidencian la versatilidad de los catalizadores PdNi@PLA desarrollados, destacando su robustez y potencial para el tratamiento de aguas a mayor escala.

Palabras Clave: Catalizador estructurado, Hidrodehalogenación, Paladio-Níquel, Pesticidas

Agradecimientos: Esta investigación ha recibido el apoyo del Ministerio de Ciencia e Innovación y de AEI a través de la Ayuda PID-2022-139063OB-I00 financiado/a por MCIN/AEI/10.13039/501100011033 y FEDER: Una manera de hacer Europa. S. Zamora-Martin agradece la ayuda predoctoral PRE2022-000817 financiada por MCIN/AEI/10.13039/501100011033 y FEDER: Una manera de hacer Europa.

Desarrollo de soportes zeolíticos modificados para mejorar la biodegradación de ibuprofeno en aguas contaminadas

M. Rodrigo Moya^{1,2}, **M. Pérez Roales**³, **K. Borrego**⁴, **T. Farias**⁵, **I. Canosa Pérez-Fragero**^{1,3*}, **A. Flores Días**^{1,3}, **A. Jiménez-Rodríguez**¹, **A. Rabdel Ruiz-Salvador**^{1,6} y **M. Ballesteros Martín**^{*2,6}

¹ Departamento de Sistemas Físicos, Químicos y Naturales. Universidad Pablo de Olavide, Carretera de Utrera km. 1, Sevilla, España

² Departamento de Biología Molecular e Ingeniería Bioquímica. Universidad Pablo de Olavide, Carretera de Utrera km. 1, Sevilla, España

³ Centro Andaluz de Biología para el Desarrollo, Carretera de Utrera kilómetro 1, Sevilla 41013

⁴ Facultad de Química. Universidad de la Habana, Habana, 10400, Cuba

⁵ Instituto de Ciencia y Tecnología de Materiales, Imre-Uh, Habana, 10400, Cuba

⁶ Centro de Nanociencia y Tecnologías Sostenibles (CNATS). Universidad Pablo de Olavide, Carretera de Utrera km. 1, Sevilla, España

Corresponding Author: mmbalmar@upo.es; icanper@upo.es

La biodegradación de contaminantes con microorganismos aumenta su rendimiento en presencia de materiales de soporte que favorecen su supervivencia como resultado de su alimentación. En este contexto, las zeolitas han sido ampliamente investigadas como soportes para la inmovilización de microorganismos debido a su elevada área superficial específica, estabilidad y capacidad de otorgar protección ante condiciones desfavorables. Las propiedades de las zeolitas pueden ajustarse modificando su composición química para mejorar la preservación de la actividad de los biofilms así como su estabilidad. Por ello, este trabajo pretende desarrollar soportes basados en zeolitas en forma de pellets modificadas mediante intercambio iónico con sales de calcio, amonio o hierro, con el fin de soportar distintos biofilms con estirpes preparadas para la degradación de ibuprofeno. Los soportes zeolíticos obtenidos han sido caracterizados mediante difracción de rayos X, microscopía electrónica de barrido y espectroscopía infrarroja, y se evaluaron en procesos de biodegradación del ibuprofeno como contaminante emergente modelo. Los materiales obtenidos permitieron conservar una mayor biodiversidad de degradadores del ibuprofeno, mejorando la supervivencia, así como la actividad de los biofilms, permitiendo una alta degradación del ibuprofeno en medio acuoso y evidenciando su potencial como soportes en procesos de biodegradación para el tratamiento de aguas con compuestos emergentes.

Palabras Clave: Zeolitas, pellets, biodegradación, ibuprofeno, biofilms.

Agradecimientos: European Commission (HORIZON.1.2 - Marie Skłodowska-Curie Actions VALZEO Project 101086354), Agencia Andaluza de Cooperación Internacional para el Desarrollo (proyecto 2025UI022 y Ayuda PPI2501 del VI Plan Propio de Investigación y Transferencia de la Universidad Pablo de Olavide, de Sevilla).

Eficiencia de eliminación de microcontaminantes y formación de subproductos de desinfección en estaciones de regeneración de agua

E. Jambrina-Hernández^{1,2}, A. París-Reche^{1,2}, S. Nahim-Granados^{2,3}, I. Oller^{2,3}, P. Plaza-Bolaños^{1,2} y A. Agüera^{1,2}

¹ Departamento de Química y Física, Universidad de Almería, Ctra. Sacramento s/n, Almería, 04120, España

² CIESOL (Centro de Investigación en Energía Solar), Centro Mixto Universidad de Almería-CIEMAT, Ctra. Sacramento s/n, Almería, 04120, España

³ Plataforma Solar de Almería-CIEMAT, Ctra. Senés km 4, Tabernas, Almería, 04200, España

Corresponding Author: evajambrina@ual.es

La gestión de las aguas residuales urbanas en la Unión Europea ha entrado en una nueva era con la aprobación de la Directiva (UE) 2024/3019. Tras más de tres décadas bajo una normativa que se centraba en la carga orgánica y los nutrientes (nitrógeno y fósforo), la nueva legislación reconoce la necesidad de eliminar los microcontaminantes (MC) presentes en los efluentes. La directiva introduce así, por primera vez, la obligación de un tratamiento cuaternario que asegure un 80% de eliminación para al menos 6 de una lista de 12 MC seleccionados, en relación a su concentración en el influente, lo que representa un avance significativo en la protección de los recursos hídricos frente a contaminantes emergentes.

Por otro lado, el Reglamento (UE) 2020/741 sobre requisitos mínimos para la reutilización del agua en riego agrícola, si bien solo establece límites para parámetros fisicoquímicos y microbiológicos, permite que las autoridades competentes exijan límites más estrictos para productos de desinfección si existe un riesgo identificado para la salud humana o el medio ambiente o pueda haber acumulación química en los cultivos. Tan solo la legislación italiana establece límites claros para la suma de 4 trihalometanos (THM). Dado que la cloración es el procedimiento mayoritariamente empleado para la desinfección, es de esperar que los efluentes contengan niveles altos de DBP que es necesario conocer y controlar.

En este estudio se evaluó la presencia de 11 THM, 11 ácidos haloacéticos y 235 MC (incluidos los 12 compuestos regulados) a muestras de cinco estaciones de regeneración de agua (ERA) que utilizan la cloración como paso final de desinfección. El estudio muestra una gran variabilidad en los niveles de DBP generados, lo que pone de manifiesto la necesidad de un control estricto del tratamiento. Se comprobó que las tecnologías de depuración resultan insuficientes para alcanzar de forma sostenida el umbral mínimo del 80% de eliminación exigido por la legislación.

Palabras Clave: Microcontaminantes; Productos de desinfección; aguas regeneradas.

Agradecimientos: Proyectos MODITRAGUA (PROYEXCEL_00585) financiado por la Junta de Andalucía y ANDROMEDA (PID2022-140875OB-C31) financiado por MCIN/ AEI / 10.13039/501100011033 / FEDER, UE. Eva Jambrina-Hernández agradece su beca predoctoral del PID2022-140875OB-C31, financiada por el MCIN/AEI/10.13039/501100011033 y el ESF+.

Eliminación de microcontaminantes en plantas depuradoras urbanas de la Región de Murcia según la Directiva de Tratamiento de Aguas Residuales Urbanas (UE) 2024/3019

Lisette Díaz-Gamboa ¹, Agustín Lahora Cano ² y Isabel Martínez-Alcalá ¹

¹ Grupo de Investigación GAIA, Universidad Católica de Murcia (UCAM), España.

² Entidad Regional de Saneamiento y Depuración de Aguas Residuales de la Región de Murcia (ESAMUR), España.

Corresponding Author: immartinezalcala@ucam.edu

La presencia de microcontaminantes, en los que se incluyen fármacos, pesticidas e inhibidores de corrosión, en efluentes de aguas residuales urbanas genera preocupaciones ambientales y de salud pública. A su vez, la reutilización de agua se convierte en una estrategia clave en regiones semiáridas como el sur de España, donde las aguas regeneradas representan un recurso alternativo (Gil-Meseguer et al., (2019). <https://doi.org/10.1007/S11269-018-2136-9/TABLES/6>). Para garantizar su seguridad, la reciente Directiva de Tratamiento de Aguas Residuales Urbanas (DTARU, UE 2024/3019) establece una eliminación mínima promedio del 80% para microcontaminantes prioritarios, fomentando el uso de tratamientos terciarios y cuaternarios avanzados.

Este estudio evaluó el desempeño de varias plantas depuradoras de aguas residuales del sureste de España con tratamientos secundarios, terciarios y cuaternarios. En algunas instalaciones, los sistemas de lagunaje se aplicaron como tratamiento cuaternario. Se analizaron doce sustancias indicadoras definidas por la DTARU, amisulprida, carbamazepina, citalopram, claritromicina, diclofenaco, hidroclorotiazida, metoprolol, venlafaxina, benzotriazol, candesartán, irbesartán y metilbenzotriazoles (4- y 5-metilbenzotriazol), evaluando al menos seis compuestos por planta y calculando eficiencias promedio de eliminación.

Las concentraciones de microcontaminantes se midieron mediante cromatografía líquida acoplada a espectrometría de masas. La eficiencia de eliminación se calculó a partir de la diferencia de concentración entre entrada y salida. Los resultados muestran que varios esquemas de tratamiento, especialmente los que incluyen procesos terciarios y cuaternarios, alcanzaron o superaron el 80% exigido por la DTARU para múltiples microcontaminantes. Destacan los sistemas de lagunaje, que demostraron un desempeño prometedor y un potencial como soluciones sostenibles para la reutilización del agua.

En conclusión, tanto las tecnologías avanzadas como los sistemas basados en la naturaleza contribuyen de manera efectiva al cumplimiento de la DTARU, apoyando su integración en futuras estrategias de gestión de aguas residuales. Sin embargo, se requiere un seguimiento prolongado para garantizar la consistencia y robustez de estas eficiencias bajo distintas condiciones operativas y ambientales.

Palabras Clave: Compuestos emergentes; plantas de tratamiento de aguas residuales; reutilización de agua; tratamiento cuaternario; DTARU.

Eliminación selectiva de nanoplásticos en aguas depuradas mediante electrocoagulación.

Alejandro Pérez-López, Aurora Santos, Salvador Cotillas, Carmen M. Domínguez.

Departamento de Ingeniería Química y Materiales, Facultad de Ciencias Químicas, Universidad Complutense de Madrid, Avenida Complutense s/n, 28040 Madrid, Spain.

Corresponding Author: carmdomi@ucm.es

La presencia de nanoplásticos (NPs) en aguas depuradas tratadas representa un problema ambiental emergente, ya que los procesos convencionales no son eficaces para su eliminación. En este trabajo se evalúa la electrocoagulación (EC) como tratamiento terciario para la eliminación de nanoplásticos de poliestireno en una matriz representativa de agua residual urbana tratada.

Los experimentos se realizaron empleando electrodos de aluminio y hierro en un rango de densidades de corriente entre 1 y 10 mA cm⁻². En todos los casos se logró la eliminación completa de los nanoplásticos, reflejada en reducciones de turbidez superiores al 99% y en la desaparición de la fracción de carbono orgánico total asociada a estas partículas, sin afectar a la materia orgánica disuelta. Los electrodos de aluminio mostraron una eliminación más rápida a baja densidad de corriente, mientras que a valores más elevados ambos materiales presentaron un comportamiento similar.

Los resultados indican que la eliminación de los nanoplásticos está asociada a su desestabilización y posterior captura en los flóculos generados durante el proceso, lo que permite su separación efectiva del medio acuoso.

De forma adicional, se observó una reducción de la toxicidad del efluente tratado en tiempos cortos de operación, lo que refuerza el potencial del proceso desde el punto de vista ambiental.

En conjunto, este trabajo demuestra que la electrocoagulación es una alternativa eficaz y selectiva como etapa de pulido para la eliminación de nanoplásticos en efluentes de depuradora, facilitando su integración en esquemas de tratamiento existentes.

Palabras Clave: Aguas residuales; Electrocoagulación; Nanoplásticos.

Agradecimientos: Este trabajo se enmarca en el proyecto TED2021-131380A-C22 (REGENEDAR), financiado por MCIN/AEI y la Unión Europea (NextGenerationEU/PRTR), así como en la ayuda CNS2023-144029 (MICIU/AEI-NextGenerationEU/PRTR) y el proyecto TEC-2024/ECO-69 (CARESOIL-CM, Comunidad de Madrid).

Evaluación de sistemas basados en microalgas para la eliminación de pesticidas en aguas de drenaje agrícola.

***M. Ciardi*¹, *F. Tallei*², *A. Morillas-España*¹, *F. G. Acién*¹**

¹Departamento de ingeniería química, CIESOL, ceiA3, Universidad de Almería, 04120 Almería (Spain).

²Universidad Politécnica de Milán, Italia.

Corresponding Author: mc722@ual.es.

La creciente detección de contaminantes emergentes en aguas residuales, como los residuos de pesticidas procedentes de efluentes agrícolas, constituye un desafío ambiental de gran relevancia. La Directiva Marco del Agua (2000/60/CE) establece estándares de calidad que promueven la gestión de estos vertidos como recursos monitorizados y valorizables. En este sentido, los procesos de biorremediación basados en microalgas se alinean con los objetivos del Pacto Verde Europeo, en particular con el Plan de Acción de Contaminación Cero y la estrategia "De la Granja a la Mesa", orientados a reducir en un 50% el riesgo asociado al uso de pesticidas para 2030. Bajo este marco, las biotecnologías algales permiten el desarrollo de biorrefinerías circulares capaces de integrar la depuración de efluentes con la generación de biomasa valorizable.

El presente estudio tuvo como objetivo evaluar el crecimiento de la microalga *Tetrademus almeriensis* en aguas de drenaje agrícolas dopadas con diferentes concentraciones de pesticidas, con el fin de analizar su potencial para el desarrollo de procesos biotecnológicos destinados a la mitigación de aguas contaminadas de origen agrícola. Para ello, se analizaron los límites de tolerancia de la microalga frente a los pesticidas predominantes en las aguas de drenaje de los invernaderos de tomate de Almería (ciprodinil, propamocarb, acetamiprid y azoxistrobina), evaluados tanto de forma individual como en mezclas y a distintas concentraciones representativas de estos efluentes.

Los ensayos de crecimiento de la especie, realizados en condiciones tipo *batch* con pH controlado en 8 mediante la inyección de CO₂, revelaron que la azoxistrobina ejerce un fuerte efecto inhibitorio, resultando inadecuada para este modelo de tratamiento. Por el contrario, a las concentraciones típicas de drenaje, el ciprodinil y el acetamiprid no influyeron negativamente en el crecimiento, manteniendo tasas específicas máximas entre 0.700 y 0.775 d⁻¹, valores comparables al control. Se observó una inhibición moderada únicamente para el propamocarb, con valores de crecimiento de 0.580 d⁻¹. Estos resultados confirman el potencial de las microalgas para transformar efluentes agrícolas contaminados en aguas depuradas, cumpliendo con las directivas ambientales europeas. En conjunto, los hallazgos respaldan el desarrollo de estrategias de biorremediación algal como una herramienta prometedora para la gestión sostenible de efluentes agrícolas.

Palabras clave: microalgas; biorremediación; pesticidas; drenaje agrícola; economía circular.

Agradecimientos: Financiado por la Fundación BBVA (proyecto ALBOR: Soluciones basadas en microalgas para una agricultura resiliente y circular).

Impact of cation size on the toxicity of imidazolium ionic liquids in aquatic environments

José Javier Delgado-Marín, Imane Moulefera, Jesús León-García, Ignacio Carnerero-Hinojosa, Mercedes G. Montalbán, Gloria Villora*

Chemical Engineering Department, Faculty of Chemistry, CEIR Campus Mare Nostrum (CMN), University of Murcia, 30071 Murcia, Spain

Corresponding Author: gvillora@um.es

Ionic liquids (ILs) are a class of organic salts composed of positively and negatively charged ions, over a wide liquid range, that have attracted considerable attention in recent years. Because ILs are widely used in academic research and have potential industrial applications, further studies on their toxicity are required, as they may enter the environment and the associated risks are still not well understood. Non-volatility is a key characteristic of ILs, meaning they do not evaporate or contribute to air pollution. Nevertheless, although ILs may reduce costs and environmental impact, their high solubility in water can lead to aquatic pollution (Montalbán M. G., et al., 2016, *Chemosphere*, 155, 405–414). The most used methods to assess toxicological risk in aqueous media are inhibition assays, with the bacterial bioassay using *Vibrio fischeri*, a marine Gram-negative bacterium, being the most widely employed. In addition, some ILs have recently gained interest in the biological and pharmaceutical fields as platforms to address issues associated with new drugs, such as low water solubility and poor bioavailability. These emerging applications make the study of their cytotoxicity even more necessary.

The influence of cation size on the toxicological effects of ILs was investigated using a series of six ILs based on three branched imidazolium cations and two different anions. The cations studied were diethylimidazolium, 1-ethyl-3-propylimidazolium, and 1-butyl-3-ethylimidazolium, combined with the anions tetrafluoroborate [BF₄⁻] and bis(trifluoromethylsulfonyl)imide [NTf₂⁻]. The results revealed a clear dependence of toxicity on cation size: as the alkyl chain length increased, lipophilicity also increased, promoting greater membrane permeation and, consequently, higher toxicity. These findings were further supported by cytotoxicity studies on HeLa and EA.hy926 cell lines, which showed the same trend observed in the ecotoxicity assays. Overall, the results demonstrate that cation size plays a key role in modulating both the physicochemical properties and the biological impact of ILs in aqueous environments, highlighting the importance of molecular design in developing safer and more sustainable IL systems.

Keywords: Cation, ionic liquid, ecotoxicity, cytotoxicity.

Acknowledgments: This work is part of the following research projects: Ref. PID2023-150761OB-C21 funded by MICIU/AEI/10.13039/501100011033 and by FEDER, UE and Ref. 22129-PI-22 funded by the research support program of the Seneca Foundation of Science and Technology of Murcia, Spain. J.J. Delgado-Marín and J. León-García acknowledge support from the Juan de la Cierva contract (Ref. JDC2023-052774-I) and FPI contract (Ref. PID2023-150761OB-C21), respectively, funded by MICIU/AEI/10.13039/501100011033 and the FSE+.

Influencia de la estructura porosa de carbones activados sintetizados a partir de residuos de PET en la eliminación de BPA por adsorción

Laura Rodríguez-Arranz, Silvia Álvarez-Torrellas, Jaime Carbajo, Juan García

Grupo de Catálisis y Procesos de Separación (CyPS), Departamento de Ingeniería Química y de Materiales, Facultad de Ciencias Químicas, Universidad Complutense de Madrid, Avda. Complutense s/n, 28040 Madrid, España

Corresponding Author: lauro15@ucm.es

En este trabajo se ha estudiado la eliminación de BPA presente tanto en agua ultrapura como en diversas matrices acuosas reales mediante un proceso de adsorción empleando cuatro adsorbentes carbonosos con diferentes propiedades texturales: dos materiales comerciales (carbón activado F400 - microporoso y nanotubos de carbono (MWNT) - mesoporoso) y dos carbones activados sintetizados a partir de residuos plásticos de PET, uno mediante activación física con CO₂ (PAC - microporoso), y otro mediante activación química, empleando KOH como agente activante (CAC - micro-mesoporoso).

Con el objetivo de obtener los parámetros cinéticos, así como los valores de capacidad de adsorción de BPA en el equilibrio, se ha estudiado tanto la cinética de adsorción como las isotermas de equilibrio, empleando una dosis de adsorbente de 0,012-2,5 g L⁻¹, y una concentración inicial de BPA de 20 mg L⁻¹. Además, se llevaron a cabo experimentos de adsorción en tres matrices acuosas reales, efluente de salida de EDAR, agua superficial, y agua industrial farmacéutica.

Las isotermas de adsorción mostraron que los carbones F400 y CAC ofrecieron los valores de capacidad de adsorción de BPA más elevados ($q_e = 326$, y $400 \text{ mg} \cdot \text{g}^{-1}$, para F400 y CAC, respectivamente), en comparación con los valores obtenidos con los nanotubos de carbono, MWNT ($q_e = 68,4 \text{ mg} \cdot \text{g}^{-1}$) o con el carbón activado con CO₂, PAC ($q_e = 49,6 \text{ mg} \cdot \text{g}^{-1}$). Estas diferencias se pueden atribuir, entre otros factores, al elevado desarrollo de la porosidad -gran proporción de microporos y mesoporos- que presentan los materiales F400 y CAC (F400, $S_{\text{BET}} = 1059 \text{ m}^2 \text{ g}^{-1}$, $V_{\text{micro}} = 0,38 \text{ cm}^3 \cdot \text{g}^{-1}$; CAC, $S_{\text{BET}} = 1186 \text{ m}^2 \text{ g}^{-1}$, $V_{\text{micro}} = 0,40 \text{ cm}^3 \cdot \text{g}^{-1}$, $V_{\text{meso}} = 0,96 \text{ cm}^3 \text{ g}^{-1}$); comparados con MWNT ($S_{\text{BET}} = 207 \text{ m}^2 \text{ g}^{-1}$, $V_{\text{micro}} = 0,11 \text{ cm}^3 \cdot \text{g}^{-1}$, $V_{\text{meso}} = 0,29 \text{ cm}^3 \text{ g}^{-1}$) y PAC ($S_{\text{BET}} = 1025 \text{ m}^2 \text{ g}^{-1}$, $V_{\text{micro}} = 0,42 \text{ cm}^3 \cdot \text{g}^{-1}$, $V_{\text{meso}} = 0,06 \text{ cm}^3 \text{ g}^{-1}$). En este sentido, y relacionado con sus buenas propiedades texturales, el carbón CAC ofrece una cinética de adsorción más rápida que los carbones activados F400 y PAC, tanto en agua ultrapura como en las matrices acuosas reales ensayadas. Se puede concluir, por tanto, que los carbones activados sintetizados, particularmente el CAC, presenta unas excelentes propiedades texturales para ser empleado en procesos de adsorción de contaminantes emergentes en los tratamientos cuaternarios de aguas residuales.

Palabras Clave: Adsorción, Bisfenol A, Carbón activo, Residuos Plásticos.

Agradecimientos: Los autores agradecen el apoyo del Gobierno de España, proporcionado a través del Proyecto PID2023-150365OB-I00 financiado por el MCIN/AEI/10.13039/501100011033 y, por la Unión Europea NextGenerationEU/PRTR. L. Rodríguez Arranz agradece al Ministerio de Ciencia, Innovación y Universidades la concesión del contrato predoctoral para la formación de doctores (PREP2023-001682).

Influencia del catalizador en la eliminación de bisfenol A. Mecanismo de degradación.

**Jonathan K. Baeza^{1,2}, Silvia Álvarez-Torrellas¹, Jaime Carbajo¹, Maria Martin-Martinez¹,
José Javier Castro Arellano², Yair Cruz Narvaez², Juan García¹**

¹Grupo de Catálisis y Procesos de Separación (CyPS), Departamento de Ingeniería Química y de Materiales, Facultad de Ciencias Químicas, Universidad Complutense de Madrid, Avda. Complutense s/n, 28040 Madrid, España

²Laboratorio de Posgrado e Investigación de Operaciones Unitarias, Escuela Superior de Ingeniería Química e Industrias Extractivas, Instituto Politécnico Nacional, Edificio 7, 1^{er} Piso, U.P. Adolfo López Mateos, C.P. 07738 ciudad de México, México

Corresponding Author: jgarciar@ucm.es

El bisfenol A (BPA) es un compuesto orgánico ampliamente utilizado en la fabricación de plásticos policarbonatados y resinas epoxi, presente en una gran variedad de productos de consumo, como envases alimentarios, botellas reutilizables y recubrimientos interiores de latas. Sin embargo, su persistencia en el medio ambiente y su actividad como disruptor endocrino han generado una creciente preocupación por sus efectos sobre la salud humana y los ecosistemas. Por ello, su eliminación efectiva de las aguas residuales se ha convertido en un desafío clave en el ámbito del tratamiento ambiental. En este trabajo se propone utilizar la oxidación húmeda catalítica (CWAO), empleando nanofibras y nanotubos de carbono como soporte catalítico, y platino, rutenio y hierro como fase activa. Asimismo, se empleó un carbón comercial como soporte a efectos de comparación.

Los experimentos se llevaron a cabo en un reactor discontinuo Hastelloy de alta presión, de 100 mL de capacidad, durante 180 min de tiempo de reacción. Se realizaron estudios para la optimización de las variables de operación: temperatura, presión, masa de catalizador y concentración inicial del contaminante. Con las condiciones optimizadas, se observó que la degradación del BPA era posible en 90 min de reacción, con una conversión de más del 98 %. De este estudio, además, se pudo obtener el ajuste de los experimentos a dos modelos cinéticos y el mecanismo de degradación. Posteriormente, se aplicó este proceso con las variables optimizadas a una matriz acuosa real dopada con BPA, observándose una degradación del BPA del 68 % a 180 min, inferior a la obtenida en el agua sintética.

Palabras Clave: Bisfenol A, Materiales de carbono, Mecanismo de reacción, Oxidación húmeda catalítica.

Agradecimientos: Los autores agradecen el apoyo del Gobierno de España, proporcionado a través del Proyecto PID2023-150365OB-I00 financiado por el MCIN/AEI/10.13039/501100011033 y por la Unión Europea NextGenerationEU/PRTR. Jonathan K. Baeza desea agradecer la financiación obtenida por el IPN en el programa de Movilidad Académica de Nivel Posgrado 2025.

Optimización del método de detección del 17 β -estradiol (E2) en el tratamiento cuaternario de aguas residuales

Adrián Langarica Esteban¹, Paloma De Oro-Carretero², Jon Sanz Landaluze², Silvia Álvarez-Torrellas¹, Laura Rodríguez Arranz¹, Juan García¹

¹ Grupo de Catálisis y Procesos de Separación (CyPS), Departamento de Ingeniería Química y de Materiales, Facultad de Ciencias Químicas, Universidad Complutense de Madrid, Avda. Complutense s/n, 28040 Madrid, España

² Grupo de Determinación de Trazas, Especiación y Proteómica (TrEP), Departamento de Química Analítica, Facultad de Ciencias Químicas, Universidad Complutense de Madrid, Avda. Complutense s/n, 28040 Madrid, España

Corresponding Author: adrilang@ucm.es

En este trabajo se ha desarrollado una metodología analítica que permite la detección y cuantificación de la hormona esteroidea sexual femenina 17 β -estradiol (E2) tanto en agua ultrapura como en matrices acuosas reales, pudiendo realizar el seguimiento de su concentración en las aguas residuales. Este contaminante actúa como disruptor endocrino, y suele presentar una baja solubilidad en agua, por lo que, para su determinación, se suelen emplear diferentes medios de disolución. En este estudio se ha utilizado como disolvente orgánico el acetato de etilo.

En este sentido, se han realizado una serie de determinaciones que han permitido llevar a cabo la validación de un método analítico mediante cromatografía de gases con detector de masas (Agilent 6890N y MSD 5973N). Se han probado tres procesos miniaturizados (volumen de muestra de 500 μ l) de extracción: extracción líquido-líquido mediante 500 μ l de acetato de etilo (EtOAc), añadiendo además NaCl para favorecer la separación de fases y evaporación previa mediante corriente de N₂ a 40°C y posterior reconstitución en acetato de etilo. A continuación, se ha realizado una derivatización de las muestras con diferentes agentes sililantes, como el “MTBSTFA+TMCS” o “BSA+TMCS”, obteniendo resultados mejores para el BSA+TMCS con incubación a 70°C y 30 minutos. Por otro lado, en el caso de aguas reales, las muestras han sido fortificadas con el compuesto, y analizadas adecuadamente.

Se ha comprobado un alto grado de reproducibilidad, obteniendo altas recuperaciones (90 %), gran rango lineal de trabajo (10-1000 μ g/L) y límites de detección bajos. Así, mediante este método analítico se ha podido detectar el 17 β -estradiol tanto en agua ultrapura como en diversas matrices acuosas reales, en altas y bajas concentraciones. Esta metodología se ha aplicado con éxito en el seguimiento y tratamiento de esta hormona en efluentes cuaternarios mediante procesos de adsorción.

Palabras Clave: 17 β -estradiol, E2, Efluente cuaternario, Metodología analítica.

Agradecimientos: Los autores agradecen el apoyo del Gobierno de España, proporcionado a través del Proyecto PID2023-150365OB-I00 financiado por el MCIN/AEI/10.13039/501100011033 y, por la Unión Europea NextGenerationEU/PRTR. S. Álvarez Torrellas agradece a la Comunidad de Madrid por la ayuda concedida para la contratación de A. Langerica Esteban a través del Programa de Jóvenes Investigadores (CT49/25 y CT64/25-20). L. Rodríguez Arranz agradece al Ministerio de Ciencia, Innovación y Universidades la concesión del contrato predoctoral para la formación de doctores (PREP2023-001682).

Optimización y aplicación de un método por inyección directa LC-MS/MS para el control de PFAS en aguas de consumo: estudio preliminar en la provincia de Alicante

M. P. Mayor^{1,2}, N. Díaz-Alejo¹, N. Boluda-Botella² y M.D. Saquete²

¹ Laboratorio de Salud Pública de Alicante. Dirección General de Salud Pública. Consellería de Sanidad y Salud Pública.

² Universidad de Alicante. Instituto Universitario de Ingeniería de Procesos Químicos. Equilibrio entre fases. Alicante

Corresponding Author: mayor_pil@gva.es

La entrada en vigor del Real Decreto 3/2023 ha impuesto requisitos analíticos estrictos para el control de sustancias per- y polifluoroalquiladas (PFAS) en aguas de consumo. En este trabajo se describe el desarrollo y la validación de un método basado en inyección directa por LC-MS/MS para la determinación simultánea de 20 PFAS, a partir del análisis de muestras de agua de grifo tomada en diferentes fechas, agua envasada de diferentes marcas y agua de captación para consumo de las que se analizan rutinariamente en el Laboratorio de Salud Pública de Alicante.

A diferencia de las metodologías tradicionales de extracción en fase sólida (SPE), esta técnica permite optimizar los tiempos de respuesta y reducir las fuentes de contaminación externa. El principal desafío durante la puesta a punto del método ha sido la gestión del ruido analítico debido a la presencia ubicua de estos compuestos en el entorno del laboratorio. Para minimizar esta señal de fondo, se estudiaron todos los materiales y reactivos implicados, definiendo protocolos rigurosos para su manejo.

Los resultados mostraron una excelente linealidad ($r^2 > 0,99$) y un límite de cuantificación (LC) de 0,016 µg/L por compuesto, lo que representa el 30 % del valor paramétrico legal para la suma de estos 20 PFAS (0,1 µg/L). En el análisis preliminar de 18 muestras de diversos puntos de la provincia de Alicante durante enero de 2026, solo se detectaron PFAS en 2 de ellas y siempre por debajo del nivel máximo permitido, confirmando la robustez de la técnica para descartar la presencia de estos contaminantes para la vigilancia sanitaria de rutina. Estos resultados confirman la utilidad de la metodología para el control rutinario de contaminantes emergentes y el cumplimiento de las nuevas exigencias normativas.

Palabras Clave: agua de consumo, contaminantes emergentes, inyección directa, PFAS.

Presencia de compuestos farmacéuticos en corrientes líquidas de un proceso de reutilización de orina tratada para fertirriego hidropónico de tomate

J. Manosalva^{1,2}, V. Arcas-Pilz³, J.A. Baeza⁴, A. Guisasola⁴, L. L. Alonso⁵, S. Rodriguez-Mozaz⁵, G. Buttiglieri⁵ y X. Gabarrell^{1,4}

¹Universidad Autónoma de Barcelona. ICTA. Bellaterra, Barcelona. SOSTENIPRA

²INTA. IIR-CIA. Castelar, Buenos Aires. Argentina

³Universidad de Bologna Dpto. de Agricultura y Ciencias Alimentarias (DISTAL), Alma Mater Studiorum. Italy

⁴Universidad Autónoma de Barcelona. Dpto de química, biología e ingeniería ambiental.

⁵Instituto Catalán de Investigaciones del Agua (ICRA). Girona, España.

Corresponding Author: jonatan.manosalva@uab.cat

La reutilización de orina tratada como aporte de nutrientes contribuye a cerrar ciclos de N, P y K, reduciendo el uso de fertilizantes minerales y promoviendo la circularidad en agricultura urbana (Martin et al., 2022; doi:10.1080/10643389.2020.1838214). No obstante, puede contener contaminantes emergentes, como compuestos farmacéuticos (PhACs). En el centro de investigación ICTA-UAB (invernadero integrado en azotea), la orina humana se separó en origen y se trató in situ para producir un efluente nitrificado ("orina tratada nitrificada", OTN) utilizado para el fertirriego de un sistema hidropónico. El objetivo fue la detección de PhACs en matrices líquidas: orina influente (OI), OTN, fertirriego (F) y lixiviado (L).

La nitrificación se realizó en un reactor aireado (120 L) operado en lotes ($\text{NH}_4^+ \rightarrow \text{NO}_3^-$), con pH de 7,0–7,5. El flujo OTN pasó por un tratamiento UV y se diluyó al 2% v/v (6 L OTN en 300 L de agua) para ser suministrado mediante riego por goteo al cultivo de tomate; aproximadamente el 45% del N se aportó mediante OTN. Las muestras de OI y OTN se preacondicionaron con cartuchos Captiva (Agilent); las F y L se preconcentraron por SPE (Oasis HLB), y todas se analizaron por LC-MS/MS (47 PhACs).

En OI se detectaron y cuantificaron 9 PhACs y en OTN, 4. Tras UV y dilución (2% v/v), en F se detectaron 6 compuestos (4 cuantificados) y en L, 5 (4 cuantificados). Carbamazepina, naproxeno y cafeína destacaron como trazadores. Las concentraciones disminuyeron en el tren $\text{OI} \rightarrow \text{OTN} \rightarrow \text{F}$ (p. ej., cafeína ~1,5–1,6 mg/L en OI a 5,9–7,3 µg/L en OTN y 0,3–1,1 µg/L en F). L fue similar a F, con leves aumentos en cafeína y naproxeno, atribuibles a la evaporación durante el almacenamiento del lixiviado. Conclusiones preliminares indican un gran potencial para la reutilización de orina tratada en agricultura urbana.

Palabras clave: Contaminantes emergentes; fármacos; orina tratada; nitrificación; hidroponía.

Agradecimientos: Este trabajo fue financiado por los proyectos WEF4Build, BINAFT, FOCUSE, DEMETER y GGSolutions.

Presencia y eliminación de microcontaminantes en 12 EDAR de la Comunidad Valenciana

N. Ortuño^{1,2,3}, S. S. Núñez¹, M. J. Moya-Llamas^{1,4} y D. Prats^{1,3}

¹ Universidad de Alicante. Instituto Universitario del Agua y de las Ciencias Ambientales.

² Universidad de Alicante. Instituto Universitario de Ingeniería de Procesos Químicos.

³ Universidad de Alicante. Dpto. de Ingeniería Química.

⁴ Universidad de Alicante. Dpto. de Ingeniería Civil.

Corresponding Author: nuria.ortuno@ua.es

La reciente revisión de la Directiva europea sobre tratamiento de aguas residuales urbanas (Directiva (UE) 2024/3019) establece la obligatoriedad de aplicar tratamientos cuaternarios en determinadas estaciones depuradoras de aguas residuales (EDAR) para alcanzar una eliminación mínima del 80 % de un conjunto de microcontaminantes de referencia. Para conocer la presencia de estos compuestos en las 12 EDAR más relevantes de la Comunidad Valenciana (aquellas que tratan una carga ≥ 100.000 h-e) y evaluar el impacto de los nuevos requisitos en dichas estaciones, se analizaron los niveles de 16 microcontaminantes: las 12 sustancias de la Directiva y 4 adicionales, cuya presencia es frecuente en las aguas residuales urbanas y que pueden ser refractarias al tratamiento convencional de las depuradoras. Las muestras de afluente y efluente fueron obtenidas como muestras integradas de 24 horas y analizadas mediante cromatografía líquida de ultra alta resolución acoplada a espectrometría de masas en tándem (UHPLC-MS/MS).

Todos los microcontaminantes estudiados estuvieron presentes en las depuradoras de la Comunidad Valenciana, con alta frecuencia de detección para hidroclorotiazida, venlafaxina, ketoprofeno, O-desmetilvenlafaxina, sulfametoxazol y trimetoprim, y menor frecuencia para citalopram, candesartán e irbesartán. Las concentraciones mostraron rangos amplios, tanto para las concentraciones de entrada como de salida, con valores que oscilaron entre 10 - 20 ng/L en el rango bajo y 1.000 - 10.000 ng/L en el rango alto.

Aunque algunos compuestos presentaron tasas de eliminación relativamente altas, como claritromicina, ketoprofeno, sulfametoxazol o trimetoprim, ninguno se eliminó totalmente, siendo en general medios o bajos (< 50 %) los porcentajes de eliminación en los procesos convencionales de depuración. Estos resultados ponen de manifiesto la necesidad de implementar tratamientos cuaternarios para alcanzar el grado de eliminación requerido por la Directiva.

Palabras Clave: Aguas residuales, Depuración, Microcontaminantes, Contaminantes emergentes, Tratamiento cuaternario.

Agradecimientos: Proyecto "Investigación para eliminación de contaminantes emergentes en depuradoras de la Comunitat Valenciana. Fase 2", financiado por la Conselleria de Agricultura, Agua, Ganadería y Pesca de la Generalitat Valenciana, con apoyo de la Universidad de Alicante y colaboración de EPSAR.

Producción de biochar activado a partir de lodos de depuradora para la adsorción de contaminantes farmacéuticos emergentes

L. Romero^{1,2}, P. Oulego¹, S. Ghysels³, F. Ronsse³, L. Abello¹ y M. Díaz¹

¹ Universidad de Oviedo. Departamento de Ingeniería Química y Tecnología del Medio Ambiente. Grupo de Tecnología de Bioprocesos y Reactores

² Escuela Superior Politécnica del Litoral (ESPOL), Guayaquil, Ecuador. Facultad de Ciencias Naturales y Matemáticas. Centro de Investigación y Desarrollo en Nanotecnología.

³ Ghent University. Department of Green Chemistry and Technology. Thermochemical Conversion of Biomass Research Group.

Corresponding Authors: uo279034@uniovi.es; oulegopaula@uniovi.es

La presencia de contaminantes farmacéuticos en el medio acuático constituye una preocupación creciente debido a su persistencia y a la limitada capacidad de eliminación por parte de las estaciones depuradoras de aguas residuales convencionales (Patel, M., et al. (2019). <https://doi.org/10.1021/acs.chemrev.8b00299>). Paralelamente, los lodos de depuradora representan uno de los principales subproductos generados en estos procesos, cuya valorización constituye una oportunidad estratégica en el marco de la economía circular. En este estudio, se sintetizaron biochars a partir de lodos de depuradora mediante activación química con ZnCl_2 y se evaluó su capacidad para la adsorción de dos contaminantes emergentes representativos: trimetoprima (TMP) y naproxeno (NPX).

El lodo crudo se sometió previamente a hidrólisis térmica a 150 °C durante 1 h, generándose una fase líquida rica en biopolímeros y quedando un 73 % de los sólidos remanentes. La fracción sólida resultante se activó posteriormente con diferentes concentraciones de ZnCl_2 (0-70% p/p) y se pirolizó a distintas temperaturas (500-800 °C). Entre los materiales obtenidos, el biochar preparado con 50 % p/p de ZnCl_2 y a 600 °C fue el que presentó el mejor rendimiento adsorbente, mostrando una superficie específica de 315 m²/g, incorporación efectiva de Zn y abundantes grupos funcionales superficiales (hidroxilo, carbonilo y amina). La adsorción se optimizó a una dosis de biochar de 500 mg/L, con valores de pH óptimos de 8.5 para TMP y 6.35 para NPX. La modelización cinética y el análisis del volumen de poro indicaron que la adsorción de TMP está dominada por interacciones superficiales, mientras que la eliminación de NPX implica tanto interacciones superficiales como mecanismos de llenado de poros. El equilibrio de adsorción siguió el modelo de Langmuir, con capacidades máximas de 113 mg/g para TMP y 83 mg/g para NPX. Los parámetros termodinámicos indicaron un proceso de adsorción exotérmico y espontáneo, mientras que el análisis mecanístico sugirió la contribución de enlaces de hidrógeno, interacciones electrostáticas, apilamiento π - π , llenado de poros y una posible complejación.

Estos resultados demuestran el potencial del biochar derivado de la fracción sólida de lodos hidrolizados como adsorbente sostenible y eficiente para la eliminación de contaminantes emergentes en medios acuáticos.

Palabras Clave: Adsorción; Biochar activado; Lodos de depuradora; Naproxeno; Trimetoprima

Agradecimientos: Los autores agradecen la financiación del Principado de Asturias a través del proyecto SEK-25-GRU-GIC-24-010 (IDE/2024/000695) y del MCIU a través de los proyectos nacionales RTI2018-094218-B-I00 y PID2021-125942OB-I00. L. Romero agradece la beca FPI: PRE2019-091054.

¿Puede la biodegradación de microplásticos afectar a la ecotoxicidad de las aguas?

B.A. Newrick, A. Laca y A. Laca

Universidad de Oviedo. Dpto. de Ingeniería Química y Tecnología del Medio Ambiente, Grupo de Investigación: Tecnologías de Bioprocesos y Reactores (TBR)

Corresponding Author: lacaadriana@uniovi.es

Los microplásticos (MPs), caracterizados por su alta dispersión y persistencia ambiental, generan una preocupación creciente por su potencial impacto ecológico. La biodegradación de MPs ha surgido como una alternativa sostenible frente a las desventajas de metodologías físicas y químicas, como la generación de contaminantes secundarios. No obstante, existe información limitada sobre los efectos de estos procesos, como la posible toxicidad generada durante la degradación (Hansda, A., et al. (2024). *Journal of Hazardous, Toxic, and Radioactive Waste*, 29, 103-118).

El presente trabajo evaluó la ecotoxicidad aguda del medio, mediante bioensayos con *Vibrio fischeri*, tras procesos de biodegradación de MPs de polietileno (PE) empleando diferentes microorganismos. En concreto, se seleccionaron tres cepas bacterianas, *Comamonas testosteroni* NCIMB 8955, *Bacillus firmus* NCTC 10335 y *Paenibacillus macquariensis* NCTC 10419, y una cepa fúngica, *Phanerochaete chrysosporium* CECT 2779. Los ensayos fueron llevados a cabo durante periodos comprendidos entre 8 y 30 días, evaluándose la influencia de diversos parámetros, como la temperatura, el tamaño de partícula, la morfología y la concentración. En el caso de las tres cepas bacterianas, se observó pérdida de la masa de PE y modificaciones químicas y estructurales de las partículas (Newrick, B., et al. (2025). *Journal of Hazardous Materials*, 485, 136822), evidenciando la biodegradación producida. En lo que respecta al tratamiento fúngico, tuvo lugar la formación de pellets fúngicos con atrapamiento de los MPs, observándose alteraciones químicas superficiales en los mismos. En todos los casos se observó inhibición de la bioluminiscencia, siendo más pronunciada para mayores grados de biodegradación, indicando la generación de compuestos intermedios o secundarios con toxicidad durante los tratamientos biológicos.

Estos resultados destacan la importancia de investigar no solo la eficiencia de los procesos biológicos para eliminar MPs, sino también los posibles efectos adversos asociados al proceso, contribuyendo al desarrollo de estrategias sostenibles y seguras para la mitigación de la contaminación por MPs en entornos acuáticos. No obstante, es importante señalar que las concentraciones de MPs aquí empleadas son superiores a las encontradas en aguas naturales, por lo que, para establecer conclusiones sólidas, se requieren más estudios en condiciones ambientales representativas.

Palabras Clave: biodegradación, microplásticos, polietileno, toxicidad, *Vibrio fischeri*

Agradecimientos: B.A. Newrick agradece el apoyo financiero del programa de ayudas predoctorales Severo Ochoa (NAC-AT-PUB-ASV-2025 BP24-43). Este trabajo ha sido financiado por el Gobierno del Principado de Asturias mediante el proyecto SEK-25-GRU-GIC-24-010.

Reciclaje de residuos de PET como adsorbentes de metilparabeno

M. Gómez¹, M.D. Murcia¹, M.C. Montiel¹, E. Gómez¹, J. Bastida¹, A. Hidalgo¹, S. Dib²

¹ Departamento de Ingeniería Química. Facultad de Química. Universidad de Murcia. Campus de Espinardo, 30100, Murcia, España

² Departamento de Química y Física de Materiales Inorgánicos, Universidad de Ciencias y Tecnología Houari Boumediene, Bab Ezzouar, 16111, Argelia

Corresponding Author: maria.gomez@um.es

La acumulación de plásticos en el medio marino se ha convertido en una problemática de gran relevancia, con implicaciones ambientales significativas y posibles efectos adversos para la salud humana. En particular, en los últimos años ha aumentado la preocupación por los microplásticos que, debido a su reducido tamaño, representan un desafío aún mayor para su gestión y control. Entre ellos, el tereftalato de polietileno (PET) destaca por ser uno de los polímeros más utilizados, gracias a sus excelentes propiedades y amplio rango de aplicaciones. Sin embargo, su elevado consumo, junto con las dificultades asociadas a su eliminación, ha favorecido su presencia masiva en prácticamente todos los cuerpos de agua.

El PET es uno de los plásticos con mayor capacidad de reciclaje. Se sabe, además, que los residuos de PET actúan en el medio natural como matrices de adsorción de contaminantes (Seyedmehdi, S., Asasian-Kolur, N. (2022). <https://doi.org/10.1016/j.jaap.2022.105496>). Es por ello que, en este trabajo, se plantea la valorización de residuos de PET a través de su reciclaje para convertirlos en materiales adsorbentes de contaminantes emergentes de interés. En concreto, se ha ensayado su eficacia como adsorbentes de metilparabeno, contaminante emergente ampliamente usado en productos cosméticos y de cuidado personal.

Se han realizado varias pruebas para la activación física de residuos de PET en mufla de atmósfera inerte, usando nitrógeno como gas inerte. Con una rampa inicial de activación hasta 800°C, manteniendo 2 horas esta temperatura, se ha obtenido un residuo carbonoso que se ha mostrado eficaz para adsorción de metilparabeno. Partiendo de una concentración inicial del contaminante de 100 mg/l, y probando con distintas masas del adsorbente obtenido (30-100 mg), se han alcanzado rendimientos de adsorción del 90% empleando 100 mg de adsorbente.

Palabras Clave: adsorción, metilparabeno, microplásticos, PET, reciclaje

Agradecimientos: Este trabajo forma parte del Programa ThinkinAzul y está financiado por el Ministerio de Ciencia e Innovación con fondos de la Unión Europea Next GenerationEU (PRTR-C17.I1) y por la Comunidad Autónoma de la Región de Murcia – Fundación Séneca.



Tratamiento cuaternario de contaminantes emergentes mediante procesos CWPO empleando materiales carbonosos preparados a partir de residuos plásticos.

Alejandro Pérez-Portero, Duncan Silberer, María Martín-Martínez, Jaime Carbajo, Silvia Álvarez-Torrellas, Juan García

Grupo de Catálisis y Procesos de Separación (CyPS), Departamento de Ingeniería Química y de Materiales, Facultad de Ciencias Químicas, Universidad Complutense de Madrid, Avda. Complutense s/n, 28040 Madrid, España

Corresponding Author: jgarcia@ucm.es

La Directiva (UE) 2024/3019 del Parlamento Europeo sobre el tratamiento de las aguas residuales urbanas establece la obligación de que las instalaciones de depuración implementen un tratamiento cuaternario capaz de alcanzar un 80 % de eliminación de microcontaminantes emergentes, requisito que será obligatorio a partir de 2045. En este trabajo se han seleccionado 2 fármacos, diclofenaco y metoprolol, como microcontaminantes modelo para su eliminación mediante procesos de oxidación húmeda catalítica con peróxido de hidrógeno (CWPO), empleando materiales carbonosos preparados a partir de residuos plásticos.

Las síntesis de los catalizadores empleados en los procesos CWPO se realizó mediante pirólisis a 750 °C de residuos de polietileno tereftalato (PET) provenientes de botellas agua para consumo y posterior activación física con CO₂. El carbón activo obtenido fue impregnado con 4 % (m/m) de hierro.

Los ensayos CWPO se llevaron a cabo en un reactor discontinuo durante 180 min, usando una concentración de catalizador de 500 mg/L, pH 3, 50 °C y la dosis estequiométrica de H₂O₂. En esas condiciones, se alcanzó una eliminación del 73 y 100 % de diclofenaco y metoprolol, respectivamente, con un consumo de H₂O₂ de entre el 30 y el 60 %. Estos resultados demuestran que la revalorización de residuos plásticos mediante procesos termoquímicos de pirólisis constituye una estrategia técnicamente viable y alineada con los principios de la economía circular para la obtención de materiales carbonosos aplicables en el tratamiento cuaternario de aguas residuales en procesos CWPO.

Palabras Clave: Metoprolol, Diclofenaco, Materiales carbonosos, Valorización de residuos plásticos, Oxidación húmeda catalítica con peróxido de hidrógeno (CWPO).

Agradecimientos: Los autores agradecen el apoyo del Gobierno de España, proporcionado a través del Proyecto PID2023-150365OB-I00 financiado por el MCIN/AEI/ 10.13039/501100011033 y por la «Unión Europea NextGenerationEU/PRTR».

Valorización de la cascarilla de cacao como adsorbente para la eliminación de contaminantes emergentes

A. Rodríguez¹, A. Laca¹ y Y. Patiño²

¹Universidad de Oviedo. Dpto. de Ingeniería Química y Tecnología del Medio Ambiente. Grupo de Investigación: TBR

²Universidad de Oviedo. Dpto. de Ingeniería Química y Tecnología del Medio Ambiente. Grupo de Investigación: CRC

Corresponding Author: lacaamanda@uniovi.es

La presencia de contaminantes emergentes (CEs) en el medio acuático constituye un desafío creciente para la gestión del agua, ya que las estaciones depuradoras de aguas residuales (EDAR) presentan una eficiencia limitada en la degradación de este tipo de compuestos. Esto hace necesaria la búsqueda de alternativas de tratamiento eficaces y sostenibles para la eliminación de CEs. La adsorción se presenta como una tecnología interesante y de bajo coste, especialmente cuando se emplean adsorbentes obtenidos a partir de residuos. Este trabajo evalúa el empleo de la cascarilla de cacao (CBS), así como el residuo sólido obtenido cuando este subproducto de la industria chocolatera es empleado como sustrato para obtener un extracto rico en polifenoles como adsorbentes potenciales para la eliminación de CEs. Se empleó como compuesto modelo el diclofenaco (DCF), uno de los fármacos más detectados y persistentes en aguas residuales.

La metodología experimental incluyó la caracterización físico-química de ambos materiales mediante BET, SEM-EDX y FTIR, seguida de ensayos de adsorción en discontinuo en los que se analizó la influencia del tiempo de contacto y la relación sólido/líquido (S/L), así como el efecto de la temperatura sobre la capacidad de adsorción. Los datos experimentales obtenidos fueron ajustados a modelos cinéticos y de isothermas, además de calcularse los parámetros termodinámicos para determinar la naturaleza del proceso. Los resultados demostraron que el residuo obtenido tras el proceso de extracción presentaba mejores propiedades superficiales que la cascarilla, mostrando una superficie más heterogénea y porosa. Asimismo, en los ensayos de adsorción, el residuo mostró una mayor capacidad de retención de DCF y una adsorción rápida, siendo el modelo de Freundlich el que mejor describió el comportamiento del proceso. El ajuste cinético sugiere que se trata de fisisorción controlada por difusión superficial y los parámetros termodinámicos confirmaron que la adsorción es espontánea y ligeramente endotérmica. De acuerdo con los resultados obtenidos, el residuo de CBS procedente de un proceso de valorización para la obtención de polifenoles, puede a su vez ser valorizado como un adsorbente eficiente, económico y ambientalmente sostenible para la eliminación de DCF en disolución acuosa, representando una alternativa viable en el contexto de las estrategias de economía circular y gestión sostenible de residuos agroindustriales.

Palabras Clave: diclofenaco, contaminantes emergentes, cascarilla de cacao, adsorción

Agradecimientos: Este trabajo ha sido financiado por el Gobierno del Principado de Asturias mediante el proyecto SEK-25-GRU-GIC-24-010.

Valorización de residuos de PET como adsorbente de metilparabeno isoterma de Langmuir y evaluación frente a un carbón comercial

M. Gómez¹, M.D. Murcia¹, M.C. Montiel¹, E. Gómez¹, S. Ortega-Requena¹, S. Dib²

¹Universidad de Murcia. Dpto. Ingeniería Química. Grupo de Investigación: Análisis y Simulación de Procesos Químicos Bioquímicos y de Membrana.

²Universidad de Ciencias y Tecnología Houari de Argelia Ciudad. Dpto. de Química y Física de Materiales Inorgánicos

Corresponding Author: md.murcia@um.es

El polietileno tereftalato (PET) es uno de los plásticos más utilizados, pero su elevado consumo y las limitaciones en su gestión al final de su vida útil hacen necesaria la búsqueda de alternativas de valorización. En este trabajo se estudia su *upcycling* como material adsorbente para la eliminación de metilparabeno (MPB), un conservante ampliamente empleado en cosméticos, fármacos y alimentos. Debido a su carácter de disruptor endocrino y a su persistencia en medios acuáticos, la eliminación eficaz del MPB constituye una prioridad ambiental.

Las muestras de PET se activaron en un horno mufla bajo atmósfera de nitrógeno mediante una rampa de calentamiento hasta 400 °C (5 °C/min, 1 h) seguida de otra hasta 800 °C (5 °C/min, 2 h). El material carbonoso resultante se empleó en los ensayos de adsorción de metilparabeno (MPB), utilizando una concentración inicial de 100 mg/L a 40 °C y variando la masa de adsorbente. Como referencia, se realizaron experimentos equivalentes bajo las mismas condiciones utilizando un carbón comercial de 100 mesh. En ambos casos, las isothermas de adsorción se ajustaron al modelo de Langmuir.

$$\frac{C_e}{q_e} = \frac{C_e}{q_m} + \frac{1}{q_m \times K_L} \quad (1)$$

dando lugar a las siguientes ecuaciones linealizadas para el carbono derivado de PET (2) y el carbono comercial (3)

$$\frac{C_e}{q_e} = 0.0084 C_e + 0.0173 \quad R^2 = 0.9786 \quad (2)$$

$$\frac{C_e}{q_e} = 0.0047 C_e + 0.0143 \quad R^2 = 0.9966 \quad (3)$$

Los elevados valores de R^2 indican que la adsorción de MPB se produce principalmente como una monocapa sobre una superficie relativamente homogénea. Aunque el carbono derivado de PET presenta una capacidad máxima de adsorción (q_m) menor que la del carbono comercial, su rendimiento sigue siendo relevante, alcanzando aproximadamente la mitad de la capacidad del material comercial.

Palabras Clave: adsorción, metilparabeno, PET, reciclaje

Agradecimientos: Este estudio forma parte del programa ThinkInAzul y ha sido financiado por el MCIU con fondos de la Unión Europea NextGenerationEU (PRTR-C17.I1) y por la Comunidad Autónoma de la Región de Murcia - Fundación Séneca.

**XVI CONGRESO ESPAÑOL
DE TRATAMIENTO
DE AGUAS**
MURCIA, 10-12 JUNIO 2026

meta
Mesa Española de Tratamiento de Aguas



UNIVERSIDAD
DE MURCIA



Facultad
de Química



COLQUIMUR
Colegio Oficial
de Químicos
Región de Murcia



ASOCIACIÓN DE
QUÍMICOS DE MURCIA
Tu asociación

Región  de Murcia

f SéNeCa (+)
Agencia de Ciencia y Tecnología
Región de Murcia

2.- PROCESOS QUÍMICOS: REACTORES, CATÁLISIS, OXIDACIÓN



**XVI CONGRESO ESPAÑOL
DE TRATAMIENTO
DE AGUAS**
MURCIA, 10-12 JUNIO 2026

meta
Mesa Española de Tratamiento de Aguas



2.- PROCESOS QUÍMICOS: REACTORES, CATÁLISIS, OXIDACIÓN

Comunicaciones orales



Evaluación de la combinación de procesos basados en ozono para la eliminación de nanoplásticos

J. Nieto-Sandoval, R. Ammar, I. Sarkar y C. Sans

Universitat de Barcelona, Departamento de Ingeniería Química y Química Analítica, Grupo Ingeniería de Procesos de Oxidación Avanzada, Barcelona, España

Corresponding Author: julia.nietosandoval@ub.edu

El aumento sostenido del consumo de plástico ha generado una liberación continua de residuos plásticos, como el poliestireno (PS) procedente de vasos y envases desechables, en el medioambiente. La fragmentación progresiva de estos materiales origina nanoplásticos (NP) con tamaños inferiores a 1 μm , cuya presencia suscita una creciente preocupación debido a su potencial toxicidad, su persistencia en efluentes de estaciones depuradoras y las dificultades analíticas asociadas a su identificación y cuantificación (Rout, P.R., et al. (2022). *Journal of Hazardous Materials Advances*, 6 100070). Este estudio evalúa la eliminación de nanoplásticos de poliestireno (PSNPs) mediante Procesos de Oxidación Avanzada. En concreto, se investigó su eliminación a través de tratamientos individuales con ozono (O_3) en modo semicontinuo, radiación UV y peróxido de hidrógeno (H_2O_2), aplicados en un reactor operado a pH natural y 20 °C. Asimismo, se analizaron los efectos de las combinaciones binarias (O_3/UV , $\text{O}_3/\text{H}_2\text{O}_2$, $\text{H}_2\text{O}_2/\text{UV}$) y la combinación terciaria ($\text{O}_3/\text{UV}/\text{H}_2\text{O}_2$) con el fin de identificar posibles sinergias. El efecto del tamaño de partícula (150, 500 y 970 nm) se evaluó fijando una concentración inicial de 20 mg L^{-1} . La evolución de los tratamientos se siguió mediante diversas técnicas de caracterización de las partículas sólidas y el efluente soluble.

Los tratamientos individuales mostraron una degradación limitada, con reducciones parciales de turbidez (<70 %) y mineralización (<40 %). La adición de 100 mg L^{-1} de H_2O_2 en los tratamientos binarios no mejoró significativamente la eficacia del proceso. En contraste, la combinación sinérgica O_3/UV alcanzó reducciones superiores al >97% en turbidez, mineralización y absorbancia UV-Vis, acompañadas de una disminución del tamaño de partícula (>80%), cambios coherentes en el potencial zeta y evidencia morfológica de degradación confirmada mediante microscopía TEM para los tres tamaños evaluados. Los resultados posicionan el sistema O_3/UV como una alternativa altamente eficiente y prometedora para la destrucción de PSNPs de matrices acuosas.

Palabras Clave: Nanoplásticos; Ozono; Ozono/UV; Poliestireno; Procesos de oxidación avanzada.

Agradecimientos: Este trabajo fue financiado a través del proyecto PID2023-146338OB-I00 por MCIN/AEI/10.13039/501100011033, FEDER y UE.

Evaluación de la interferencia de oxicloruros en la determinación de la DQO en aguas residuales

J.A. Gutiérrez-González¹, A.F. Mohedano¹ y F. Raposo²

¹ Universidad Autónoma de Madrid. Departamento de Ingeniería Química

² Instituto de la Grasa-CSIC. Departamento de Biotecnología. Grupo de Aprovechamiento de Subproductos y Tratamiento de Residuos

Corresponding Author: raposo@ig.csic.es

La demanda química de oxígeno (DQO) es un parámetro esencial para el control de vertidos y la evaluación del rendimiento de las estaciones depuradoras de aguas residuales (EDAR). No obstante, la presencia de determinados oxidantes inorgánicos puede generar reducciones artificiales de la DQO al competir con el dicromato durante la fase de digestión ácida establecida por el método estándar. En este trabajo se evalúa la interferencia de distintos oxicloruros $-(\text{ClO}^-)$, clorito (ClO_2^-) , clorato (ClO_3^-) y perclorato (ClO_4^-) tanto en disoluciones patrón de ftalato potásico (KHP) como en aguas residuales sintéticas formuladas con diferentes fuentes de materia orgánica (glucosa, leche y extracto de carne).

Los resultados muestran que el perclorato no presenta actividad oxidante bajo las condiciones del método estándar, lo que coincide con su conocida “falta de reactividad”. En contraste, el clorato se identificó como el interferente más potente, alcanzando reducciones aparentes de la DQO entre el 40% y el 100%, en función de la dosis aplicada y de la naturaleza del sustrato orgánico. La interferencia observada mostró un comportamiento doblemente dependiente de la concentración: i) aumentó proporcionalmente con la dosis del oxicloruro; ii) disminuyó al incrementarse la carga orgánica inicial. Asimismo, la susceptibilidad a la interferencia analítica siguió el orden: KHP > glucosa > leche > extracto de carne, en coherencia con la cinética de oxidación de cada sustrato.

Estos resultados permiten, por un lado, identificar prácticas fraudulentas basadas en productos comercializados bajo la denominación genérica de “eliminadores de DQO” y, por otro, reforzar la fiabilidad analítica en el control de vertidos y en la verificación del cumplimiento normativo en cualquier EDAR.

En conjunto, la evidencia obtenida recalca la necesidad de considerar la presencia de oxidantes alternativos en las muestras EDAR, especialmente en contextos donde la DQO constituye un parámetro crítico para la toma de decisiones de tipo operativo.

Palabras Clave: Demanda química de oxígeno; Interferencia analítica; Materia orgánica; Oxicloruros; Oxidantes alternativos

Fenton heterogéneo a escala planta piloto para el tratamiento de aguas afectadas por cianobacterias tóxicas

D. Ortiz¹, S. Cirés², Z.M. de Pedro¹, A. Quesada², J.A. Casas¹ y M. Munoz¹

¹ Universidad Autónoma de Madrid. Dpto. Ingeniería Química. Grupo de Investigación: ÍTACA-Microwater.

² Universidad Autónoma de Madrid. Dpto. Biología. Grupo de Investigación: MIFBIO.

Corresponding Author: david.ortiz@uam.es

Las proliferaciones masivas de cianobacterias (o *blooms*) en aguas superficiales representan uno de los mayores retos actuales para la seguridad del agua, no solo por los cambios que provocan en sus propiedades organolépticas, sino por la capacidad de estos microorganismos de producir potentes toxinas conocidas como cianotoxinas. Esta situación se ve, además, agravada por las limitaciones de los tratamientos convencionales para eliminar estos compuestos, en especial durante episodios de *blooms*. Por otra parte, aunque los procesos de oxidación avanzada han demostrado una elevada eficacia en condiciones de laboratorio, el escalado y aplicación en sistemas reales siguen constituyendo una barrera para su implementación práctica. En este trabajo se presenta la validación del proceso Fenton heterogéneo u Oxidación Húmeda Catalítica con Peróxido de Hidrógeno (CWPO, por sus siglas en inglés), a escala de planta piloto para el tratamiento de una corriente acuosa contaminada con cianobacterias productoras de toxinas. El proceso se llevó a cabo en un reactor continuo tipo *slurry* utilizando magnetita como catalizador y operando en condiciones ambientales de presión y temperatura. La versatilidad del tratamiento se evaluó utilizando tanto matrices sintéticas como aguas reales procedentes de embalse, analizando de forma conjunta la eliminación de cianobacterias, la degradación de cianotoxinas disueltas, la evolución del carbono orgánico total y la toxicidad global del efluente. Asimismo, se estudió la estabilidad del catalizador y su recuperación mediante separación magnética, así como la influencia de variables operativas clave: la dosis de H_2O_2 (2-20 mg L^{-1}) y catalizador (2-20 g L^{-1}), y el tiempo de residencia hidráulico ($t_{\text{rh}} = 30\text{-}120$ min). Los resultados mostraron que el proceso CWPO permite una reducción eficaz y reproducible de la carga tóxica del sistema, combinando la inactivación de las cianobacterias (>95%) con la degradación de las toxinas liberadas (>95%) en condiciones de operación optimizadas ($[\text{H}_2\text{O}_2]_0 = 15 \text{ mg L}^{-1}$; $[\text{Catalizador}] = 10 \text{ g L}^{-1}$; $t_{\text{rh}} = 1 \text{ h}$), incluso en condiciones representativas de escenarios realistas. Además, la estabilidad del catalizador (600 h de uso) y su potencial reutilización refuerzan la viabilidad del enfoque desde un punto de vista operativo. Este estudio demuestra que el proceso CWPO no es solo una solución de laboratorio, sino una tecnología con potencial real para la gestión de episodios de contaminación por cianobacterias, acercando los procesos de oxidación avanzada a su aplicación efectiva en el tratamiento de aguas y la remediación ambiental.

Palabras Clave: Cianobacterias, cianotoxinas, escalado de procesos, Fenton heterogéneo.

Agradecimientos: Este trabajo ha sido financiado por la AEI a través de los proyectos CNS2023-144453 y PID2022-139063OB-I00.

Modelado cinético mecanístico del proceso de fotoactivación del peroximonosulfato. Estudio del efecto del pH en varias matrices acuosas

A. Losa^{1,2}, J. Marugán^{1,2} y M. J. López-Muñoz^{1,2}

¹ Universidad Rey Juan Carlos. Grupo de Ingeniería Química y Ambiental (GIQA)

² Universidad Rey Juan Carlos. Instituto de Investigación de Tecnologías para la Sostenibilidad (ITPS).

Corresponding Author: javier.marugan@urjc.es

En la actualidad, las estaciones depuradoras de aguas residuales (EDAR) cuentan con tratamientos que, en ocasiones, son ineficientes para la completa eliminación de algunos contaminantes presentes en las aguas (T. Merle., et al. (2009). J. Int. Assoc. Water Pollut, 60, 2921-2928). Los procesos de oxidación avanzada (AOPs), basados en la generación de radicales libres con alto poder oxidativo, son una alternativa viable para la eliminación de estos contaminantes resistentes. Entre los radicales con alto poder oxidante, destacan el radical hidroxilo ($\text{HO}^\bullet$) y el radical anión sulfato ($\text{SO}_4^{\bullet-}$) (B.T. Zhang., et al. (2015). Crit. Rev. Environ. Sci. Technol, 45, 1756-1800). El peroximonosulfato (PMS) es un precursor idóneo para generar estos radicales libres mediante distintos métodos de activación: térmica, por radiación, y mediante catálisis homogénea y heterogénea, entre otros. (R.R. Solís., et al. (2020). J. Hazard Mater, 400, 123118).

El presente trabajo se centra en la investigación de la fotoactivación de PMS por radiación UV-C. Se ha desarrollado el modelado cinético mecanístico del proceso, como una primera etapa en el diseño de tecnologías para el tratamiento de efluentes acuosos con contaminantes refractarios. Se evaluaron diferentes valores de pH y se estudió la influencia de la adición de atrapadores de radicales libres, como el metanol, y de diferentes aniones inorgánicos que se encuentran presentes habitualmente en las matrices acuosas. La experimentación se llevó a cabo en un fotorreactor anular con recirculación, irradiado axialmente con una lámpara UV-C.

El modelo cinético desarrollado, demuestra que el pH es el factor principal que controla la activación de PMS, principalmente debido a su influencia en la especiación de este. El modelo predice con éxito la fotoactivación de PMS en diversas matrices acuosas con diferentes compuestos, y bajo condiciones de pH variable, así como el papel de diferentes aniones en disolución, capaces de atrapar radicales libres.

Palabras Clave: Peroximonosulfato, UV-C, modelo cinético, matrices acuosas

Agradecimientos: Los autores agradecen el apoyo financiero a la Agencia Estatal de Investigación (AEI) y el Ministerio de Ciencia e Innovación de España a través del proyecto PHOTOREDVALORA (PID2024-159086OB-C31).

Nanoencapsulación de fullereno en un MOF por vía mecanoquímica para la desinfección con luz visible de aguas contaminadas de virus y bacterias

Noelia Rodríguez-Sánchez¹, Menta Ballesteros^{2,3}, Carsten Prinz¹, Inés Canosa^{2,4}, Amando Flores Díaz^{2,4}, Biswajit Bhattacharya¹, A. Rabdel Ruiz-Salvador^{3,5}, Franziska Emmerling¹

¹ Structure Analysis department, BAM Federal Institute for Materials Research and Testing, Berlin, Germany.

² Departamento de Biología Molecular e Ingeniería Bioquímica, Universidad Pablo de Olavide, Sevilla, España

³ Centro de Nanociencia y Tecnologías Sostenibles (CNATS), Universidad Pablo de Olavide, Ctra. Utrera km. 1, ES-41013, Seville, Spain

⁴ Centro Andaluz de Biología del Desarrollo/Universidad Pablo de Olavide/ Junta de Andalucía, Seville, Spain

⁵ Departamento De Sistemas Físicos, Químicos Y Naturales Universidad Pablo de Olavide, Sevilla, España

Corresponding Authors: rualsal@upo.es, biswajit.bhattacharya@bam.de, franziska.emmerling@bam.de

Enorme esfuerzo se ha volcado en la búsqueda de tecnologías de purificación de aguas que convienen alta eficiencia con sostenibilidad medioambiental. Los desarrollos en procesos de catálisis heterogénea para tratamientos de agua están en constante evolución, entre otros factores enfocados en la búsqueda de métodos de preparación que puedan ser escalables. Este estudio se aborda la síntesis mecanoquímica de un MOF (ZIF-12-NH₂) que contiene nanoencapsulados fullerenos (C₆₀), con la finalidad de operar como fotocatalizador bifuncional para la descontaminación y desinfección del agua bajo irradiación de luz visible. Las muestras sintetizadas son altamente cristalinas y preservan las propiedades estructurales y electrónicas de sus componentes fundamentales, como evidencian los resultados de difracción de rayos X en polvo (PXRD), espectroscopia FT-IR, isoterma de adsorción de N₂, espectroscopia fotoelectrónica de rayos X (XPS) y microscopía electrónica (SEM y TEM). Acorde al diseño conceptual, la absorción de la luz se desplaza al visible y se logra mejorar la separación de cargas y la actividad fotocatalítica como consecuencia de la doble funcionalización con grupos aminos en los ligandos y C₆₀ en los poros. Es notable que en ausencia de un metal con propiedades redox, el sistema muestra una alta actividad tipo foto-Fenton. El C₆₀@ZIF-12-NH₂ mostró un excelente rendimiento fotocatalítico, expresado en la inactivación completa del bacteriófago P22 y la desinfección eficaz de E. coli y coliformes en agua de río natural. El estudio abre las puertas al desarrollo de nuevos fotocatalizadores para tratamientos avanzados de aguas. Detalles del trabajo se pueden obtener en DOI: [10.1002/sml.202512881](https://doi.org/10.1002/sml.202512881)

Keywords: MOFs, desinfección, descontaminación, mecanoquímica, nanoencapsulación, C₆₀

Agradecimientos: European Commission (HORIZON.1.2 - Marie Skłodowska-Curie Actions VALZEO Project 101086354) y Programa de Excelencia de la Junta de Andalucía (ProyExcel_00358).

Sistema continuo de reducción–oxidación (ZVI/UVC-H₂O₂) para eliminar compuestos nitroaromáticos en aguas salinas

S. Esplugues, A. Arques, A. M. Amat, L. Santos-Juanes

Universitat Politècnica de València, Departamento de Ingeniería Textil y Papelera, Grupo de Procesos de Oxidación Avanzada. Campus de Alcoy.

Corresponding Author: sespneb@txp.upv.es

La combinación de procesos reductivos basados en hierro cero valente (ZVI) con etapas oxidativas constituye una estrategia prometedora para el tratamiento de aguas con elevada salinidad, donde los procesos oxidativos convencionales presentan limitaciones. En el caso de contaminantes nitroaromáticos, el ZVI permite reducir el grupo nitro (-NO₂) a amino (-NH₂), transformando compuestos electro-atrayentes poco reactivos frente a oxidación en especies más fácilmente degradables mediante procesos de oxidación avanzada.

En este trabajo se estudió un sistema en flujo continuo que combina una etapa reductiva con ZVI y una etapa posterior de oxidación UVC/H₂O₂. Como contaminante modelo se seleccionó el ácido 4-nitrobenzoico (4-NBA, 0,003 mM), evaluando el proceso tanto en presencia de cloruros (0,017 M) como en agua de mar real. La etapa reductiva se llevó a cabo en un reactor de lecho fijo cargado con 4 g de lana de hierro comercial previamente activada con HCl (0,01 M). La disolución se hizo circular posteriormente a través de un reactor fotolítico equipado con una lámpara de mercurio de baja presión (254 nm), añadiendo peróxido de hidrógeno en concentraciones de 2,5, 5 y 10 mg L⁻¹.

En condiciones anóxicas se alcanzó aproximadamente un 90 % de reducción del 4-NBA durante la etapa ZVI, formándose como intermedios el ácido 4-nitrosobenzoico y el ácido 4-aminobenzoico. La posterior etapa UVC/H₂O₂ permitió la eliminación completa del contaminante residual y de los intermedios generados. La concentración más eficiente de peróxido de hidrógeno fue 2,5 mg L⁻¹. En agua de mar se observó un comportamiento similar en la etapa reductiva, mientras que la etapa oxidativa mostró un menor rendimiento. Este comportamiento se atribuye principalmente a la mayor lixiviación de hierro durante la etapa reductiva, que genera turbidez y dispersión de la radiación UV, así como a la presencia de otros aniones (como carbonatos o fluoruros) y materia orgánica natural que pueden interferir en los procesos oxidativos.

Estos resultados demuestran el potencial de los sistemas híbridos reducción–oxidación en flujo continuo para el tratamiento de contaminantes nitroaromáticos en matrices salinas.

Palabras Clave: Flujo continuo, lana de hierro, ácido 4-nitrobenzoico, UVC/H₂O₂, ZVI

Agradecimientos: Universitat Politècnica de València (PAID-01-22), Agencia Estatal de Investigación (PID2024-159086OB-C32, PhotoRedValora)

Transformación de biomasa marina en fotocatalizadores para la eliminación de contaminantes biorrecalcitrantes

V. Muelas-Ramos¹, A.L. García-Costa², C. de los Ríos¹, A. Gascó¹ y D. Hermosilla¹

¹ Universidad Politécnica de Madrid. Dpto. Ingeniería y Gestión Forestal y Ambiental. Grupo de Investigación: G-AQUA.

² Universidad Autónoma de Madrid. Dpto. Ingeniería Química. Grupo de Investigación: ITACA.

Corresponding Author: virginia.muelas@upm.es

La progesterona (PRO) es una hormona con amplia presencia en efluentes acuosos que representa un desafío para los sistemas convencionales de tratamiento de aguas debido a su alta persistencia, baja biodegradabilidad y potencial impacto ecotoxicológico, lo que evidencia la necesidad de desarrollar nuevas estrategias de eliminación más eficientes para este compuesto. Estudios previos de nuestro grupo de investigación han demostrado que el proceso foto-Fenton heterogéneo empleando biochar modificado con óxidos de hierro en su superficie como catalizador constituye una estrategia prometedora para la eliminación de contaminantes biorrecalcitrantes. En este trabajo se evaluó la degradación de PRO utilizando dos materiales (Fe1Bio y Fe0.5Bio) derivados de biochar sintetizado a partir de residuos de biomasa de *Posidonia oceanica* (L.) bajo irradiación UVA LED (λ : 365 nm). La concentración inicial de PRO se fijó en 8 mg·L⁻¹, la del catalizador en 100 mg·L⁻¹ y la de H₂O₂ en 1400 μ M, que es la dosis estequiométrica requerida para completa mineralización de PRO. Fe1Bio presentó la mejor eficacia de tratamiento con una adsorción previa del 40% de PRO y la casi total degradación tras 20 minutos de tratamiento foto-Fenton heterogéneo. Tras ello, se optimizaron la dosis de catalizador y la longitud de onda del proceso, siendo 150 mg·L⁻¹ y 365 nm, respectivamente, las condiciones de operación seleccionadas para posteriores ensayos. Tras la optimización del proceso, se evaluó la degradación de varios contaminantes incluidos en la Directiva EU 2024/3019, como carbamacepina (CBZ), benzotriazol (BZT) y metoprolol (MTP), fijando la concentración de cada contaminante en 25,4 μ M, que es la concentración molar resultante de PRO tras el equilibrio de adsorción. La adsorción de estos contaminantes sobre Fe1Bio fue baja (<8%). En ensayos individuales, se logró la completa transformación de los contaminantes en menos de 5 minutos mediante el proceso foto-Fenton heterogéneo. Posteriormente, se preparó una mezcla equimolar de los cuatro contaminantes para evaluar la eficacia del material en mezclas complejas. Cabe resaltar que la adsorción no mostró variaciones significativas y, si bien se observó una ligera disminución en la velocidad de reacción; CBZ, BZT y MTP fueron degradadas por completo en menos de 10 minutos, mientras que la PRO necesitó 20 minutos.

Palabras Clave: Procesos de oxidación avanzada, tratamiento de aguas, biochar, foto-Fenton heterogéneo, contaminantes emergentes.

Agradecimientos: Esta contribución se ha desarrollado en el marco del proyecto LIFE GreenLED (LIFE22-CCA-NL-101114560), cofinanciado por la Unión Europea. El Banco de Santander ha concedido una ayuda económica para personal investigador postdoctoral 2025 a V.M. con la que se financia su participación en este congreso. A.L. García-Costa agradece a la Comunidad de Madrid el contrato 2023-T1/ECO-29062.

Tratamiento de nanoplasticos y generación de hidrógeno verde en un sistema electroquímico híbrido alimentado con energía solar

Alejandro Pérez-López^{1,2}, Carmen M. Domínguez², Luis D. Loo Urgilés¹, Carlos A. Martínez-Huitle¹, Salvador Cotillas², Elisama V. dos Santos¹

¹ Renewable Energies and Environmental Sustainability Research Group, Institute of Chemistry, Federal University of Rio Grande do Norte, Campus Universitário, Av. Salgado Filho 3000, Rio Grande do Norte, Lagoa Nova, Natal, 59078-97, Brazil

² Departamento de Ingeniería Química y Materiales, Facultad de Ciencias Químicas, Universidad Complutense de Madrid, Avenida Complutense s/n, 28040 Madrid, Spain.

Corresponding Author: salvacot@ucm.es

La presencia de nanoplasticos (NPs) en efluentes de depuradora tratados está emergiendo como un problema ambiental. En este contexto, las tecnologías electroquímicas se posicionan como una alternativa prometedora, aunque su elevada demanda energética sigue siendo una limitación para su aplicación a gran escala.

En este trabajo se evalúa un sistema electroquímico híbrido capaz de integrar la eliminación de nanoplasticos con la producción simultánea de hidrógeno verde (H₂), avanzando hacia un enfoque más sostenible de tipo water-to-energy. Los ensayos se llevaron a cabo empleando un ánodo de diamante dopado con boro (BDD) y un cátodo de acero inoxidable Ni-Fe, operando bajo alimentación fotovoltaica y utilizando agua residual urbana tratada contaminada con nanoplasticos de poliestireno (preparada sintéticamente).

El sistema alcanzó hasta un 92% de eliminación de nanoplasticos y un 83% de mineralización (TOC), evidenciando una degradación eficaz mediada por especies oxidantes como radicales hidroxilo y sulfato. El uso de una celda dividida permitió mejorar el rendimiento del proceso al evitar la reducción de oxidantes, incrementando tanto la eficiencia de degradación como el aprovechamiento energético.

De forma simultánea, se produjo hidrógeno en el cátodo, con una eficiencia faradaica cercana al 100%, mostrando una conversión eficiente de la energía eléctrica en un vector energético de valor. La producción de H₂ aumentó linealmente con la corriente aplicada, en concordancia con los valores teóricos esperados.

Además, se demostró la viabilidad de reutilizar el efluente tratado como catolito, manteniendo la producción de hidrógeno y reduciendo el consumo de agua fresca, lo que mejora la sostenibilidad global del proceso.

En conjunto, este estudio pone de manifiesto el potencial de los sistemas electroquímicos híbridos como tecnologías duales capaces de eliminar contaminantes emergentes y, al mismo tiempo, recuperar energía, avanzando hacia tratamientos de aguas más circulares y eficientes.

Palabras Clave: Electroquímica; Hidrógeno verde; Nanoplasticos.

Agradecimientos: Este trabajo se enmarca en el proyecto TED2021-131380A-C22 (REGENEDAR), financiado por MCIN/AEI y la Unión Europea (NextGenerationEU/PRTR), así como en la ayuda CNS2023-144029 (MICIU/AEI-NextGenerationEU/PRTR).

XVI CONGRESO ESPAÑOL DE TRATAMIENTO DE AGUAS

MURCIA, 10-12 JUNIO 2026



2.- PROCESOS QUÍMICOS: REACTORES, CATÁLISIS, OXIDACIÓN

Comunicaciones cortas



Degradación de microplásticos elastoméricos mediante proceso foto-Fenton: comparación entre caucho natural y sintético

D. Rodríguez-Llorente, J. García, M. Muñoz, Z.M. de Pedro y J.A. Casas

Universidad Autónoma de Madrid. Dpto. Ingeniería Química. Grupo de Investigación: ITACA-Microwater.

Corresponding Author: diego.rodriquezl@uam.es

Las partículas de desgaste de neumáticos (TWP) constituyen más del 73% de los microplásticos presentes en el medio ambiente, alcanzando las depuradoras mediante escorrentía superficial. A pesar de su persistencia, estos elastómeros están menos estudiados que los termoplásticos. Este trabajo evalúa la oxidación foto-Fenton para la remediación de TWP y propone su uso como método de envejecimiento acelerado para modelar su destino ambiental a largo plazo.

Se realizaron ensayos de oxidación en los que se evaluó la degradación de partículas criomolidas (25-150 μm) de caucho natural (NR), estireno-butadieno (SBR) y una mezcla de neumáticos (TMIX). Estos ensayos se realizaron en un fotorreactor UV-Vis (0,5 L, 150 W) bajo condiciones controladas: 25 °C, $\text{pH}_0 = 3$, $[\text{Fe}^{3+}]_0 = 1 \text{ mg/L}$, $[\text{MPs}]_0 = 20 \text{ mg/L}$ y adiciones de $[\text{H}_2\text{O}_2]_0 = 500 \text{ mg/L}$ cada 40 min. Los análisis de caracterización permitieron identificar compuestos como ZnO , SiO_2 , Fe_2O_3 , calcita y 25 plastificantes. El NR contenía un 21,97% de CaCO_3 y carecía de negro de humo (CB), mientras que SBR y TMIX presentaron un 17,86% y 29,7% de CB, respectivamente.

Al tratar la fracción de partículas entre 50 y 100 μm , se alcanzó un 40% de mineralización en 20 min para el NR. En este caso, la oxidación parece estar favorecida por la porosidad generada por disolución del CaCO_3 contenido en el material en el medio de reacción ($\text{pH} = 3$). En contraste, el SBR y el TMIX requirieron 15 y 14 h, respectivamente. Para todos los TWP, la velocidad de degradación se describió mediante el modelo de núcleo decreciente sin reaccionar con tamaño de partícula constante, evidenciando un control difusional asociado a la formación de una capa de ceniza. El valor obtenido para el parámetro τ (tiempo necesario para alcanzar conversión completa) fue de 12, 276 y 648 h para NR, SBR y TMIX, respectivamente. Estos resultados sugieren que la acumulación exterior de CB limita la difusión de especies oxidantes en los cauchos sintéticos (SBR y TMIX). Este enfoque de envejecimiento acelerado permite obtener parámetros cinéticos útiles para comparar la reactividad relativa de los elastómeros y orientar la evaluación de su comportamiento en condiciones ambientales.

Palabras Clave: microplásticos; cauchos; partículas de desgaste de neumáticos; foto-Fenton; AOP.

Agradecimientos: Este trabajo ha sido financiado por la AEI a través de los proyectos TED2021-131380B-C21 y PID2022-139063OB-I00. Además, la contribución forma parte de la subvención JDC2023-051030-I, financiada por MCIU/AEI/10.13039/501100011033 y ESF+.

Diseño de reactores fotocatalíticos para tratamiento de aguas

I. Espinoza-Pavón¹, S. Nahim-Granados¹, S. Malato¹, I. Oller¹, C. Monteserrín², M. Blanco², Sergi Navarro³, M. I. Polo López⁴

¹ Plataforma Solar de Almería—CIEMAT, Ctra de Senés km 4.5, 04200, Tabernas, Spain

² Fundación Tekniker, C/ Iñaki Goenaga 5, 20600, Gipuzkoa, Spain

³ ARENYS S.L., Rial Bellsollé Nave 1, 23, Arenys de Munt, 08358, Barcelona, Spain

⁴ Investigador independiente, C/Henri La Fontaine, 44, 04230, Almería, Spain

Corresponding Author: isabel.espinoza@psa.es, inmaculadapolo90@gmail.com

Los procesos de oxidación avanzados, en particular, la fotocatálisis solar con catalizadores inmovilizados, representan una tecnología alternativa a los tratamientos convencionales de purificación de agua, basados en la generación de especies radicales muy reactivas y poco selectivas que promueven la degradación oxidativa de contaminantes orgánicos y microorganismos patógenos. Así mismo, el uso de catalizadores inmovilizados presenta algunas ventajas como su reuso durante varios ciclos de tratamiento, evitando los costos asociados a las operaciones de postratamiento para la recuperación del catalizador.

El objetivo del presente trabajo es el diseño, construcción y testado de reactores fotocatalíticos basados en dióxido de titanio (TiO₂) inmovilizado (i) a escala de laboratorio en placa de acero inoxidable (20x20 cm) y (ii) a escala piloto en dos reactores planos (5 y 50 L de volumen) con diseño en cascada y con escalones de acero inoxidable recubiertos de TiO₂. La eficiencia de tratamiento se analizó mediante la monitorización de la degradación de tres contaminantes de preocupación emergente (imidacloprid, sulfametoxazol y trimetoprim), la inactivación de microorganismos (bacterias, virus y esporas) y genes de resistencia a antibióticos en matrices de agua de distinta complejidad (agua isotónica, agua de pozo y efluente secundario de una estación depuradora de aguas residuales). En conjunto, los resultados obtenidos demuestran que la aplicación de fotocatálisis solar con TiO₂ inmovilizado en reactores tipo escalera representa una estrategia eficaz para la degradación de contaminantes y la inactivación de microorganismos, representando una alternativa descentralizada para el tratamiento sostenible de agua. En este sentido, los ensayos realizados en agua de pozo demuestran la elevada reproducibilidad del sistema a diferentes escalas de operación, respaldando el escalado de este tratamiento. Este estudio será complementado con un análisis de ciclo de vida.

Palabras Clave: microorganismos, reusabilidad, TiO₂ inmovilizado

Agradecimientos: Al apoyo financiero otorgado por el proyecto ENERGICA (GA 101037428).

Estabilización de iones ferrilo hipervalentes en MOFs biomiméticos (UPO-4) para la degradación fotocatalítica de contaminantes

Lucas Santos-Juanes¹, Noelia Rodríguez-Sánchez^{2,3}, Salvador R. G. Balestra^{3,4,5}, Nuria O. Núñez⁶, Antonio Arques¹, A. Rabdel Ruiz-Salvador^{3,4}, Menta Ballesteros^{3,7}

¹ Grupo de Procesos de Oxidación Avanzada, Departamento de Ingeniería Textil y Papelera, Universitat Politècnica de València, Campus de Alcoy, Alcoy, España

² BAM Federal Institute for Materials Research and Testing, Richard-Willstätter-Str, Berlín, 11 12489, Alemania

³ Centro de Nanociencia y Tecnologías Sostenibles (CNATS), Universidad Pablo de Olavide, Carretera de Utrera km. 1, Sevilla, España

⁴ Departamento de Sistemas Físicos, Químicos y Naturales, Universidad Pablo de Olavide, Ctra. Utrera, km. 1, Sevilla, España

⁵ Departamento de Física Atómica, Molecular y Nuclear, Área de Física Teórica, Universidad de Sevilla, Avenida de Reina Mercedes s/n, Sevilla, 41012, España

⁶ Instituto de Ciencia de Materiales de Sevilla, ICMS (CSIC-US), c/Américo Vespucio, 49, Sevilla, España

⁷ Departamento de Biología Molecular e Ingeniería Bioquímica, Universidad Pablo de Olavide, Ctra. Utrera km. 1, Sevilla, España

Corresponding Author: rruisal@upo.es y mmbalmar@upo.es

Este trabajo presenta el desarrollo de un nuevo material tipo ZIF dopado con hierro (Fe-ZIF-7-III, UPO-4), sintetizado mediante una ruta suave que permite la estabilización de iones ferrilo hipervalentes fotoactivos en un MOF y su uso por primera vez en tratamiento de aguas. Inspirado en sistemas naturales, este enfoque biomimético emula centros catalíticos en entornos ricos en nitrógeno para la oxidación molecular que explotamos para la degradación de contaminantes. La caracterización mediante DRX, FTIR y SEM confirmó la obtención de la estructura 2D, mientras que el análisis por XPS y estudios computacionales (DFT) resultaron determinantes para identificar los estados de oxidación del hierro y las distorsiones locales que permiten la fotoactividad. El estudio electrónico demostró que la incorporación de hierro desplaza la absorción hacia la región del espectro visible, optimizando el uso de la radiación solar. A diferencia de los procesos Fenton convencionales, la actividad del UPO-4 permite la degradación eficiente de microcontaminantes recalcitrantes, como la cafeína, a pH neutro. Los ensayos con *scavengers* confirmaron un mecanismo basado en especies de ferrilo sin la intervención mayoritaria de radicales hidroxilo, rompiendo con las limitaciones de los sistemas tradicionales. El material mostró además una excelente reciclabilidad tras múltiples ciclos. Este avance establece una estrategia pionera en el diseño de MOF fotocatalizadores basados en metales hipervalentes, abriendo una vía sostenible para el tratamiento y desinfección de aguas en el marco de la economía circular y la protección de los ecosistemas acuáticos. [DOI: 10.1039/d4ma01217h](https://doi.org/10.1039/d4ma01217h)

Palabras Clave: MOF, ión ferrilo, fotocatalizadores, procesos tipo-Fenton

Agradecimientos: Este trabajo ha contado con el apoyo del Ministerio de Ciencia e Innovación de España (PID2021-126400OB-C31, Proyecto AquaEnAgri) y de la Comisión Europea (HORIZON.1.2 – Marie Skłodowska-Curie Actions, Proyecto VALZEO 101086354). Salvador R. G. Balestra también agradece la financiación de la Consejería de Universidades, Investigación e Innovación, Junta de Andalucía (POSTDOC_21_00069). Agradecemos a C3UPO por proporcionar instalaciones de computación de alto rendimiento.

Fraccionamiento y caracterización de extractos de residuos vitivinícolas para uso como complejantes en foto-Fenton a pH moderado

J. Arévalo¹, G. Mattarello¹, M. Cerdán², A.M. Amat¹, A. Arques¹ y L. Santos-Juanes¹

¹ Universitat Politècnica de València, Departamento de Ingeniería Textil y Papelera, Grupo de Procesos de Oxidación Avanzada. Campus de Alcoy.

² Universidad de Alicante. Departamento de Bioquímica y Biología Molecular y Edafología y Química Agrícola.

Corresponding Author: joraraq1@epsa.upv.es

El proceso foto-Fenton es una tecnología eficaz para la eliminación de contaminantes en agua, pero su aplicación suele limitarse a pH ácido. En este contexto, el uso de ligandos capaces de estabilizar el hierro en disolución formando complejos fotoactivos constituye una estrategia prometedora para extender el proceso a condiciones de pH más moderadas. Entre las alternativas propuestas, los extractos naturales ricos en compuestos fenólicos obtenidos a partir de residuos agrícolas representan una opción atractiva desde el punto de vista de la economía circular.

En este trabajo se evaluó el uso de extractos obtenidos a partir de residuos de la industria vitivinícola como agentes complejantes de hierro en procesos foto-Fenton a pH moderado (pH entre 5 y 7). Los extractos se obtuvieron mediante extracción alcalina y posteriormente se sometieron a etapas de fraccionamiento mediante ultrafiltración por membranas con el objetivo de modular su composición.

Los extractos y sus fracciones fueron caracterizados mediante análisis de fluorescencia (matrices de excitación-emisión), estado de oxidación promedio, así como mediante la determinación de índices de compuestos fenólicos y flavonoides, con el fin de evaluar la relación entre su composición y su capacidad de complejación del hierro. Su comportamiento se estudió mediante la degradación de una mezcla de seis micro-contaminantes, aplicando un diseño experimental multivariable para analizar el efecto del pH, la concentración de extracto y la dosis de H₂O₂.

Los resultados muestran que la composición de los extractos influye de manera decisiva en la estabilidad del hierro y en la eficiencia del proceso foto-Fenton. En particular, las fracciones enriquecidas en compuestos fenólicos favorecen la formación de complejos fotoactivos capaces de mantener el hierro soluble y promover su ciclo redox bajo irradiación. Estos resultados ponen de manifiesto el potencial de los extractos derivados de residuos vitivinícolas como alternativa sostenible a los complejantes sintéticos en procesos foto-Fenton a pH moderado.

Palabras Clave: micro-contaminantes; foto-Fenton; ligandos naturales; polifenoles; residuos agrícolas.

Agradecimientos: Los autores agradecen el apoyo financiero del programa Horizon Europe de la Unión Europea (proyecto PHENOCYCLES), así como de los proyectos IN2AQUAS (101119555). A las estructuras de investigación de la UPV por el programa FPI PREDOC UPV (Subprograma 2. Código:20250665).

Procesos solares con ácido peracético y peróxido de hidrógeno: comparación de eficiencia en la eliminación de antibióticos

Eva Jambrina-Hernández^{1,2}, Samira Nahim-Granado^{2,3}, Inmaculada Polo⁴, Patricia Plaza-Bolaños^{1,2} y Ana Agüera^{1,2}

¹ Departamento de Química y Física, Universidad de Almería, Ctra. Sacramento s/n, Almería, 04120, España

² CIESOL (Centro de Investigación en Energía Solar), Centro Mixto Universidad de Almería-CIEMAT, Ctra. Sacramento s/n, Almería, 04120, España

³ Plataforma Solar de Almería-CIEMAT, Ctra. Senés km 4, Tabernas, Almería, 04200, España

⁴ Investigador Independiente, Almería, España

Corresponding Author: evajambrina@ual.es

La presencia de antibióticos en aguas residuales urbanas es uno de los principales factores que contribuye a la diseminación de resistencias a antibióticos en el medioambiente. Esto pone de manifiesto la necesidad de desarrollar tratamientos capaces de eliminar eficazmente estos compuestos, así como comprender sus rutas de degradación y los productos de transformación generados durante el proceso. En este estudio se evalúa la efectividad de dos procesos fotoquímicos asistidos por radiación solar para la degradación de tres antibióticos β -lactámicos de relevancia clínica: meropenem, cefalexina y cefotaxima. Para ello se emplearon dos oxidantes diferentes: peróxido de hidrógeno (H_2O_2) y ácido peracético (PAA). Los experimentos se realizaron inicialmente a escala de laboratorio (reactor discontinuo de 0,2 L) y posteriormente se validaron a escala piloto (60 L, colector parabólico compuesto) bajo radiación solar natural empleando efluente secundario de agua residual urbana, tanto agua simulada químicamente como efluente recolectado de una estación depurada provincial. La eliminación de los antibióticos se monitorizó mediante cromatografía de líquidos acoplada a espectrometría de masas (LC-MS/MS) y la identificación de los productos de transformación (TPs) se llevó a cabo mediante LC acoplada a MS de alta resolución de tipo cuadrupolo-tiempo de vuelo (LC-QTOF-MS).

Los resultados mostraron una eliminación eficiente de los antibióticos seleccionados mediante ambos procesos. Sin embargo, se observaron diferencias en las cinéticas de degradación y en el orden de eliminación de los compuestos dependiendo del oxidante empleado, lo que sugiere mecanismos de reacción distintos. El análisis por LC-QTOF-MS permitió detectar la formación de TPs a lo largo del tratamiento, evidenciando diferencias en los perfiles de transformación generados en cada sistema. A modo de ejemplo, para el meropenem, se identificaron 21 TPs, de los cuales 7 se formaron exclusivamente en presencia de PAA, 3 únicamente en el sistema solar/ H_2O_2 y 10 fueron comunes, independientemente del oxidante empleado. Estos hallazgos aportan información valiosa sobre las rutas de degradación de antibióticos en procesos de oxidación fotoquímica solar y contribuyen a comprender los mecanismos implicados en su transformación durante el tratamiento de aguas residuales.

Palabras Clave: Antibióticos; Desinfección; Producto de transformación; Fotoquímica

Agradecimientos: Los autores agradecen al proyecto MODITRAGUA (Gobierno de Andalucía, PROYEXCEL_00585) y al proyecto ANDROMEDA (PID2022-140875OB-C31) financiado por MCIN/ AEI / 10.13039/501100011033 / FEDER, UE. Eva Jambrina-Hernández agradece su beca predoctoral del PID2022-140875OB-C31, financiada por el MCIN/AEI/10.13039/501100011033 y el ESF+.

Síntesis y optimización de heteroestructuras WO₃/TiO₂ para la inactivación de *E. coli* en agua

Deyna I. de la Fuente Rodríguez^{1,2}, Carlos Sotelo-Vazquez^{1,2}, Clara Sanchez Perez¹ y Javier Marugán^{1,2}

¹Chemical and Environmental Engineering Group, ESCET, Universidad Rey Juan Carlos, C/Tulipán s/n, Móstoles, Madrid 28933, Spain.

² Instituto de Investigación de Tecnologías para la Sostenibilidad, Universidad Rey Juan Carlos, C/ Tulipán s/n, 28933, Móstoles, Madrid, España.

Corresponding Author: deyna.delafuente@urjc.es

En los últimos años, el crecimiento poblacional e industrial ha provocado un incremento significativo en la contaminación del agua y del aire, generando problemas ambientales y de salud pública. Debido a esto, el desarrollo de tecnologías sostenibles para la remediación ambiental se ha vuelto de suma relevancia. El uso de fotocátalisis heterogénea ha emergido como una alternativa prometedora, permitiendo el uso de materiales con alta área superficial y con especies reactivas de larga vida mediante la fabricación de heterouniones nanoestructuradas.[1] Adicionalmente la optimización de fabricación de tales materiales requiere considerar los factores de producción a larga escala e integración en reactores de flujo continuo, para evitar degradación de electrodos bajo las condiciones estándar de uso.[2] De esta manera, el diseño de fotocatalizadores soportados avanzados constituye una alternativa limpia y efectiva para la desinfección y degradación de contaminantes.

En este trabajo se presenta la síntesis y optimización de heterouniones nanoestructuradas de óxido de tungsteno y dióxido de titanio (WO₃/TiO₂) mediante el método de Deposición Química de Vapor (CVD) sobre sustratos conductores de FTO, con el objetivo de desarrollar electrodos para sistemas fotocatalíticos efectivos para la inactivación de *E. coli* en agua.

Los materiales fueron caracterizados mediante técnicas morfológicas, estructurales y ópticas con la finalidad de correlacionar sus propiedades fisicoquímicas. Por otro lado, la evaluación microbiológica se realizó a través de ensayos comparativos de fotocátalisis, fotoelectrocátalisis y electrocátalisis. Los resultados preliminares demuestran una mejora significativa en la inactivación bacteriana para la heteroestructura WO₃/TiO₂ en comparación con los materiales individuales. Estos resultados demuestran el potencial de estos materiales como una alternativa eficiente y sustentable para el tratamiento y desinfección del agua.

Referencias:

[1] C. Sotelo-Vazquez, *et al.*, *Adv. Funct. Mater.* **2017**

[2] A. Kafizas, *et al.*, *J. Mater. Chem. A*, **2025**, 13, 11585.

Palabras Clave: CVD, WO₃, TiO₂, microbiología, *E. coli*.

Agradecimientos: Carlos Sotelo-Vazquez agradece a la Comunidad de Madrid el apoyo financiero a través del Programa de Atracción de Talento “César Nombela” 2023 (2023-T1/ECO-29048).

XVI CONGRESO ESPAÑOL DE TRATAMIENTO DE AGUAS

MURCIA, 10-12 JUNIO 2026



2.- PROCESOS QUÍMICOS: REACTORES, CATÁLISIS, OXIDACIÓN

Pósteres



A comparative study on the removal of caffeine from aqueous solutions using clay-lignin hybrid materials and MOF-lignin composites

Adil Hayoune¹, Jose Enrique Dominguez Santos^{2,3}, María Rodrigo Moya^{2,3}, Khalid Draoui¹, Menta Ballesteros^{2,4}, A. Rabdel Ruiz-Salvador^{3,4}

¹ Laboratory of Materials Engineering and Sustainable Energy (IMED-LAB) Faculty of Science, Abdelmalek Essaadi University, Tetouan, Morocco

² Departamento de Biología Molecular e Ingeniería Bioquímica, Universidad Pablo de Olavide, Sevilla, España

³ Departamento de Sistemas Físicos, Químicos y Naturales Universidad Pablo de Olavide, Sevilla, España

⁴ Centro de Nanociencia y Tecnologías Sostenibles (CNATS), Universidad Pablo de Olavide, Ctra. Utrera km. 1, ES-41013, Seville, Spain

Corresponding Authors: kdraoui@uae.ac.ma, mmbalmar@upo.es, rualsal@upo.es

The contamination of water resources by emerging pollutants has become a growing environmental concern. Conventional treatment methods are often insufficient for the complete removal of such contaminants, highlighting the need for efficient and sustainable remediation strategies. Among the available approaches, adsorption using environmentally eco-friendly hybrid materials has emerged as a simple and effective technique, while advanced oxidation processes can provide complementary degradation. In this study, two types of hybrid materials were investigated: a natural clay-lignin composite and a lignin-based composite incorporating metal-organic frameworks (MOFs). The clay-lignin hybrid material was prepared using natural clay and lignin to enhance surface functionality and adsorption capacity. In parallel, lignin was combined with MOFs to obtain multifunctional composites capable of both adsorption and catalytic activity. The synthesized materials were characterized by X-ray diffraction (XRD), Brunauer-Emmett-Teller (BET), Fourier transform infrared spectroscopy (FTIR), and scanning electron microscopy (SEM). These analyses confirmed the successful integration of lignin with clay and MOF structures, leading to increased surface functionality and porosity. To evaluate the materials performance, caffeine was used as a model neutral molecule in environmental conditions. Adsorption experiments were performed under various operational conditions to evaluate the removal efficiency. The results indicate that both clay-lignin and MOF-lignin materials exhibit enhanced adsorption capacities due to the synergistic interaction between the inorganic structure and lignin functional groups. Moreover, the presence of MOFs offers additional potential for photo-Fenton degradation, enabling simultaneous adsorption and oxidative degradation of organic contaminants. These results demonstrate that lignin-based hybrid materials combining natural clay and MOFs are promising and sustainable systems for removing emerging pollutants, with added value as multifunctional materials for combined adsorption-photocatalysis in water treatment.

Keywords: MOFs, Clay, hybrid organic-inorganic materials, lignin, adsorption, photo-Fenton wastewater

Agradecimientos: European Commission (HORIZON.1.2 - Marie Skłodowska-Curie Actions VALZEO Project 101086354) y Erasmus+ KA-171 scholarship.

Biochars obtenidos de residuos de poda de olivo para la mejora de la eficiencia y estabilidad de fotocatalizadores para tratamiento de aguas

F. Romero-Sarria^{1,2}, M.D. Alcalá², N.O. Núñez¹ y M.C. Hidalgo¹

¹ Instituto de Ciencia de Materiales de Sevilla (ICMS), CSIC-Universidad de Sevilla, Americo Vespucio 49, 41092 Sevilla, España

² Dpto. de Química Inorgánica, Universidad de Sevilla, Prof. García González 1, 41012 Sevilla, España

Corresponding Author: carmen.hidalgo@csic.es

Este trabajo investiga la mejora del rendimiento fotocatalítico de heterouniones WO₃/AgBr mediante la incorporación de biochar derivado de residuos de poda de olivo. La fotocatálisis heterogénea se estudia como tecnología potencial para el tratamiento de aguas; sin embargo, semiconductores clásicos enfrentan limitaciones importantes de eficiencia por la rápida recombinación de portadores de carga y baja absorción en el espectro visible. Para superar estas limitaciones, se propone el acoplamiento de fotocatalizadores con biochars, que presentan propiedades interesantes, como una alta área superficial y elevada porosidad; además, la cantidad y tipo de grupos funcionales en su superficie pueden ajustarse mediante el control de las condiciones de pirolisis. El acoplamiento de fotocatalizadores con biochars aporta propiedades más allá de la provisión de mayor área superficial, ya que debido a su buena conductividad se puede reducir considerablemente la rápida recombinación de cargas fotogeneradas al facilitar su separación espacial. Además, los biochars pueden actuar como fotosensibilizadores, estrechando el ancho de banda y proveen de estabilidad a los sistemas (Subramaniam *et al.* (2023) J. Clean. Prod. 429, 139487).

El biochar utilizado se produjo mediante pirolisis controlada a 800 °C bajo flujo de CO₂, condiciones seleccionadas específicamente para generar un material hidrofílico y altamente poroso con un área superficial de unos 500 m²/g. Los análisis revelaron una estructura rica en grupos funcionales oxigenados y un contenido mineral significativo, destacando la presencia de CaCO₃ cristalino. Se compararon distintos porcentajes y métodos de integración del biocarbón en el sistema. Los resultados mostraron que la introducción “in situ” del biochar durante la preparación de las heterouniones logra una dispersión mucho más homogénea y un recubrimiento efectivo de las partículas de biocarbón por parte del fotocatalizador. Asimismo, análisis por DRIFTS sugirió interacciones químicas fuertes entre la plata del AgBr y el biochar, liberando sitios activos en el óxido de wolframio. (M.C. Hidalgo *et al.* (2025) Int. J. Mol. Sci. 26, 10451). En la degradación de Rodamina B, la muestra con 10% de biocarbón dobló la eficiencia del sistema sin biochar.

Esta investigación valida la valorización de residuos agrícolas para el desarrollo de materiales sostenibles y eficientes en el tratamiento de aguas.

Palabras Clave: biochar; olive pruning; photocatalysis; WO₃; AgBr

Agradecimientos: Investigación financiada por MCIN/AEI/10.13039/501100011033/FEDER (Ministerio de Ciencia e Innovación y AEI), proyecto PID2021-122413NB-I00.

Captura de contaminantes en aguas con materiales compuestos MOFs-polímeros: adsorción e intercambio iónico

Daniela Largacha-Leal^{1,2}, Jose Enrique Dominguez Santos^{1,2}, María Rodrigo-Moya^{1,2}, A. Rabdel Ruiz-Salvador^{2,3}, Menta Ballesteros^{1,3}

¹ Departamento de Biología Molecular e Ingeniería Bioquímica, Universidad Pablo de Olavide, Sevilla, España

² Departamento De Sistemas Físicos, Químicos Y Naturales Universidad Pablo de Olavide, Sevilla, España

³ Centro de Nanociencia y Tecnologías Sostenibles (CNATS), Universidad Pablo de Olavide, Ctra. Utrera km. 1, ES-41013, Seville, Spain

Corresponding Authors: rualsal@upo.es, mmbalmar@upo.es

En la sociedad actual, la presencia de contaminantes crece deliberadamente, sobrepasando los límites permitidos en los ecosistemas acuáticos, amenazando la seguridad hídrica y la salud global. Su eliminación se ha vuelto uno de los desafíos del siglo XXI. A pesar de los avances en la tecnología, los tratamientos convencionales de destrucción química se ven limitados por las bajas concentraciones de estos analitos en las matrices de agua. En este trabajo se propone realizar una etapa de preconcentración antes de su tratamiento final. El aspecto innovador de esta investigación radica en la cuantificación de las rutas de captura, analizando procesos químicos donde se combinan mecanismos de adsorción física en los poros con un intercambio iónico específico en los centros metálicos o ligandos funcionales. El MIL-100(Fe) es uno de estos materiales caracterizado por su excelente arquitectura porosa jerárquica. El uso del hierro como centro metálico aporta baja toxicidad, alineándose con los principios de la química sostenible. Se propone el diseño y síntesis de un material compuesto, que combina el MIL-100(Fe) con un soporte polimérico, en busca de mejorar la estabilidad mecánica del material y facilitar su recuperación del medio acuoso. El material fue caracterizado mediante difracción de rayos X (XRD), espectroscopía infrarroja (FTIR), microscopía electrónica de barrido (SEM) y adsorción de gases (BET). Con estos materiales compuesto se logra una reducción drástica del volumen de agua a tratar en la fase siguiente de destrucción. Los resultados indican que la optimización del intercambio iónico permite una captura selectiva incluso en presencia de iones interferentes, posicionando a estos materiales como una solución robusta para sistemas de tratamiento híbridos que buscan maximizar la eficiencia energética y la velocidad de degradación.

Keywords: MOFs, polímeros, descontaminación, adsorción, intercambio iónico

Agradecimientos: European Commission (HORIZON.1.2 - Marie Skłodowska-Curie Actions VALZEO Project 101086354) y Beca General de la Universidad Internacional de Andalucía.

Catalizadores flotantes para la eliminación de cianotoxinas en agua mediante foto-Fenton solar

M. Munoz¹, D. Ortiz¹, S. Cirés², Z.M. de Pedro¹, A. Quesada² y J.A. Casas¹

¹ Universidad Autónoma de Madrid. Dpto. Ingeniería Química. Grupo de Investigación: ÍTACA.

² Universidad Autónoma de Madrid. Dpto. Biología. Grupo de Investigación: MIFBIO.

Corresponding Author: macarena.munnoz@uam.es

Las proliferaciones masivas de cianobacterias han aumentado en frecuencia e intensidad en las últimas décadas como consecuencia del cambio climático y la eutrofización de las aguas, dando lugar a la liberación de cianotoxinas, compuestos altamente persistentes y tóxicos que suponen un riesgo significativo para los ecosistemas y la salud humana. Los tratamientos convencionales de agua presentan limitaciones para su eliminación completa, por lo que es necesario desarrollar tecnologías más eficaces. En este contexto, el proceso foto-Fenton destaca por su elevada capacidad de oxidación, aunque su aplicación se ve limitada por la necesidad de operar en condiciones ácidas y por las dificultades asociadas a la recuperación del catalizador. Los materiales fotocatalíticos flotantes emergen como una alternativa prometedora, al permitir operar en condiciones más suaves, maximizar la irradiación solar y facilitar su recuperación.

En este trabajo se desarrollaron catalizadores heterogéneos empleando dos soportes naturales de baja densidad, vermiculita y perlita, sobre los que se incorporó magnetita como fase activa. Tras evaluar su comportamiento de flotación, se seleccionó un contenido de magnetita del 10% en peso como óptimo, garantizando la estabilidad de ambos materiales en la interfase aire-agua. La actividad fotocatalítica se evaluó en la degradación de la cianotoxina cilindrospermopsina bajo irradiación solar en reactores discontinuos ($\text{pH}_0 = 5$, $[\text{H}_2\text{O}_2]_0 = 2 \text{ mg L}^{-1}$, $[\text{catalizador}] = 10 \text{ g L}^{-1}$). Ambos catalizadores lograron la eliminación completa de la cianotoxina, aunque requirieron diferentes tiempos de reacción. La perlita mostró una cinética de degradación significativamente más rápida, alcanzando la eliminación completa en menos de 60 minutos, frente a los aproximadamente 90 minutos requeridos con vermiculita. Esta diferencia se atribuye a la morfología tridimensional irregular de la perlita, que favorece una mayor exposición efectiva de la fase activa tanto a la radiación solar como al medio acuoso. Es importante destacar que, en ambos casos, la lixiviación de hierro fue prácticamente despreciable ($0,1 \text{ mg L}^{-1}$), lo que confirma el carácter predominantemente heterogéneo del proceso. En conjunto, los resultados ponen de manifiesto el papel determinante del soporte en el diseño de fotocatalizadores flotantes y destacan el potencial de estos materiales para la remediación solar de aguas contaminadas por cianotoxinas.

Palabras Clave: Cianobacterias, cianotoxinas, escalado de procesos, Fenton heterogéneo.

Agradecimientos: Este trabajo ha sido financiado por la AEI a través de los proyectos CNS2023-144453 y PID2022-139063OB-I00.

Comparativa de extractos obtenidos a partir de residuos sólidos y líquidos de la industria vitivinícola para su uso en foto-Fenton a pH moderado

J. Arévalo¹, G. Mattarello¹, M. Cerdán², A.M. Amat¹, A. Arques¹, J.A. Peres³ y L. Santos-Juanes¹

¹ Universitat Politècnica de València, Departamento de Ingeniería Textil y Papelera, Grupo de Procesos de Oxidación Avanzada. Campus de Alcoy.

² Universidad de Alicante. Departamento de Bioquímica y Biología Molecular y Edafología y Química Agrícola.

³ Centro de Química de Vila Real (CQVR), Departamento de Química, Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro (UTAD), Vila Real, Portugal.

Corresponding Author: joraraq1@epsa.upv.es

El proceso foto-Fenton constituye una alternativa eficaz para la eliminación de contaminantes en agua, aunque su aplicación a pH moderado continúa siendo un reto debido a la baja estabilidad del hierro en disolución fuera de condiciones ácidas. En este contexto, el uso de compuestos orgánicos naturales con capacidad complejante se presenta como una estrategia prometedora para mantener el hierro soluble y fotoactivo. Entre las distintas fuentes posibles, los residuos generados en la industria vitivinícola resultan especialmente interesantes por su contenido en materia orgánica y compuestos de naturaleza fenólica, así como por las posibilidades de valorización asociadas a su aprovechamiento.

En este trabajo se estudió el empleo de extractos a partir de efluentes líquidos procedentes de la elaboración de vino tinto y vino blanco, incluyendo corrientes de lavado generadas durante el proceso productivo, como agentes complejantes de hierro en sistemas foto-Fenton a pH moderado. Como referencia, su comportamiento se comparó con el de un extracto bruto obtenido a partir de residuo sólido de uva, con el objetivo de evaluar las diferencias asociadas al origen de la matriz. Los materiales se analizaron en términos de su composición global y de su capacidad para estabilizar el hierro, con el fin de relacionar sus características con su comportamiento en el proceso.

La actividad de los sistemas se evaluó mediante la degradación de una mezcla de seis contaminantes, considerando el efecto del pH, la concentración de residuo y la dosis de H₂O₂. Los resultados mostraron un comportamiento más favorable de los efluentes líquidos frente al extracto bruto procedente del residuo sólido, así como diferencias entre las corrientes asociadas a vino tinto y vino blanco, lo que confirma la influencia de la naturaleza de la matriz en la estabilidad del hierro y en la eficiencia del proceso. En conjunto, estos resultados evidencian el interés de los efluentes de la industria vitivinícola como fuente de complejantes naturales y apuntan al potencial de futuras etapas de purificación para optimizar su aplicación en procesos foto-Fenton a pH moderado.

Palabras Clave: residuos agrícolas; efluentes líquidos; foto-Fenton; agentes complejantes; polifenoles.

Agradecimientos: Los autores agradecen el apoyo financiero del programa Horizon Europe de la Unión Europea (proyecto PHENOCYCLES), así como de los proyectos IN2AQUAS (101119555). A las estructuras de investigación de la UPV por el programa FPI PREDOC UPV (Subprograma 2. Código:20250665).

Degradación simultánea de contaminantes emergentes e inactivación bacteriana mediante un sistema secuencial solar–electroquímico basado en reactores tipo raceway operado en flujo continuo

J. Herrera-Muñoz¹, A. Cabrera-Reina¹, M. García-Saavedra¹, A. Thiam², J. A. Sánchez Pérez¹, S. Miralles-Cuevas¹

¹ Universidad Almería. Dpto. de Ingeniería Química. Centro de Investigación en Energía Solar (CIESOL)

² Universidad Tecnológica Metropolitana (UTEM). Instituto Universitario de Desarrollo Tecnológico (IDT).

Corresponding Author: jhm076@ual.es

En este trabajo se estudia, por primera vez, la operación en continuo de un sistema híbrido solar/electroquímico basado en dos reactores tipo raceway pond reactor (RPR) conectados en serie. El tratamiento combina una etapa solar/H₂O₂ (RPR1 – entrada al RPR2) seguido del proceso foto-Fenton solar en el segundo reactor (RPR2 - Fe³⁺-EDDS, 0,1 mM 1:1, salida de tratamiento). Además, se compara la dosificación directa de H₂O₂ (1,5 mM) con la generación *in-situ* en una celda electroquímica en el RPR1 con La celda electroquímica utilizada se compone de un ánodo comercial de mezcla de óxidos metálicos (MMO – siglas en inglés) y un cátodo de difusión de aire. Se probaron caudales de alimentación entre 20 y 40 L/h, intensidades de corriente entre 0,5 – 1,5 A (10 – 30 mA/cm²) y diferentes modos de operación, sin la adición de electrolito soporte. El sistema fue evaluado considerando la degradación de una mezcla de CECs modelo (cafeína, sulfametacina y sulfametoxazol, 200 µg/L cada uno), así como la inactivación de indicadores microbiológicos en efluentes sintéticos (*Escherichia coli* CECT 4972) y en efluentes reales de EDAR (*E. coli*, *E. faecalis* y coliformes totales salvajes).

La operación en continuo con adición externa de H₂O₂ permitió alcanzar eliminaciones de CECs de aproximadamente un 80% y alcanzar calidad tipo B para el reúso agrícola, de acuerdo al Reglamento 741/2020 utilizando un caudal de 30 L/h. La integración electroquímica, al mismo caudal, mejoró la inactivación bacteriana, alcanzando niveles de calidad tipo A (≤10 UFC/100 mL), atribuibles a la sinergia entre el H₂O₂ electro-generado y las especies reactivas cloradas (1-2 mg/L). Los resultados demuestran la viabilidad técnica del sistema secuencial en flujo continuo y su potencial aplicación como tratamiento cuaternario.

Palabras Clave: tratamiento cuaternario; tratamientos híbridos; Directiva 3019/2024; Reutilización de aguas municipales

Agradecimientos: El Dr. Alejandro Cabrera Reina agradece la financiación obtenida a través del proyecto CNS2024-154926. La Dra. Sara Miralles Cuevas agradece el contrato Ramón y Cajal RYC2023-042474-I y el Dr. José Herrera agradece la financiación obtenida a través de la ayuda Juan de la Cierva JDC2024-053983-I ambos financiados por MCIU/AEI/10.13039/501100011033 y FSE+.

De residuos orgánicos a materiales carbonosos funcionales para la remediación ambiental

P. Marco, B. Bayarri, J. Nieto-Sandoval, P. Llopart, C. Sans

Universitat de Barcelona. Dpto. Ingeniería Química y Química Analítica. Grupo de Investigación: Ingeniería de Procesos de Oxidación Avanzada.

Corresponding Author: pmarco@ub.edu

El grupo de Ingeniería de Procesos de Oxidación Avanzada (EPOA) de la UB ha consolidado una línea estratégica orientada a la bioeconomía circular, avanzando hacia la valorización de la biomasa procedente de residuos agrícolas y lodos orgánicos. Su trabajo se centra en la obtención de materiales carbonosos funcionales —**biocarbonos** por pirólisis e **hidrocarbonos** por tratamientos hidrotermales— orientados a la remediación ambiental. Materiales que se aplican tanto a la adsorción y recuperación de recursos en aguas residuales (AR) como a su regeneración y síntesis de nuevos catalizadores heterogéneos. Estos permiten la activación de diversos oxidantes en procesos de oxidación avanzada (POAs) en el tratamiento de AR.

Los estudios realizados evidencian que el **biocarbón** activado con CO₂ alcanza elevadas capacidades de adsorción de contaminantes cuando se optimizan las condiciones de activación mediante herramientas de diseño de experimentos (<https://doi.org/10.1016/j.jece.2025.116005>). Asimismo, carbones porosos derivados de lignina activados con ácido oxálico eliminaron más del 90 % de sulfametoxazol mediante la generación de especies reactivas como oxígeno singlete y radical superóxido (<https://doi.org/10.1016/j.gce.2025.09.001>).

Los **hidrocarbonos** sintetizados a partir de estos residuos, han mostrado una capacidad de adsorción superior a la de carbones comerciales (Fig. 1) y la eliminación de más del 85 % de diversos pesticidas.

(<https://doi.org/10.1016/j.biortech.2024.130552>).

En su producción, el catalizador (H₃PO₄) y la temperatura de reacción (220 °C) fueron factores

determinantes. El grupo investiga la aplicación de estos materiales en los POAs, como la ozonización catalítica con hidrocarbón impregnado con cobalto, que mejora significativamente la degradación de contaminantes frente a la ozonización (<https://doi.org/10.1016/j.ces.2025.121612>). A su vez, se han diseñado fotocatalizadores de hidrocarbón modificados con hidrozincita que han superado la eficiencia del TiO₂-P25 en la degradación de contaminantes en la fotocatálisis (<https://doi-org.sire.ub.edu/10.1016/j.cattod.2025.115198>). El desarrollo de estos materiales impulsan la bioeconomía circular, reemplazando catalizadores comerciales por alternativas de bajo coste y menor huella ambiental.

Palabras Clave: Bioeconomía circular, biomasa, adsorción, POAs, recuperación nutrientes.

Agradecimientos: Los autores agradecen al Ministerio de Ciencia e Innovación de España (proyecto PID2023-146338OB-I00 financiado por MICIU/AEI/10.13039/501100011033 y FEDER, UE) por su apoyo económico.

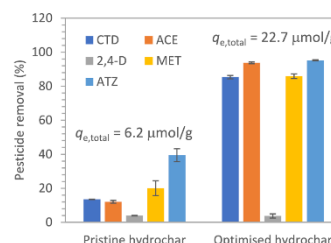


Figura 1. Adsorción de pesticidas en carbón comercial (prístina) y hidrocarbón (HC).

Desarrollo de zeolitas modificadas con hierro en forma de pellets para procesos foto-Fenton heterogéneos aplicados a la degradación de contaminantes emergentes

M. Rodrigo-Moya^{1,2}, K. Borrego³, T. Farias⁴, A. Jiménez-Rodríguez¹, A. Rabdel Ruiz-Salvador^{1,5} y M. Ballesteros Martín^{2,5}

¹ Departamento de Sistemas Físicos, Químicos y Naturales. Universidad Pablo de Olavide, Carretera de Utrera km. 1, Sevilla, España

² Departamento de Biología Molecular e Ingeniería Bioquímica. Universidad Pablo de Olavide, Carretera de Utrera km. 1, Sevilla, España

³ Facultad de Química. Universidad de la Habana, Habana, 10400, Cuba

⁴ Instituto de Ciencia y Tecnología de Materiales, Imre-Uh, Habana, 10400, Cuba

⁵ Centro de Nanociencia y Tecnologías Sostenibles (CNATS). Universidad Pablo de Olavide, Carretera de Utrera km. 1, Sevilla, España

Corresponding Authors: rruisal@upo.es; mmbalmar@upo.es

Los procesos de oxidación avanzada (POAs), especialmente el foto-Fenton, son eficaces para eliminar contaminantes emergentes, aunque en fase homogénea requieren condiciones ácidas y eliminación de hierro. Como alternativa, el foto-Fenton heterogéneo emplea catalizadores sólidos como zeolitas modificadas con metales, que facilitan su recuperación y reutilización. heterogéneos (Wang, X., et al. (2020). <https://doi.org/10.1039/D0TA04541A>); Morante, N., et al. (2025). <https://doi.org/10.1016/j.jwpe.2025.108938>). Sin embargo, durante la reacción puede producirse cierta lixiviación del metal hacia la fase acuosa, lo que puede afectar al reuso y la estabilidad del catalizador contribuyendo parcialmente a procesos homogéneos (Prieto-Laria, P., et al, (2025). <https://doi.org/10.1016/j.jece.2025.116663>). Por ello, este trabajo pretende desarrollar fotocatalizadores basados en zeolitas naturales modificadas mediante la incorporación de hierro a través de un proceso de modificación post-sintética, con el fin de generar centros activos para reacciones foto-Fenton heterogéneas minimizando la liberación de metal al medio acuoso y mejorando la estabilidad del material. Posteriormente, se han conformado en pellets mediante un proceso de peletización empleando gelificación iónica para mejorar sus propiedades mecánicas y facilitar su aplicación práctica. Los fotocatalizadores obtenidos han sido caracterizados mediante difracción de rayos X, microscopía electrónica de barrido y espectroscopía infrarroja, y se evaluaron en procesos foto-Fenton en presencia de H₂O₂ y radiación visible utilizando contaminantes emergentes como compuestos modelo. Los materiales obtenidos mostraron alta actividad fotocatalítica y estabilidad durante sucesivos ciclos de reacción, evidenciando su potencial como catalizadores heterogéneos en procesos foto-Fenton para el tratamiento de aguas con compuestos emergentes.

Palabras Clave: Zeolitas, foto-Fenton heterogéneo; lixiviación; peletización.

Agradecimientos: European Commission (HORIZON.1.2 - Marie Skłodowska-Curie Actions VALZEO Project 101086354), Agencia Andaluza de Cooperación Internacional para el Desarrollo (proyecto 2025UI022 y Ayuda PPI2501 del VI Plan Propio de Investigación y Transferencia de la Universidad Pablo de Olavide, de Sevilla).

Efecto de extractos de bagazo de uva como agentes complejantes de hierro en la degradación de cafeína mediante ultrasonidos

R. López-Timoner¹, L. Santos-Juanes¹, A. M. Amat¹, R. A. Torres-Palma² y A. Arques¹

¹ Universitat Politècnica de València, Departamento de Ingeniería Textil y Papelera, Grupo de Procesos de Oxidación Avanzada, Campus de Alcoy.

² Universidad de Antioquia, Instituto de Química, Grupo de Investigación en Remediación Ambiental y Biocatálisis, Medellín, Colombia

Corresponding Author: ruloti@epsa.upv.es

Los agentes complejantes desempeñan un papel clave en los procesos tipo Fenton cuando se busca operar a valores de pH cercanos a la neutralidad, ya que permiten estabilizar el hierro en solución y mantener su actividad catalítica en la generación de especies oxidantes responsables de la degradación de contaminantes (Valles, I., et al. (2023). Appl. Catal. B Environ., 331, 122708). Por otra parte, el uso de ultrasonidos en procesos como la sonólisis o el sono-Fenton puede favorecer la generación de especies oxidantes mediante cavitación acústica, lo que contribuye a la eliminación de contaminantes en aguas (Alanís, F., et al. (2025). Chem. Eng. Process. Process Intensif., 211, 110246).

En este estudio se evaluó el efecto de extractos obtenidos a partir de bagazo de uva como agentes complejantes en la eliminación de cafeína mediante sonicación. Los extractos se fraccionaron mediante ultrafiltración utilizando membranas con cortes de peso molecular de 150 y 300 kDa, obteniéndose fracciones enriquecidas en compuestos polifenólicos retenidos por cada membrana.

Los experimentos de sonólisis con ultrasonidos de alta frecuencia (375 kHz) lograron una degradación del 60% de la cafeína, mientras que los de baja frecuencia (40 kHz) alcanzaron solo un 10%. La irradiación con luz LED y ultrasonidos (sono-foto-Fenton) no mostró mejora en el proceso sin presencia de extracto; sin embargo, al combinarse con los extractos, se alcanzó una mayor degradación (80% con ultrasonidos de baja frecuencia). Especialmente con los extractos de 150 kDa, donde se alcanzó un 97% de degradación. Esto se atribuye a la estabilización del hierro añadido, que se compleja con el extracto formando un ligando estable a pH 5.

Estos resultados sugieren que los extractos actúan como agentes complejantes capaces de estabilizar el hierro añadido y favorecer ciclos tipo Fenton en presencia de las especies oxidantes generadas por cavitación acústica.

Palabras clave: AOP, degradación, foto-Fenton, ultrasonidos.

Agradecimientos: Estructuras de Investigación de la UPV (FPI PREDOC Subprograma 2; 20250859), Ministerio de Ciencia e Innovación (PHOTOREDVALORA; PID2024-159086OB-C32) y la Unión Europea (PHENOCYCLES; 101131420).

Eficiencia de la ozonación en la eliminación de sulfametoxazol: influencia de la transferencia de masa y del pH en el análisis cinético

N.S. González-Nogales¹, U. Duoandicoechea¹, J.I. Lombraña², N. Villota¹

¹Universidad del País Vasco UPV/EHU. Dpto. de Ingeniería Química y del Medio Ambiente. Grupo IQEEMA.

²Universidad del País Vasco UPV/EHU. Dpto. de Ingeniería Química. Grupo IQEEMA.

Corresponding Author: ji.lombrana@ehu.eus

La presencia de antibióticos como el sulfametoxazol (SMX) en aguas residuales y superficiales constituye un problema ambiental relevante debido a su persistencia y resistencia a los tratamientos convencionales. Este trabajo analiza la ozonación de SMX en un reactor semicontinuo a escala de laboratorio, evaluando la influencia de la transferencia de masa gas-líquido y del pH sobre la cinética de degradación y la eficiencia de mineralización. Se estudió un amplio rango de pH (3,1–13,3) y se monitorizaron parámetros como carbono orgánico total (TOC), aromaticidad, color y turbidez, además de la evolución del coeficiente volumétrico de transferencia de masa (k_{La} , min^{-1}) en tiempo real.

Los resultados muestran que el comportamiento de k_{La} no es estático, sino que varía durante el proceso debido a la formación de intermediarios superficiales que modifican la disponibilidad de ozono. En condiciones ácidas, la estabilidad del ozono favorece una oxidación selectiva, logrando una mayor eliminación de TOC y una reducción significativa de color y turbidez. Por el contrario, en medios alcalinos, la rápida descomposición del ozono genera radicales hidroxilo altamente reactivos, que promueven rutas de oxidación no selectivas. Aunque estas condiciones permiten una rápida desaparición del SMX, también originan productos intermedios coloreados y menos biodegradables, lo que limita la mineralización completa.

El análisis integral confirma que el pH es un parámetro crítico para optimizar la ozonación, ya que determina el equilibrio entre reacciones directas con ozono molecular y procesos mediados por radicales. Se propone una ruta mecanística que incluye la ruptura de enlaces S–N y la formación de sulfatos y nitratos como productos finales, junto con compuestos intermedios responsables de la coloración. Estos hallazgos aportan criterios prácticos para el diseño de procesos avanzados de oxidación (AOP) orientados a la eliminación eficiente de contaminantes farmacéuticos en escenarios reales, donde las condiciones operativas pueden variar significativamente.

Palabras clave: Ozonación, pH, Sulfametoxazol, Transferencia de masa, Procesos avanzados de oxidación

Agradecimientos: Este trabajo ha sido financiado por el proyecto PIBA_2023_01_0032 del Gobierno Vasco. Los autores agradecen el apoyo del Departamento de Ingeniería Química y Departamento de Ingeniería Química y del Medio Ambiente de la UPV/EHU.

Especiación del hierro en matrices salinas y mitigación de la inhibición por aniones en procesos foto-Fenton mediante uso de catecol

I. Vallés, L. Santos-Juanes, A.M. Amat y A. Arques

Universitat Politècnica de València, Departamento de Ingeniería Textil y Papelera, Grupo de Procesos de Oxidación Avanzada, Campus de Alcoy.

Corresponding Author: ivallfer@epsa.upv.es

El proceso foto-Fenton depende en gran medida de la especiación del Fe(III), ya que las especies presentes en la matriz acuosa pueden modificar su reactividad y, por tanto, la eficiencia del proceso. En matrices salinas, diversos aniones inorgánicos pueden inhibir el proceso mediante la formación de complejos poco fotoactivos o mediante la captura de radicales hidroxilo ($\cdot\text{OH}$). En este contexto, ligandos orgánicos como el catecol (CAT) pueden favorecer la formación de complejos fotoactivos capaces de mantener el hierro en disolución y promover su ciclo redox bajo irradiación. En este trabajo se estudió el efecto combinado de distintos aniones inorgánicos —fluoruro (F^-), cloruro (Cl^-), bromuro (Br^-) y borato (BO_3^{3-}), característicos del agua de mar, así como fosfato (PO_4^{3-}), frecuente en efluentes agrícolas— y del catecol sobre el proceso foto-Fenton. Para ello se empleó una mezcla de seis contaminantes como compuestos modelo (Vallés, I., et al. (2026) *Molecules* 31(1) 56); Vallés, I., et al. (2023) *App. Catal. B: Environ.* 331 122708)

Entre los aniones característicos del agua de mar, F^- y Br^- mostraron el mayor efecto inhibitorio a una concentración de 17 mM. La presencia de CAT permitió mitigar parcialmente dicha inhibición, aunque el mecanismo responsable difiere en cada caso. El fluoruro inactiva el Fe(III) mediante la formación de complejos que dificultan la regeneración de Fe(II) bajo irradiación, mientras que el bromuro actúa principalmente como captador de radicales hidroxilo, reduciendo la disponibilidad de especies oxidantes. A concentraciones más representativas de condiciones reales, la inhibición se reduce notablemente en el caso del fluoruro, mientras que el efecto del bromuro persiste. Estos resultados indican que el catecol resulta eficaz para evitar la inactivación del hierro asociada a su complejación por aniones, pero no para impedir la captura de $\cdot\text{OH}$. La generación de radicales se corroboró mediante resonancia paramagnética electrónica (EPR). Los ensayos realizados con agua de mar real demostraron la viabilidad del sistema Fe–CAT con relaciones CAT/Fe superiores a 3. En el caso de los fosfatos, se aplicó un diseño experimental Doehlert para evaluar la influencia del pH y de las relaciones CAT/Fe y $\text{PO}_4^{3-}/\text{Fe}$. Los resultados mostraron que la interferencia aumenta con la relación $\text{PO}_4^{3-}/\text{Fe}$, siendo necesarias relaciones CAT/Fe elevadas para mantener la actividad del sistema foto-Fenton. En conjunto, los resultados ponen de manifiesto que la interacción entre aniones inorgánicos y ligandos orgánicos determina la especiación del hierro y, en consecuencia, la eficiencia del proceso foto-Fenton en matrices acuosas complejas.

Palabras Clave: foto-Fenton, complejantes, aniones, efluentes reales.

Agradecimientos: Agencia Estatal de Investigación (PID2024-159086OB-C32, PhotoRedValora). I. Vallés agradece al Ministerio de Universidades (FPU21/01336).

Estudio de los mecanismos de mitigación de subproductos de desinfección en el proceso cloro-foto-Fenton solar para reúso agrícola

S. Belachqer-El Attar¹, P. Soriano-Molina¹, E. Jambrina-Hernández², P. Plaza-Bolaños², A. Agüera² y J.A. Sánchez Pérez¹

¹ Universidad de Almería. Dpto. Ingeniería Química. Centro de Investigación en Energía Solar (CIESOL)

² Universidad de Almería. Dpto. Química y física. Centro de Investigación en Energía Solar (CIESOL)

Corresponding Author: solaimabelachqer@ual.es

El presente trabajo estudia los mecanismos de formación/degradación de subproductos de desinfección (DBPs, por sus siglas en inglés) en el proceso cloro-foto-Fenton solar (CFFS). Dicha estrategia innovadora se basa en la adición concurrente de hidróxido de sodio (H_2O_2) e hipoclorito de sodio ($NaClO$), utilizando Fe^{3+} -NTA como fuente de hierro, logrando simultáneamente inactivación microbiana y eliminación de microcontaminantes mientras minimiza significativamente la formación de DBPs (DOI: 10.1016/j.scitotenv.2022.155273). Por ello, profundizar en la fenomenología de los mecanismos de aparición y degradación de estos compuestos es crucial para garantizar la seguridad del agua regenerada para reúso agrícola. Con este fin, se examinó el efecto individual y combinado de los reactivos del SCPF y la radiación solar en la formación/degradación de trihalometanos (THM) y ácidos haloacéticos (HAA), tratando efluentes secundarios reales de la estación depuradora El Toyo (Almería) bajo condiciones suaves de oxidación: 0,1 mM Fe^{3+} -NTA (5,5 mg/L Fe^{3+}), 0,73 mM H_2O_2 (25 mg/L) y $NaClO$ entre 0,13-0,39 mM (10-30 mg/L). Los ensayos se realizaron en modo discontinuo a escala de laboratorio (1 h) y posteriormente se validaron en una planta piloto de reactores tipo *raceway pond* (19 L) en continuo con 1 h de tiempo de residencia hidráulico.

Los resultados demuestran que el CFFS mitiga eficazmente los DBPs, con concentraciones de THM y HAA prácticamente despreciables frente a los límites regulados. Este potencial radica en la sinergia entre fotólisis solar y oxidación por radicales hidroxilo. La cloración convencional generó altas concentraciones de DBPs, mientras que la aplicación exclusiva de oxidantes combinados (H_2O_2 + $NaClO$) generó concentraciones similares de DBPs.

Estos hallazgos aportan conocimiento valioso sobre el comportamiento de DBPs en este proceso emergente y subrayan la necesidad de investigar otros grupos de DBPs para consolidar su escalado industrial en esquemas de regeneración de agua para reúso agrícola.

Palabras Clave: microcontaminante, desinfección, agua regenerada, radiación solar.

Agradecimientos: CAFIRA (PID2023-152519OB-I00), INACUA (PLSQ_00330), PPIT-UAL (CPUENTE2025/11).

Evaluación del ciclo de vida de sustancias tipo húmicas derivadas de residuos en el tratamiento de aguas con foto-Fenton casi neutro

G. Mattarello¹, J. Arévalo¹, L. Santos-Juanes¹, L. Ciacci², D. Cespi², F. Passarini², A. Arques¹

¹ Universitat Politècnica de València. Dpto. de Ingeniería Textil y Papelera. Grupo de Procesos de Oxidación Avanzada.

² Università di Bologna. Dpto. de Química Industrial.

Corresponding Author: gmattar@doctor.upv.es

El proceso foto-Fenton es reconocido como un proceso de oxidación avanzada eficaz para la eliminación de contaminantes emergentes (CEs) (Prieto-Rodríguez L., et al. (2013), *Catalysis Today*, 209,188-194). Sin embargo, esta reacción tiene un pH óptimo de 2.8 para evitar la precipitación del hierro, por lo que se requiere una etapa de acidificación previa y una etapa de neutralización posterior al tratamiento, lo que aumenta la complejidad del proceso, los costes y el impacto ambiental (Pesqueira J.F.J.R., et al. (2020), *Journal of Cleaner Production*, 261, 121078). En los últimos años se ha propuesto el uso de agentes complejantes en el proceso foto-Fenton para llevarlo a cabo en condiciones suaves (pH casi neutro) (Clarizia I., et al. (2017) *Appl. Catal. B: Environ.*, 209, 358-371). A diferencia de los agentes quelantes sintéticos como el EDTA (Ethylenediaminetetraacetic acid), las sustancias tipo húmicas (HLS) desde residuos orgánicos puede ofrecer una alternativa más sostenible, una hipótesis que requiere verificación. Con este fin, en este estudio se aplica el análisis del ciclo de vida (LCA) a tres escenarios de foto-Fenton para el tratamiento de aguas residuales artificiales con seis CEC: el proceso convencional operado a pH ácido y los procesos foto-Fenton a pH casi neutro mediante la adición de EDTA o de HLS. Los límites del sistema incluían el aislamiento del HLS a partir de bagazo de uva (GBR300), como residuo agroindustrial representativo, y su aplicación en un proceso foto-Fenton, para tratar 250 ml de aguas residuales artificiales con seis CEC, establecidos como unidad funcional. La comparación destaca un claro mejor desempeño ambiental para el proceso convencional de foto-Fenton ácido; aunque en estas condiciones es necesaria una preacidificación y postneutralización de los efluentes, estos pasos no tienen una influencia considerable en el impacto ambiental final. Sin embargo, para las alternativas de foto-Fenton casi neutras, la adición de agentes complejantes aumenta las cargas ambientales, principalmente debido a su producción. Aunque los extractos HLS derivados de residuos orgánicos se presentan como una alternativa sostenible a el EDTA, el estudio de LCA puntúa que los impactos ambientales asociados con la producción de GBR300 son significativos, resaltando la importancia de realizar un LCA como una herramienta clave en la toma de decisiones para implementar estas tecnologías.

Palabras Clave: Análisis de Ciclo de Vida, Proceso foto-Fenton, Sustancias tipo húmicas

Agradecimientos: Esta investigación es parte del Proyecto IN2AQUAS (n°101119555), financiado por la Unión Europea HORIZON/MSCA.

Evaluación de procesos secuenciales de reducción y oxidación con ZVI y PMS para descontaminación de aguas

A. Hernández-Zanoletty^{1,2}, I. Berruti^{1,2}, I. Oller^{2,3}, J. Plaza⁴, A. Arencibia⁴, M.J. López-Muñoz⁴

¹ Universidad de Almería, Departamento de Química y Física, Almería,

² CIESOL, Centro Mixto Universidad de Almería-CIEMAT, Almería,

³ Plataforma Solar de Almería-CIEMAT, Tabernas, Almería,

⁴ Univ. Rey Juan Carlos, Grupo de Tecnología Química y Ambiental (GIQA), Móstoles

Corresponding Author: mariajose.lopez@urjc.es y ioller@psa.es

La descontaminación de aguas residuales es un desafío prioritario debido a la creciente presencia de contaminantes persistentes derivados de actividades urbanas e industriales. La heterogeneidad química de estos compuestos, junto a su resistencia a los tratamientos convencionales en estaciones depuradoras, limita la eficacia de los procesos actualmente implantados. Incluso las tecnologías de oxidación avanzada (AOPs), reconocidas por su alta capacidad degradativa, presentan limitaciones frente a moléculas con grupos funcionales de elevada estabilidad, como sulfonas, compuestos halogenados y nitroaromáticos. Estas limitaciones justifican la necesidad de integrar etapas reductoras selectivas que permitan transformar previamente dichos contaminantes en formas más susceptibles de degradación.

En este contexto, el hierro cero valente (ZVI) se presenta como una alternativa sostenible y económicamente viable, con elevada eficiencia en procesos reductores. Paralelamente, el empleo de peroximonosulfato (PMS) como agente oxidante ha mostrado un comportamiento eficaz en condiciones tanto de oscuridad como bajo radiación solar, ofreciendo la combinación de ambos, ZVI y PMS, oportunidades para estrategias híbridas basadas en reducción y oxidación secuencial para eliminación de contaminantes recalcitrantes.

En el presente estudio se ha investigado la eficiencia de un proceso secuencial reducción-oxidación para el tratamiento de ácido p-nitrobenzoico (PNBA), seleccionado como contaminante modelo. La etapa de reducción se llevó a cabo con hierro cero-valente (ZVI). Se evaluó la influencia de variables tales como carga de catalizador, pH y condiciones anóxicas/aeróbicas, obteniendo la conversión de PNBA en ácido p-aminobenzoico (PABA). Posteriormente, el sistema se sometió a una etapa oxidativa empleando peroximonosulfato (PMS), tanto en oscuridad como con luz solar natural. Los resultados obtenidos permiten valorar el potencial de los tratamientos secuenciales basados en ZVI y PMS como herramienta avanzada para la remediación de contaminantes refractarios a procesos oxidativos.

Palabras Clave: ácido p-nitrobenzoico, ZVI, PMS

Agradecimientos: Los autores agradecen la financiación recibida a la Agencia Estatal de Investigación (AEI) y Ministerio de Ciencia e Innovación de España, a través del proyecto PHOTOREDDVALORA (PID2024-159086OB-C31 y PID2024-159086OB-C33).

Hybrid clay–MOF materials for water treatment: Adsorption and photo-Fenton degradation of emerging contaminants

Chaimaa Ahnin^{1,2}, Jose Enrique Dominguez Santos^{3,4}, María Rodrigo-Moya^{3,4}, Mohamed Hadri², Loubna Bounab¹, A. Rabdel Ruiz-Salvador^{4,5}, María de la Menta Ballesteros^{3,5}

¹ Research Group of Advanced Materials, Structures and Civil Engineering (MASGC), laboratory STIC, National School of Applied Sciences of Tetouan, Abdelmalek Essaadi University, Tetouan, Morocco

² Laboratory of Materials Engineering and sustainable Energy (IMED-LAB) Faculty of Science, Abdelmalek Essaadi University, Tetouan, Morocco

³ Departamento de Biología Molecular e Ingeniería Bioquímica, Universidad Pablo de Olavide, Sevilla, España

⁴ Departamento De Sistemas Físicos, Químicos Y Naturales Universidad Pablo de Olavide, Sevilla, España

⁵ Centro de Nanociencia y Tecnologías Sostenibles (CNATS), Universidad Pablo de Olavide, Ctra. Utrera km. 1, ES-41013, Seville, Spain

Corresponding Authors: lbounab@uae.ac.ma, rualis@upo.es, mmbaltmar@upo.es

The increasing presence of emerging contaminants in aquatic environments is a major environmental concern. Among these pollutants, pharmaceutical compounds such as caffeine are frequently detected in wastewater and surface waters. Conventional treatment processes often show limited efficiency for their removal, which highlights the need for the development of innovative and sustainable treatment materials. This work aimed to develop hybrid materials based on natural clay and metal–organic frameworks (MOFs). In the first stage, raw natural clay was evaluated as a reference adsorbent. Adsorption experiments were conducted to determine equilibrium capacity, kinetics, and adsorption mechanisms. Additional experiments including pH monitoring, ionic strength variation, and analysis of released cations were carried out to distinguish between adsorption and ion-exchange mechanisms. In a second stage, a hybrid composite material combining natural clay and the MOF ZIF-7-III was developed. The MOF was synthesized at room temperature and was characterized using X-ray diffraction (XRD), Fourier transform infrared spectroscopy (FTIR), scanning electron microscopy (SEM), and thermogravimetric analysis (TGA). The hybrid material was subsequently prepared using a mechanochemical ball-milling approach in order to promote strong interaction and homogeneous dispersion between both phases. Mild ultrasonic treatment was also explored to partially delaminate the clay structure and increase surface accessibility. The resulting hybrid materials were characterized using XRD, BET surface area analysis, SEM, FTIR, and zeta potential measurements. Their performance was evaluated through adsorption studies and photo-Fenton catalytic degradation experiments targeting emerging contaminants such as caffeine. The results showed synergistic effects between adsorption and catalytic processes, contributing to the development of efficient and sustainable materials for advanced water treatment applications.

Palabras Clave: MOF; Natural clay; Adsorption; Photo-Fenton; Emerging contaminants; Water treatment.

Agradecimientos: European Commission (HORIZON.1.2 - Marie Skłodowska-Curie Actions VALZEO Project 101086354) y Erasmus+ KA-171 scholarship.

Influencia de temperatura y salinidad en la reducción de nitrobenceno con lana de hierro ZVI en lecho fijo: estudio mediante diseño Doehlert

S. Esplugues, A. Arques, A. M. Amat, L. Santos-Juanes

Universitat Politècnica de València, Departamento de Ingeniería Textil y Papelera, Grupo de Procesos de Oxidación Avanzada. Campus de Alcoy.

Corresponding Author: sespneb@txp.upv.es

Las matrices acuosas con elevada salinidad presentan limitaciones para la aplicación de procesos oxidativos avanzados, mientras que los procesos reductivos basados en hierro cero valente (ZVI) pueden verse favorecidos bajo estas condiciones. En particular, la presencia de cloruros puede promover fenómenos de corrosión localizada y despasivación del hierro, incrementando su reactividad.

Por otra parte, la temperatura puede influir en estos procesos no solo a través de la cinética de reducción, sino también favoreciendo la despasivación de la superficie del ZVI, mejorando la transferencia de materia desde el seno de la disolución hacia la superficie reactiva y facilitando el consumo de oxígeno disuelto, lo que conduce al establecimiento de condiciones más anóxicas que favorecen las reacciones reductivas.

En este trabajo se estudió la degradación reductiva de nitroaromáticos mediante lana de hierro ZVI en un reactor de lecho fijo operado en recirculación. Se evaluó el efecto de la temperatura (24-50 °C) y de la concentración de cloruros (0,017-0,61 M) mediante un diseño experimental de superficie de respuesta tipo Doehlert. Los experimentos se realizaron con una disolución de nitrobenceno (0,03 mM) recirculada a través de un reactor cargado con 4 g de lana de hierro, comparando además el comportamiento del material con y sin pretratamiento ácido (HCl 0,01 M). Como variable de respuesta se consideró el tiempo necesario para alcanzar el 80 % de degradación del contaminante.

Los resultados mostraron que la temperatura es el factor dominante del proceso, acelerando la corrosión del hierro y la generación de especies reductoras. La concentración de cloruros también tuvo un efecto significativo, especialmente en la lana pretratada, debido a la despasivación superficial inducida por cloruros. Los modelos de superficie de respuesta predijeron condiciones óptimas de 0,35 M Cl^- y 44 °C para la lana pretratada, y 0,30 M Cl^- y 54 °C para la lana sin tratar.

Estos resultados aportan información relevante para el diseño y optimización de sistemas reductivos basados en ZVI para el tratamiento de aguas con elevada salinidad.

Palabras Clave: Cloruros, lana de hierro, nitrobenceno, temperatura, ZVI

Agradecimientos: Universitat Politècnica de València (PAID-01-22), Agencia Estatal de Investigación (PID2024-159086OB-C32, PhotoRedValora)

Innovación en tratamientos cuaternarios de aguas residuales para la eliminación simultánea de CECs y microorganismos mediante procesos avanzados de oxidación electroquímica/UVA-LED

J. Herrera-Muñoz, S. Miralles-Cuevas, M. García-Saavedra, J.A. Sánchez Pérez, A. Cabrera-Reina

Universidad Almería. Dpto. de Ingeniería Química. Centro de Investigación en Energía Solar (CIESOL)

Corresponding Author: jhm076@ual.es

En este trabajo se aplicó el proceso fotoelectro-Fenton (FEF) operado a pH natural, evitando así las etapas adicionales de acidificación y posterior neutralización, para la eliminación de una mezcla de CECs modelo (200 µg/L de cafeína, sulfametazina y sulfametoxazol), cuya degradación fue monitoreada por UPLC-DAD. El proceso se llevó a cabo en una planta piloto UVA-LED con un volumen total de 8 L, compuesta por dos tubos de vidrio de borosilicato, irradiados mediante tiras de LEDs UVA con intensidad regulable de hasta 28,6 W/m² (365nm). El sistema estaba compuesto por un tanque de recirculación con flujo turbulento y una celda electroquímica tipo filtro prensa equipada con ánodo comercial de mezcla de óxidos metálicos (MMO) y cátodo de difusión de aire para la electro-generación *in-situ* de H₂O₂. Se utilizó una mezcla equimolar de complejos Fe³⁺-EDDS y Fe³⁺-NTA como fuente de hierro, permitiendo operar al pH característico del efluente municipal sin necesidad de ajuste de este parámetro ni adición de electrolito soporte. Se evaluaron diferentes intensidades de radiación UVA-LED (50 – 100%), densidades de corriente (10 – 40 mA/cm²) y concentraciones de la mezcla de complejos de hierro (0,05 – 0,10 mM) en matrices simuladas, con el fin de identificar las mejores condiciones operativas para alcanzar un porcentaje de degradación mayor del 80% de la mezcla de CECs modelo y alcanzar la Calidad A para el reúso como agua de riego en términos microbiológicos.

Las condiciones más adecuadas (0,075 mM de mezcla de complejos, 30 mA/cm² y 100% de intensidad UVA-LED) fueron posteriormente validadas en efluente municipal real de la EDAR Aguas Santiago Poniente (Santiago de Chile). Se logró una degradación mayor al 80% de la mezcla de CECs y la inactivación total de coliformes totales, *Escherichia coli* y *Enterococcus faecalis* en menos de 30 min de tratamiento. Los resultados evidencian la capacidad del proceso para integrar electro-oxidación química y desinfección con mezcla de complejos de hierro en una única etapa, posicionándolo como una alternativa técnica y económicamente viable para el escalamiento de esta tecnología siguiendo los nuevos parámetros establecidos en la Directiva europea 3019/2024.

Palabras Clave: Contaminantes de preocupación emergentes, escala piloto, Fotoelectro-Fenton, Tratamientos de aguas residuales.

Agradecimientos: El Dr. José Herrera agradece la financiación obtenida a través de la ayuda Juan de la Cierva JDC2024-053983-I. El Dr. Alejandro Cabrera Reina agradece la financiación obtenida a través del proyecto CNS2024-154926. La Dra. Sara Miralles Cuevas agradece el contrato Ramón y Cajal RYC2023-042474-I y CNS2025-165498 (concedido provisional). Financiados por MCIU/AEI/10.13039/501100011033 y FSE+.

Irradiación ultravioleta de vacío (172 nm) para la degradación de cafeína: efecto de la matriz acuosa y vías radicalarias

R. López-Timoner, L. Santos-Juanes, A. M. Amat y A. Arques

Universitat Politècnica de València, Departamento de Ingeniería Textil y Papelera, Grupo de Procesos de Oxidación Avanzada, Campus de Alcoy.

Corresponding Author: ruloti@epsa.upv.es

La irradiación con ultravioleta de vacío (VUV) constituye un proceso de oxidación avanzada (AOP) capaz de generar especies reactivas del oxígeno *in situ* mediante la fotólisis del agua (Geng, C., et al. (2020). Chem. Eng. J., 383, 123145). Aunque su aplicación ha estado tradicionalmente limitada por su elevado consumo energético, el actual contexto de transición energética está favoreciendo la reconsideración de tecnologías intensivas en energía para el tratamiento de aguas. Sin embargo, su aplicación práctica está fuertemente limitada por la composición de la matriz y las condiciones operativas en efluentes reales (R. E. Cantwell, R. E., et al. (2011). Water Res., 45, 1322). Se seleccionó la cafeína como contaminante modelo y se realizaron experimentos en un sistema de flujo continuo en recirculación. La irradiación VUV se proporcionó mediante una lámpara de excímeros de xenón monocromática que emite a 172 nm.

Los resultados obtenidos muestran tasas de degradación efectivas para la cafeína en un amplio rango de concentraciones. A bajas concentraciones (1-10 mg L⁻¹) se logra una eliminación del 100% y una degradación relativa menor, pero a concentraciones elevadas (0.05-1 g L⁻¹) una eliminación absoluta mayor, aunque no total. La atmósfera (O₂ o N₂) no influyó en la degradación de la cafeína, pero afectó considerablemente a la mineralización y a la formación de H₂O₂. La composición de la matriz acuosa desempeñó un papel decisivo en la eficiencia del proceso, con menores degradaciones en matrices reales (EDAR, agua de mar y acuaponía) debido a la atenuación óptica por la matriz orgánica. La adición de dosis bajas de hierro (1 ppm) o de H₂O₂ no mejoró la degradación, mientras que con concentraciones más altas se obtuvieron rendimientos comparables a los sistemas foto-Fenton. Los experimentos con scavengers demostraron que la eliminación se debía al ·OH generado *in situ*.

Estos hallazgos demuestran que la irradiación VUV es un AOP eficaz para la degradación de contaminantes, especialmente en concentraciones bajas. Sin embargo, su rendimiento depende de la composición de la matriz del agua, lo que debe tenerse muy en cuenta para las aplicaciones prácticas de tratamiento de aguas.

Palabras clave: AOP, degradación, matriz acuosa, VUV.

Agradecimientos: Estructuras de Investigación de la UPV (FPI PREDOC Subprograma 2; 20250859), Ministerio de Ciencia e Innovación (PHOTOREDVALORA; PID2024-159086OB-C32) y la Unión Europea (PHENOCYCLES; 101131420).

Mecanismo de la fotorreducción con luz visible del ácido 4-nitrobenzoico sensibilizada por eosina Y.

C. Company-Doménech^{1,2}, A. Blazquez-Moraleja², A. Arques¹, L. Santos-Juanes¹, M. L. Marín², F. Boscá²

¹ Universitat Politècnica de València (Campus de Alcoy). Departamento de Ingeniería Textil y Papelera. Grupo de Procesos de Oxidación Avanzada.

² Universitat Politècnica de València-Agencia Estatal Consejo Superior de Investigaciones Científicas. Instituto de Tecnología Química.

Corresponding Author: carcomdo@epsa.upv.es

Los compuestos nitroaromáticos presentan una elevada resistencia a la degradación oxidativa debido a la presencia del grupo nitro, lo que dificulta su eliminación mediante procesos de oxidación avanzada. Por ello, puede resultar interesante aplicar previamente una etapa reductiva que transforme estos compuestos en derivados amino, más susceptibles a procesos oxidativos. En este contexto, la fotorreducción sensibilizada por colorantes orgánicos bajo irradiación visible constituye una estrategia prometedora para el tratamiento de este tipo de contaminantes.

En este trabajo se investigó la fotorreducción del ácido 4-nitrobenzoico (30 μM) empleando eosina Y como fotocatalizador en fase homogénea bajo irradiación con luz visible. Se evaluó el efecto de distintos parámetros operativos, incluyendo el pH, la atmósfera de reacción y la presencia de diferentes agentes sacrificantes capaces de actuar como donadores de electrones.

Los mejores resultados se obtuvieron utilizando ácido L-ascórbico como agente sacrificante en atmósfera de nitrógeno a pH 5, alcanzándose una conversión del 96 % del sustrato tras 2 horas de irradiación. Estos resultados ponen de manifiesto la importancia de eliminar el oxígeno disuelto y contar con un donante de electrones adecuado para favorecer los procesos de transferencia electrónica implicados en la reducción del grupo nitro.

Con el fin de profundizar en el mecanismo de reacción, se realizaron experimentos de fotólisis mediante destello láser y estudios de fluorimetría. Los resultados confirmaron que el estado triplete de la eosina Y constituye la especie reactiva principal en el proceso de fotorreducción. A partir del análisis de las constantes de quenching del estado triplete con los distintos reactivos presentes en el sistema, se pudo evaluar la contribución relativa de las diferentes rutas redox implicadas en el proceso global de reducción.

En conjunto, estos resultados aportan información mecanística relevante sobre la fotorreducción sensibilizada por eosina Y y contribuyen al desarrollo de estrategias fotocatalíticas basadas en luz visible para la reducción de compuestos nitroaromáticos.

Palabras clave: Eosina Y, fotorreducción, fotocatalisis, nitroaromáticos, técnicas espectroscópicas.

Agradecimientos: Agencia estatal de la investigación por el proyecto PHOTOREDVALORA (PID2021-126400OB-C31) y a la Universitat Politècnica de València por la beca de contrato predoctoral del programa para la formación de doctores FPI-Subprograma 2 (PAID-01-22).

Optimización de la dosis de hierro en el tratamiento foto-Fenton de 2,6-diclorobenzoquinona para una depuración sostenible de aguas residuales

E. Bilbao-García¹, U. Duoandiochea¹, N. Villota¹, J.I. Lombrana², M. Ortueta², M. A. Celaya², E. Acosta-Piantini³, J. Muñoz-Montero³, H. Olvera-Vargas⁴

¹ Universidad del País Vasco UPV/EHU. Dpto. de Ingeniería Química y del Medio Ambiente. Grupo IQEEMA.

² Universidad del País Vasco UPV/EHU. Dpto. de Ingeniería Química. Grupo IQEEMA.

³ Universidad Autónoma de Santo Domingo. Escuela Ingeniería Química.

⁴ Universidad Nacional Autónoma de México. Instituto de Energías Renovables.

Corresponding Author: elisabeth.bilbao@ehu.eus

La presencia de subproductos de desinfección (DBPs) en aguas potables y recreativas constituye un desafío emergente para la salud pública y la sostenibilidad ambiental. Entre ellos, la 2,6-diclorobenzoquinona (DCBQ) destaca por su elevada toxicidad, persistencia y capacidad para inducir estrés oxidativo y daño celular. Las tecnologías convencionales, como la adsorción en carbón activado o la ozonización, presentan limitaciones en la eliminación completa y pueden generar subproductos secundarios. En este contexto, los procesos avanzados de oxidación (POAs) se consolidan como alternativas eficaces, siendo el foto-Fenton uno de los más prometedores por su elevada capacidad oxidativa basada en la generación de radicales hidroxilo. Este trabajo aborda la optimización de la dosis de hierro en el tratamiento foto-Fenton para la degradación de DCBQ, con el objetivo de maximizar la eficiencia del proceso y minimizar impactos asociados, como la formación de lodos y la persistencia de intermediarios aromáticos. Los ensayos se realizaron en un reactor fotocatalítico (UV 150 W, pH 3,0, 25 °C) con una concentración inicial de DCBQ de 50,0 mg/L y H₂O₂ 1,0 mM, variando la concentración de Fe²⁺ entre 0,0 y 1,0 mg/L. Se monitorizaron parámetros clave de calidad del agua (aromaticidad, color, turbidez, oxígeno disuelto) y se aplicó modelización cinética.

Los resultados evidenciaron que la desaparición de DCBQ y la pérdida de aromaticidad siguieron un modelo de segundo orden, confirmando la naturaleza radicalaria del proceso. La dosis óptima de hierro (≈0,8 mg/L; relación molar 20:70:1 para DCBQ:H₂O₂:Fe²⁺) permitió alcanzar la completa eliminación del contaminante en 120 min, acelerando la degradación de hidroquinonas y clorofenoles intermedios y reduciendo la turbidez final a valores próximos a 1 NTU. Asimismo, se observó una correlación directa entre la optimización del hierro y la mejora en la decoloración del agua, con constantes cinéticas para el color superiores a 1,2 L·mg⁻¹·min⁻¹ en condiciones óptimas. El consumo de oxígeno disuelto reflejó la intensidad del proceso oxidativo, destacando la necesidad de balancear eficiencia y sostenibilidad. Este estudio aporta una visión integral del comportamiento del sistema foto-Fenton frente a un DBP altamente tóxico, incorporando indicadores de calidad del agua y análisis mecanístico. La identificación de la dosis óptima de hierro constituye un avance para la implementación de tecnologías ecoeficientes en el tratamiento de aguas, reduciendo riesgos asociados a la acumulación de subproductos y la generación de residuos férricos en entornos reales.

Palabras clave: Aromaticidad; foto-Fenton; 2,6-diclorobenzoquinona; procesos de oxidación avanzada.

Persulfato activado para depurar emulsiones de lavado de suelos: alta degradación de PAHs y conservación del surfactante

Y. Moreno-De La Fuente¹, M. Herráiz-Carboné², S. Cotillas¹, A. Santos¹, C. M. Domínguez¹

¹ Universidad Complutense de Madrid, Dpto de Ingeniería Química y de Materiales, INPROQUIMA. Madrid.

² Universidad Rey Juan Carlos. Dpto. de Tecnología Química, Energética y Mecánica. ESCET. Madrid.

Corresponding Author: yaimor01@ucm.es

El lavado de suelos con surfactantes permite transferir hidrocarburos aromáticos policíclicos (PAHs) desde la matriz sólida a una fase acuosa, generando efluentes complejos que requieren tratamiento antes de su reutilización. En este trabajo se evalúa la aplicación de persulfato activado térmicamente (PS-T) y alcalino-térmicamente (PS-NaOH-T) para el tratamiento de emulsiones sintéticas representativas de efluentes reales de lavado con dodecil sulfato sódico (SDS). La emulsión contenía 2,5 g L⁻¹ de SDS y una mezcla de fenantreno, antraceno, pireno y benzo[a]pireno con una concentración total inicial de PAHs de 45 mg L⁻¹.

Los resultados muestran que ambos sistemas permiten alcanzar elevadas conversiones de PAHs a temperaturas moderadas (40–60 °C). El aumento de temperatura y de la dosis de persulfato acelera la degradación, aunque a concentraciones altas disminuye la eficiencia de uso del oxidante. La reactividad observada entre los distintos PAHs no depende exclusivamente del número de anillos aromáticos, lo que evidencia la influencia de la estructura molecular y de las interacciones en el entorno micelar.

La estabilidad del surfactante se evaluó mediante medidas de tensión superficial (TS). La adición de los reactivos provoca un incremento inicial de la TS debido al aumento de la fuerza iónica del medio; sin embargo, este valor se mantiene prácticamente constante tras el proceso de oxidación durante 24 h. Este comportamiento indica una oxidación preferente de los PAHs frente al SDS y la conservación de la funcionalidad del surfactante, manteniéndose una capacidad suficiente para su reutilización.

Estos resultados ponen de manifiesto el potencial del persulfato activado como alternativa eficaz para el tratamiento de efluentes generados en el lavado de suelos contaminados con PAHs, permitiendo simultáneamente la eliminación de contaminantes y la recuperación del surfactante, lo que favorece estrategias de remediación más sostenibles y circulares.

Palabras Clave: PAHs; lavado de suelos; persulfato activado; emulsiones; reutilización de surfactantes.

Agradecimientos: Esta investigación forma parte del proyecto PID2022-137828OB-I00 (EMULREM), financiado por el MCIN/AEI/10.13039/501100011033. También se agradece el proyecto TEC-2024/ECO-69 (CARESOIL-CM), financiado por la Comunidad de Madrid. Y. Moreno-De la Fuente agradece a la Agencia Estatal de Investigación de España la concesión de la beca PREP2022-000074, financiada por MICIU/AEI/10.13039/501100011033 y FSE+.

Recuperación sostenible de fósforo combinada con foto-Fenton solar para el tratamiento terciario y cuaternario de aguas residuales

P. Soriano-Molina¹, A.F. Santos², R.C. Martins², M.J. Quina², J.L. Casas López¹, J.A. Sánchez Pérez¹

¹ University of Almería, Chemical Engineering Department, Solar Energy Research Centre (CIESOL).

² University of Coimbra, Department of Chemical Engineering, Chemical Engineering and Renewable Resources for Sustainability (CERES).

Corresponding Author: psm727@ual.es

Este trabajo presenta el diseño y la evaluación de una etapa de recuperación de fósforo (P) de aguas residuales, como tratamiento terciario, previa a la aplicación del proceso foto-Fenton, como tratamiento cuaternario, para mejorar la eficiencia de eliminación de microcontaminantes mediante oxidación avanzada y obtener nutrientes de valor añadido para su uso en agricultura.

Los ensayos de recuperación de P se realizaron en un efluente secundario de una estación depuradora de aguas residuales (EDAR) ubicada en Portugal, utilizando como adsorbente cáscara de huevo calcinada, un residuo de la industria alimentaria que puede valorizarse como material ecológico. Los ensayos se realizaron utilizando cáscara de huevo calcinada a 700 °C (CES700), con un tamaño de partícula de 0.5-1.19 mm. Se investigó el efecto de la concentración de material (0,5, 1, 2,5, 5 y 20 g/L) y la concentración inicial de P (5, 10 y 15 mg/L) al pH natural del efluente secundario, en reactores de 500 mL de capacidad a 25 °C con agitación orbital (100 rpm). Asimismo, se tomaron muestras de CES700 cargado con el P recuperado para su caracterización, y se analizó su potencial agronómico mediante ensayos de incubación de suelos. Finalmente, se llevaron a cabo ensayos de foto-Fenton solar a pH ácido con efluente secundario de EDAR sin tratar y efluente tratado con CES700, respectivamente, utilizando 5,5 mg/L de sulfato ferroso y 50 mg/L de peróxido hidrógeno. Se analizó la eliminación de benzotriazol (BZT) y acetamiprid (ACTM), como microcontaminantes modelo (200 µg/L cada uno).

Los resultados obtenidos del tratamiento terciario con 5 g/L de CES700 indicaron porcentajes de recuperación de P superiores al 80% a los 15 min de contacto con el efluente. Asimismo, se observó una mejora significativa en el rendimiento del proceso foto-Fenton, alcanzándose eliminaciones del 98% de BZT y del 82% de ACTM en 15 min, mientras que en el efluente sin tratar con CES700 solo se eliminó el 75% y 35%, respectivamente. Los ensayos de valorización agronómica demostraron que el material es altamente eficiente y estable como fuente de P para suelos arenosos. El P está potencialmente disponible de manera inmediata para las plantas, mantiene la estabilidad del suelo y presenta un bajo riesgo de lixiviación, lo que evidencia su potencial como estrategia segura y eficaz para la valorización del P recuperado de aguas residuales.

Palabras Clave: fertilizante, fosfato, microcontaminante, proceso de oxidación avanzada.

Agradecimientos: Ministerio de Ciencia, Innovación y Universidades por la ayuda de movilidad internacional José Castillejo (CAS24/00268), Fundação para a Ciência e a Tecnologia, proyecto INACUA (PLSQ_00330), financiado por la Junta de Andalucía/ FEDER, UE.

Tratamiento de aguas para la eliminación de NO_3^- utilizando el sistema ácido oxálico/ $\text{Fe}^{2+/3+}$ /UV

V.A. Hahn, A. L. García-Costa y J.A. Casas

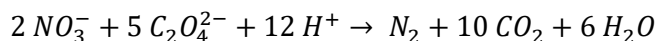
Universidad Autónoma de Madrid. Dpto. Ingeniería Química. Grupo de Investigación: ÍTACA.

Corresponding Author: jose.casas@uam.es

La presencia de nitratos en los recursos hídricos naturales constituye uno de los problemas ambientales más persistentes en España, afectando a una parte significativa de las masas de agua superficiales y subterráneas. En muchas localidades, esta contaminación compromete el suministro de agua potable, especialmente durante los meses de verano, cuando la concentración de nitratos tiende a aumentar y puede superar el límite de 50 mg/L establecido en el Real Decreto 3/2023, que regula los criterios técnico-sanitarios de la calidad del agua de consumo.

Existen distintas tecnologías que permiten la separación de los nitratos de las fuentes de agua como el intercambio iónico o la ósmosis. Estos sistemas se han desarrollado a niveles comerciales. Sin embargo, presentan como inconveniente, además de su alto coste, la generación de una corriente residual rica en nitratos. En este contexto, el trabajo que se presenta aborda el desarrollo de un proceso fotoasistido para la reducción de nitratos, presentes en el agua, orientado a su transformación en nitrógeno molecular, evitando así la generación de una corriente residual.

El proceso se basa en la descomposición catalítica fotoasistida del ácido oxálico en radicales anión CO_2^- ($\text{CO}_2^{\bullet-}$) mediante un proceso redox en los que se da una transferencia de cargas. El catalizador seleccionado es el hierro en disolución, que actúa en el ciclo $\text{Fe}^{3+}/\text{Fe}^{2+}$. Los electrones provenientes de la oxidación del oxálico a CO_2 son utilizados para la reducción de las especies nitrogenadas hasta N_2 .



Las ventajas de este proceso son múltiples, la primera de ellas es que los productos finales no son tóxicos, son gases que abandonan el proceso, el ácido oxálico se descompone en CO_2 , el NO_3^- se reduce hasta N_2 ; el hierro utilizado como catalizador no es tóxico y puede ser retirado al finalizar el proceso; el pH del medio es ácido por la adición del ácido oxálico, pero va aumentando a lo largo del proceso por el consumo de los protones del medio hasta pH neutro. El proceso es efectivo y puede aplicarse al pretratamiento de aguas que vayan destinadas a consumo.

La velocidad del proceso y la formación de posibles intermedios dependen del tipo de lámpara utilizada, su espectro de emisión en UV y flujo fotónico, así como de la selección de las condiciones de operación.

Palabras Clave: Nitratos, Procesos Fotoasistidos, Ac. Oxálico, Catalizadores de hierro.

Agradecimientos: Este trabajo ha sido financiado por la AEI a través de los proyectos PDC2021-120871-I00 y PID2022-139063OB-I00. Alicia L. García Costa agradece a la Comunidad de Madrid el contrato 2023-T1/ECO-29062.

Tratamiento de compuestos organomercuriales en disoluciones acuosas mediante fotocátalisis heterogénea

M.J. López-Muñoz^{1,2}, R. Pascual¹ y A. Arencibia³

¹ Univ. Rey Juan Carlos. Dpto. de Tecnología Química y Ambiental. Grupo de Ingeniería Química y Ambiental (GIQA)

² Univ. Rey Juan Carlos. Instituto de Tecnologías para la Sostenibilidad (ITPS)

³ Univ. Rey Juan Carlos. Dpto. de Tecnología Química, Energética y Mecánica. GIQA

Corresponding Author: mariajose.lopez@urjc.es

La contaminación de aguas subterráneas y superficiales por mercurio y sus compuestos constituye un problema ambiental persistente a escala global, debido a la elevada toxicidad de este elemento, incluso a concentraciones muy bajas. La peligrosidad del mercurio ha impulsado la implementación de normativas nacionales e internacionales cada vez más estrictas, que establecen límites rigurosos para su vertido y presencia en cuerpos de agua.

El ciclo del mercurio en los entornos acuáticos es particularmente complejo, ya que este elemento puede transformarse entre sus distintas especies químicas mediante procesos físicos, químicos y biológicos. Estas transformaciones incluyen la conversión del mercurio metálico y sus compuestos inorgánicos en especies organomercuriales. La relevancia de esta conversión radica en que la toxicidad del mercurio depende en gran medida de su forma química: los compuestos organomercuriales, como el metilmercurio o el fenilmercurio, presentan una toxicidad notablemente superior a la de las especies inorgánicas. Además, las especies orgánicas de mercurio actúan como neurotoxinas en los seres vivos, acumulándose en los tejidos y amplificándose su efecto dañino a lo largo de la cadena trófica.

En este contexto, en el presente trabajo se ha evaluado la eficiencia de la fotocátalisis heterogénea como tecnología avanzada para la eliminación de compuestos organomercuriales en matrices acuosas. El estudio se ha centrado en dos procesos clave que determinan la eficacia global del tratamiento fotocatalítico: (i) la reducción de Hg(II) hacia especies menos tóxicas y más fácilmente separables del medio acuoso mediante su inmovilización sobre el fotocatalizador, y ii) la oxidación del grupo orgánico asociado al metal, proceso indispensable para lograr una depuración completa del agua. Esta doble aproximación permite evaluar de forma integral la capacidad de la fotocátalisis para abordar el desafío que supone el tratamiento de este tipo de contaminantes complejos, de elevada peligrosidad ecotoxicológica.

Palabras Clave: Fenilmercurio, Heterogeneous Fotocátalisis, Metilmercurio.

Agradecimientos: Los autores agradecen la financiación recibida a la Agencia Estatal de Investigación (AEI) y Ministerio de Ciencia e Innovación de España, a través del proyecto PHOTOREDVALORA (PID2024-159086OB-C31).

Tratamiento foto-Fenton de partículas de desgaste de neumáticos: cinética, mecanismo y efectos con rellenos de sílice

D. Rodríguez-Llorente, J. García, M. Munoz, Z.M. de Pedro y J.A. Casas

Universidad Autónoma de Madrid. Dpto. Ingeniería Química. Grupo de Investigación: ITACA-Microwater.

Corresponding Author: diego.rodriquezl@uam.es

El presente trabajo aborda la problemática emergente de los microplásticos (MP), centrándose en las partículas de desgaste de neumáticos (TWP), consideradas una de las principales fuentes de MP en el medio ambiente. Se estima que las TWP pueden representar más del 73% de los microplásticos presentes en los ecosistemas, alcanzando las estaciones depuradoras de aguas residuales a través de la escorrentía urbana (van Os, M. F., et al. (2025). *Chemosphere*. 372, 144121). A pesar de su relevancia, los MP elastoméricos, como los cauchos han sido menos estudiados que los termoplásticos, especialmente en lo relativo a su degradación mediante procesos de oxidación avanzada (AOP).

En este contexto, el objetivo del estudio fue evaluar la degradación de partículas criomolidas de banda de rodadura (CMTT) mediante oxidación foto-Fenton. Las muestras se caracterizaron exhaustivamente siguiendo recomendaciones ISO/TS 22640, empleando técnicas como TGA, SEM, XRD, FTIR, DLS, TXRF y GC-MS. El análisis termogravimétrico permitió identificar una fracción orgánica mayoritaria asociada al caucho y aditivos, así como una fracción inorgánica residual del 30,4%, compuesta principalmente por nanopartículas funcionalizadas de sílice amorfa. Los ensayos foto-Fenton se realizaron en un fotorreactor UV-Vis bajo condiciones controladas (pH_0 3,0, 25 °C, $[\text{Fe}^{3+}]_0 = 1 \text{ mg/L}$, $[\text{H}_2\text{O}_2]_0 = 500 \text{ mg/L}$, $[\text{CMTT}]_0 = 20 \text{ mg/L}$). Tras 16 horas de reacción, se alcanzó una degradación del 87,0% de la fracción orgánica para partículas de 50-100 μm , con elevada mineralización (TOC final de 0,6 mg/L). La evolución de la concentración de partículas se describió adecuadamente mediante un modelo de partícula de tamaño constante con núcleo sin reaccionar decreciente y control difusional a través de una capa de ceniza rica en sílice, lo que se confirmó mediante SEM. En conjunto, los resultados demuestran el potencial del proceso foto-Fenton para la degradación de TWP y subrayan la influencia del tipo de relleno en la oxidación y posible impacto ambiental de estas partículas, aportando bases para futuras estrategias de tratamiento en efluentes acuáticos.

Palabras Clave: microplásticos; partículas de desgaste de banda de rodadura; foto-Fenton; AOP.

Agradecimientos: Este trabajo de investigación ha recibido el apoyo del Ministerio de Ciencia e Innovación de España y de la AEI a través de TED2021-131380B-C21 financiado por MCIN/AEI/10.13039/501100011033 y la Unión Europea NextGenerationEU/PRTR, y a través de la subvención PID2022-139063OB-I00 financiada por MCIN/AEI/10.13039/501100011033 y por el FEDER way of making Europe. Además, la contribución forma parte de la subvención JDC2023-051030-I, financiada por MCIU/AEI/10.13039/501100011033 y ESF+.

XVI CONGRESO ESPAÑOL DE TRATAMIENTO DE AGUAS

MURCIA, 10-12 JUNIO 2026

meta
Mesa Española de Tratamiento de Aguas

UNIVERSIDAD
DE MURCIA

COLQUIMUR
Colegio Oficial
de Químicos
Región de Murcia

Región
de Murcia

Facultad
de Química

ASOCIACIÓN DE
QUÍMICOS DE MURCIA
Tu asociación

f SéNeCa⁽⁺⁾
Agencia de Ciencia y Tecnología
Región de Murcia

3.- TRATAMIENTOS BIOLÓGICOS



3.- TRATAMIENTOS BIOLÓGICOS

Comunicaciones orales



Efecto de la aireación y relleno con residuo vegetal de un humedal de flujo horizontal superficial

J.A. Herrera-Melián¹, D. Benítez-Bordón¹, D. Arocha-Espiau¹, O.E. Oluwatuyi², Aya Sahi³

¹ Universidad de Las Palmas de Gran Canaria. Instituto Universitario de Estudios Ambientales y Recursos Naturales

² Federal University of Technology, Department of Microbiology, Akure, Nigeria

³ Faculty of Sciences and Techniques de Tanger (FSTT), Marruecos

Corresponding Author: josealberto.herrera@ulpgc.es

Las poblaciones pequeñas y mediadas presentan unas características propias de producción de aguas residuales, tales como altas cargas altas y variables. Los humedales se adaptan bien a estas poblaciones gracias a su fácil diseño y construcción, eficiencia, robustez y mantenimiento sencillo y barato. Sin embargo, los humedales de flujo superficial pueden favorecer la proliferación de mosquitos, lo que puede suponer un riesgo sanitario importante. Una opción es rellenarlos para convertirlos en humedales de flujo subsuperficial. Gravas y arenas son los materiales convencionales, pero su extracción del medio natural conlleva una actividad minera de gran impacto. Por lo tanto, se deben probar materiales de relleno alternativos sostenibles, como residuos agroforestales, abundantes y disponibles localmente. Otra limitación de los humedales es su gran superficie, que en muchos casos (falta de terrenos o terrenos costosos) limita su aplicabilidad. En este caso, una opción es aplicar técnicas de intensificación, tales como la aireación o la recirculación del efluente.

Este trabajo estudia los efectos de rellenar un humedal de flujo horizontal superficial a escala real con un residuo forestal (ramas de palmera) y aireación.

Los resultados indican que, en términos de porcentaje de eliminación, el relleno aumentó la de *E. coli* y coliformes totales, mientras que la combinación de relleno y aireación resultó también en una mejora significativa de las remociones de DBO₅, turbidez y amonio. Además de esto, el análisis de las cargas superficiales eliminadas indicó aumentos significativos de *E. coli* y coliformes totales con el relleno solo, así como de DBO₅, turbidez, *E. coli*, coliformes totales y amonio con la combinación de relleno y aireación. Existen escasos estudios a escala real sobre el uso de residuos forestales como sustrato y aireación, por lo que este trabajo puede servir de guía para diseños de humedales más robustos y sostenibles mejor que se adapten a los fuertes cambios de carga contaminante de las aguas residuales de las pequeñas poblaciones.

Palabras clave: agua residual, humedales, aireación, sustrato.

Agradecimientos: Consejería de Universidades, Ciencia e Innovación y Cultura del Gobierno de Canarias por la financiación del proyecto WasteSPA, ref. ProID2024010016.

Eliminación de fósforo por bacterias fototróficas púrpura en presencia de sal

A. Mosquera-Corral¹, M. González-Nanín¹, J.R. Lorenzo-Llarena¹, J.L. Campos² y A. Pedrouso¹

¹ Universidade de Santiago de Compostela. CRETUS. Grupo de Biotecnología Ambiental

² Universidad Adolfo Ibáñez. Faculty of Engineering and Sciences (Chile).

Corresponding Author: anuska.mosquera@usc.es

Las reservas de fósforo (P), elemento indispensable en la agricultura, se están reduciendo y resulta cada vez más difícil acceder a nuevas fuentes. Una fuente renovable actualmente en estudio es la de las aguas residuales. En las estaciones depuradoras de aguas residuales (EDAR) se emplean, entre otros, procesos biológicos para eliminar/recuperar el fósforo acumulado en el interior de las células bacterianas. Estos organismos acumuladores de fosfato (PAO) operan en condiciones alternantes, anaerobias (precisan de materia orgánica) y aerobias (implica consumo energético para aerar). Como proceso alternativo, se plantea el empleo de bacterias fototróficas púrpura (en concreto, las bacterias fototróficas no del azufre, PNSB) que acumulan P en ausencia de oxígeno (Hülsen, T., et al. (2014). *Water Research*, 50, 18-26) y en condiciones limitadas de materia orgánica que han sido estudiadas en cultivo puro. La aplicación de las PNSB para la eliminación de P en cultivo mixto presenta como ventaja la posibilidad de emplear residuos como sustrato y requiere más investigación para determinar el efecto de parámetros como el pH o la concentración de sales sobre el proceso.

En el presente estudio, se emplearon ensayos en discontinuo (2 L) iluminados con lámparas incandescentes de 100 W y cubiertos con filtros, que permitían el paso de longitudes de onda en torno a 850 nm, y alimentados con ácido acético como fuente de carbono orgánico. Como inóculo, se empleó un cultivo mixto enriquecido con PNSB, no adaptado a la salinidad ni a valores extremos de pH.

Se estudió el efecto de la concentración de NaCl entre 8 y 24 g/L (pH 6,5), obteniéndose menores eliminaciones de fósforo a medida que aumentaba la salinidad del medio (14 y 6 mg P/L eliminados a 0 y 8 g NaCl/L, respectivamente). A continuación, se estudió el efecto del pH, en un rango de 4,5 a 9,0 en experimentos sin salinidad. A valores de pH ácidos, las bacterias no crecieron adecuadamente. Sin embargo, se obtuvieron eliminaciones significativas en los ensayos con pH cercano a 9,0 durante la fase estacionaria de su crecimiento. Se han alcanzado eliminaciones del orden de 0,06-0,09 g P/g SSV presente, con un valor máximo de 0,14 g P/g SSV.

Palabras Clave: fósforo, PNSB, sal.

Agradecimientos: Este trabajo es parte de proyecto de I+D+i PID2023-148872OB-C21, financiado por MCIN/ AEI/10.13039/501100011033/ y "FEDER Una manera de hacer Europa.

Eliminación de microplásticos de polietileno en medios acuosos mediante *Phanerochaete chrysosporium*: efecto del tamaño y morfología de las partículas

B. Newrick, A. Martín, A. Laca, A. Laca y M. Díaz

Universidad de Oviedo. Dpto. de Ingeniería Química y Tecnología del Medio Ambiente, Grupo de Investigación: Tecnología de Bioprocesos y Reactores (TBR)

Corresponding Author: newrickbess@uniovi.es

En los últimos años, los microplásticos (MPs) han adquirido notable interés debido a su ubicuidad en el medio ambiente y a los posibles riesgos que suponen tanto para la salud humana como para los ecosistemas. Ante esta situación, resulta fundamental desarrollar estrategias de mitigación eficaces. Entre las alternativas emergentes, los enfoques biológicos, incluidos aquellos basados en el empleo de hongos, destacan como soluciones sostenibles, de bajo coste y con menor impacto ambiental para la eliminación de MPs en entornos acuáticos (Newrick, B., et al. (2025). Journal of Hazardous Materials, 485, 136822).

En este estudio se investigó la eliminación de MPs de polietileno (PE) en medio líquido mediante el hongo *Phanerochaete chrysosporium* CECT 2779. Los ensayos fueron llevados a cabo durante 12 días, siguiendo la evolución de la concentración de las partículas, los carbohidratos totales, el pH y el crecimiento fúngico, así como las posibles modificaciones químicas en la superficie de los MPs. Además, se evaluó la influencia del tamaño de las partículas y su morfología, considerando fibras y fragmentos.

Los resultados evidenciaron la capacidad de *P. chrysosporium* para retirar MPs del medio acuoso mediante la formación de pellets fúngicos capaces de retener estas partículas. Se observó un incremento de la eficiencia de eliminación con el aumento del tamaño de partícula, alcanzando valores del 95% en MPs de 500-1000 µm. Respecto a la morfología, las fibras fueron eliminadas con mayor eficacia que los fragmentos, con valores del 98% y del 91%, respectivamente, para partículas del mismo tamaño. También se observaron modificaciones en la superficie de los MPs, determinadas mediante SEM-EDS y FTIR, que se reflejaron en un aumento de la relación oxígeno-carbono (O/C) y de los índices carbonilo y vinilo, lo que sugiere procesos de biodegradación del polímero simultáneos al atrapamiento. Se muestra por tanto el potencial de *P. chrysosporium* para la eliminación de MPs de PE en entornos acuáticos, subrayando la relevancia de características como el tamaño y la morfología de las partículas en el desarrollo de estrategias eficaces para su mitigación.

Palabras Clave: Hongos, Microplásticos, *Phanerochaete chrysosporium*, Polietileno

Agradecimientos: B.A. Newrick agradece el apoyo financiero del programa de ayudas predoctorales Severo Ochoa (NAC-AT-PUB-ASV-2025 BP24-43). Este trabajo fue financiado por el Gobierno del Principado de Asturias mediante el proyecto SEK-25-GRU-GIC-24-010.

Estrategias de tratamiento de las aguas de proceso generadas en la carbonización hidrotermal de residuos biomásicos

M.P. Díez¹, J. Colín¹, L. Martínez-Sánchez¹, B. Chiguano¹, A. Muñoz-Muñoz¹, J.J. Hernández-García¹, A. Polo¹, M. Tobajas^{1,2}, M.A. de la Rubia^{1,2}, E. Díaz^{1,2}, A.F. Mohedano^{1,2}

¹ Dpto. de Ingeniería Química, Universidad Autónoma de Madrid, 28049, Madrid

² Institute for Advanced Research in Chemistry, Universidad Autónoma de Madrid, 28049, Madrid

Corresponding Author: angelf.mohedano@uam.es

La carbonización hidrotermal (HTC) de residuos biomásicos genera una corriente líquida (agua de proceso) de composición compleja, caracterizada por una elevada demanda química de oxígeno y altas concentraciones de compuestos orgánicos solubles procedentes de la degradación térmica de la biomasa. Entre estos compuestos se encuentran diversos productos intermedios y sustancias potencialmente inhibitoras, como ácidos orgánicos, furfurales, aldehídos y compuestos fenólicos, cuya presencia contribuye, a priori, a una baja biodegradabilidad del efluente y dificulta su tratamiento mediante métodos convencionales.

La digestión anaerobia se ha utilizado para aprovechar la fracción biodegradable del agua de proceso, permitiendo convertir parte de la materia orgánica en biogás, resultando necesario controlar los efectos de inhibición, ya que algunos compuestos presentes pueden afectar a la actividad metanogénica. Estrategias como la selección del inóculo o la co-digestión pueden ayudar a reducir estos efectos y mejorar la estabilidad y el rendimiento del proceso (Villamil, J.A., et al. (2020). *Renew. Energy* 146, 435-443; Suarez, E., et al. (2022). *Chemosphere*, 297, 134223; Ipiales, R.P. et al. (2024). *Environ. Res.*, 246, 118098). El reformado en fase acuosa se ha propuesto como una vía para transformar la fracción orgánica presente en estas corrientes en gases ricos en hidrógeno, aprovechando la elevada concentración de compuestos solubles generados durante la HTC. Mediante este proceso, la corriente líquida puede integrarse en esquemas de conversión energética, permitiendo simultáneamente la recuperación de energía y la reducción de su carga orgánica (Oliveira, A.S., et al. (2022). *Chem. Eng. J.*, 442, 136301). Por su parte, la fermentación acidogénica representa otra alternativa orientada a la valorización del agua de proceso, especialmente de la fracción más fácilmente biodegradable. Esta corriente puede emplearse como sustrato para la producción de biohidrógeno y ácidos grasos volátiles. Su aplicación requiere controlar la posible presencia de compuestos inhibidores y optimizar variables clave del proceso, como el pH, la temperatura, el tiempo de retención hidráulica o la velocidad de carga orgánica, con el fin de garantizar la estabilidad microbiológica y maximizar el rendimiento del proceso (Díez, M.P., et al. (2026). *Int. J. Hydrogen Energy*, 207, 153494).

Palabras Clave: aguas de proceso, digestión anaerobia, reformado en fase acuosa, fermentación acidogénica, valorización energética

Agradecimientos: MICINN (PID2022-138632OB-I00) y Comunidad de Madrid (TEC-2024/BIO-177).

Valorización biológica de suero lácteo para la producción de polihidroxicanoatos y recuperación sostenible del biopolímero

U. Fouz-Penas¹, L. Hillouc², C. Kennes¹ y M.C. Veiga¹

¹ Universidad da Coruña. Dpto. Química. BIOENGINE.

² Universidade do Minho, Guimarães. Dpto. Polymer Engineering.

Corresponding Author: m.carmen.veiga@udc.es

El uso de cultivos microbianos mixtos (MMC) para la producción de polihidroxicanoatos (PHA) se presenta como una estrategia prometedora para la valorización biológica de corrientes residuales y subproductos agroindustriales dentro del marco de la economía circular. En este trabajo se evaluó la producción de PHA a partir de suero lácteo mediante un enfoque integrado en dos etapas: (i) la generación de ácidos grasos volátiles (AGV) mediante fermentación anaerobia en un reactor biológico secuencial, y (ii) su posterior utilización como sustrato en un reactor de acumulación de PHA operado con MMC.

Adicionalmente, se investigó la recuperación sostenible del biopolímero empleando un disolvente eutéctico profundo natural (NADES) basado en timol y cumarina, como alternativa a los disolventes orgánicos convencionales. Bajo las condiciones óptimas evaluadas, se alcanzó una eficiencia de recuperación del 66%. Asimismo, se compararon distintos disolventes para la etapa de precipitación (metanol, etanol e isopropanol), observándose rendimientos similares con etanol e isopropanol, si bien este último permitió obtener un polímero de mayor pureza.

La caracterización mediante espectroscopía FTIR confirmó la presencia de los grupos funcionales característicos del PHA, mientras que los análisis térmicos (DSC y TGA) evidenciaron una adecuada estabilidad térmica del material obtenido. En conjunto, los resultados demuestran el alto potencial del suero lácteo como sustrato para la producción de PHA y destacan la viabilidad del uso de NADES como alternativa más sostenible para su recuperación, contribuyendo al desarrollo de bioprocesos más eficientes y respetuosos con el medio ambiente.

Palabras clave: Ácidos grasos volátiles, cultivos mixtos microbianos, disolventes eutécticos profundos naturales, polihidroxicanoatos, suero lácteo.

Agradecimientos: Este trabajo ha sido financiado por el Ministerio de Economía y Competitividad de España (MINECO), a través de los fondos europeos FEDER, con referencia PID2023-151067OB-I00, y por la Xunta de Galicia, a través de los Grupos de Referencia Competitiva, con referencia ED431C 2025/036.

Valorización de metano y agua de rechazo para la producción de proteínas unicelulares con bacterias metanótrofas

M. Peña-Castro, O. Casabella, J.L. Balcazar, M. Pijuan

Catalan Institute for Water Research (ICRA); Emili Grahit 101, H2O Building, 17003 Girona, Spain.

Corresponding Author: mpena@icra.cat

La transición hacia modelos productivos sostenibles requiere transformar residuos en recursos estratégicos. En este marco, el proyecto METPRO propone la valorización de corrientes residuales producidos durante el tratamiento de aguas residuales transformándolos en recursos de alto valor añadido, integrando los principios de la economía circular. METPRO plantea demostrar la producción de proteínas unicelulares (single-cell protein, SCP) a partir de un cultivo mixto de bacterias metanótrofas, capaces de oxidar metano (CH_4), un potente gas de efecto invernadero, y utilizarlo como fuente de carbono. Asimismo, se está estudiando la posibilidad de utilizar agua de rechazo procedente de un digestor anaerobio como fuente de nitrógeno. El objetivo es obtener una biomasa rica en proteínas con aplicación potencial para alimentación animal.

En el congreso META se presentarán los resultados obtenidos con un cultivo mixto de bacterias metanótrofas enriquecido a partir de lodo de depuradora. Por un lado, un primer bloque experimental ha estudiado el efecto de la composición del gas (set 1 (CH_4+O_2), set 2 (O_2+N_2) y set 3 (CH_4+N_2) y de la especie de nitrógeno (amonio o nitrato) en la producción de proteínas. Los resultados muestran que tanto la fuente de nitrógeno como la atmósfera condicionan el consumo, observándose una preferencia por el amonio en presencia de CH_4+O_2 y por el nitrato bajo condiciones de CH_4+N_2 . Asimismo, se evidenció actividad metanotrófica junto con un aumento del contenido proteico ($\sim 0,7$ g/gTSS) y un perfil de aminoácidos con calidad nutricional prometedora. Los resultados metatranscriptómicos revelaron una activación genética diferenciada en función de la fuente de nitrógeno y las condiciones atmosféricas, lo que demuestra una elevada capacidad de adaptación metabólica de estos microorganismos.

Por otro lado, un segundo bloque experimental evaluó el uso continuado de agua de rechazo como única fuente de nitrógeno para la producción de proteínas unicelulares durante 28 días. Los resultados confirmaron la viabilidad de este corriente residual como fuente alternativa de nitrógeno, evidenciando un incremento en el contenido proteico de la biomasa. Actualmente, se están analizando 80 fármacos en la fase líquida y sólida del lodo para determinar su presencia tanto en el agua de rechazo como en la biomasa final obtenida, con el objetivo de evaluar la posible acumulación de estos microcontaminantes en el producto final. Estos análisis se están llevando a cabo mediante un método desarrollado en el instituto, y los resultados se encuentran en evaluación.

Palabras Clave: Agua de rechazo, bacterias metanótrofas, fuentes de nitrógeno, metano y proteínas unicelulares.

Agradecimientos: This research is funded by AEI (Agencia Estatal de Investigación, Spanish Ministry of Science and Innovation) by Project METPRO (PID2022-136731OB-I00; MICIN/AEI/10.13039/501100011033/FEDER, EU). M. Peña-Castro acknowledges funding for her FPI fellowship (PREP2022-000782, funded by MCIN/AEI/10.13039/501100011033 and by FSE+). The authors acknowledge the support from the Economy and Knowledge Department of the Catalan Government through a Consolidated Research Group (ICRA-TECH - 2021 SGR 01283).

XVI CONGRESO ESPAÑOL DE TRATAMIENTO DE AGUAS

MURCIA, 10-12 JUNIO 2026



3.- TRATAMIENTOS BIOLÓGICOS

Comunicaciones cortas



Adaptación de *Scenedesmus almeriensis* a purines para la optimización del crecimiento y la recuperación de nutrientes en un sistema integrado en continuo

M.A. Sánchez-Muñoz, Y. Sánchez-Campoy, A. Sánchez Zurano, E. Iniesta López, A. Hernández Fernández, J. Quesada-Medina, A. Pérez de los Ríos y F. José Hernández Fernández

Universidad de Murcia. Departamento de Ingeniería Química. Green Chemical Processes Engineering.

Corresponding Author: mariaangeles.sanchezm1@um.es

La gestión de purines representa uno de los principales desafíos ambientales en zonas con alta densidad ganadera, debido a su elevada carga de nutrientes, especialmente nitrógeno amoniacal (N-NH_4^+), materia orgánica y fósforo. La aplicación directa en suelos puede provocar problemas de contaminación de aguas superficiales y subterráneas, eutrofización y emisiones de gases de efecto invernadero. En este contexto, resulta necesario desarrollar estrategias sostenibles que permitan no solo la depuración de estos residuos, sino también su valorización (Khoshnevisan, B., et al. (2021). *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 135, 110033).

En este estudio se evalúa la aclimatación de la microalga *Scenedesmus almeriensis* a concentraciones crecientes de purín porcino, utilizando como variable clave la concentración de N-NH_4^+ . El objetivo principal fue determinar la velocidad máxima de crecimiento bajo diferentes condiciones y establecer las bases para el diseño de un sistema integrado de tratamiento en continuo. El sistema propuesto combina un pretratamiento del purín mediante una pila de combustible microbiana, seguido de un reactor con microalgas. Se analizaron distintos parámetros, incluyendo absorbancia, recuento celular, eficiencia fotosintética y consumo de nutrientes, comparando además el rendimiento con el uso de fertilizantes convencionales como medio de cultivo.

Los resultados obtenidos muestran la capacidad de *S. almeriensis* para adaptarse a concentraciones elevadas de purín, manteniendo una actividad fotosintética eficiente y favoreciendo la recuperación de compuestos como N-NH_4^+ , N-NO_3^- , DQO y P-PO_4^{3-} . Asimismo, se observó una recuperación significativa de nutrientes, lo que refuerza el potencial de este sistema como alternativa sostenible para el tratamiento de residuos ganaderos.

Este trabajo contribuye al desarrollo de sistemas integrados que combinan depuración y producción de biomasa, promoviendo un enfoque de economía circular en el sector agroganadero.

Palabras Clave: economía circular, microalgas, nitrógeno, recuperación de nutrientes

Agradecimientos: Proyecto realizado con la Beca Leonardo de Investigación Científica y Creación Cultural 2024 de la Fundación BBVA. También los autores agradecen al proyecto PID2024-162882OB-I00, financiado por la Agencia Estatal de Investigación (AEI) en el marco del Programa Estatal para la Investigación y el Desarrollo Experimental. Adrián Hernández Fernández dispone de una ayuda predoctoral 21817/FPI/22 y Eduardo Iniesta López de la ayuda 22345/FPI/23, ambas concedidas por la Fundación Séneca.

¿Es la tierra arcillosa un buen sustrato para humedales?

J.A. Herrera-Melián¹, L. Lopopolo², A. Sahi³, O.E. Oluwatuyi⁴, M. J. Sánchez-García⁵, Z. Sosa-Ferrera¹ and E. Ranieri²

¹ Universidad de Las Palmas de Gran Canaria. Instituto Universitario de Estudios Ambientales y Recursos Naturales, i-Unat

² Università de gli studi di Bari "Aldo Moro", Dpto. de Biología, Italia

³ Faculty of Sciences and Techniques de Tanger (FSTT), Marruecos

⁴ Federal University of Technology, Department of Microbiology, Akure, Nigeria

⁵ Universidad de Las Palmas de Gran Canaria, Instituto de Oceanografía y Cambio Global

Corresponding Author: josealberto.herrera@ulpgc.es

Los humedales de tratamiento son Sistemas Basados en la Naturaleza especialmente adecuados para pequeñas poblaciones (< 2.000 h.e.). Básicamente constan de un sustrato, normalmente grava, plantas, microorganismos y el agua a tratar. Presentan importantes ventajas: fácil diseño y construcción, bajo coste de mantenimiento, alta eficiencia y robustez frente a oscilaciones del influente.

Sin embargo, el uso de grava conlleva un severo impacto ambiental asociado a su extracción y transporte. La tierra puede ser una alternativa más sostenible y eficiente pero presenta mayor riesgo de obturación.

Objetivo general: estudiar el efecto de la presencia de planta (*Cyperus alternifolius*) y la combinación de tierra con triturado de residuos vegetales (acolchado) sobre la obturación y eficiencia de humedales. **Material y método:** se construyeron 10 humedales de flujo vertical a pequeña escala (V: 50 L, S: 0.1 m²) con: grava, tierra, tierra+acolchados, con/sin plantas. Influyente: agua residual real, 8 L/d, 75 L/m²d. **Resultados:** i) plantas y/o acolchado retardan notablemente la obturación; ii) las plantas mejoran la eficiencia, iii) el humedal con tierra+triturado de palmera+Cyperus fue mejor (no significativo, $p > 0.05$) que el humedal de grava+Cyperus para: DBO₅ (95 % vs. 91 %), DQO (65 % vs. 54 %) y PO₄-P (70 % vs 64 %); mejor (significativo) para NH₄-N (92 % vs. 75 %); igual para TSS (97 %) y peor (no significativo) para E. coli (95 % vs. 98 %) y turbidez (84 % vs. 93 %). **Conclusión:** un sustrato con tierra+acolchado de palmera podría sustituir a la grava.

Palabras clave: agua residual, humedales de tratamiento, tierra, acolchado, *Cyperus alternifolius*

Agradecimientos: Consejería de Universidades, Ciencia e Innovación y Cultura del Gobierno de Canarias por la financiación del proyecto WasteSPA, ref. ProID2024010016.

Evaluación de la biodegradabilidad y toxicidad de líquidos iónicos utilizando técnicas respirométricas

M. Lloréns, M.I. Aguilar, J.F. Ortuño, V.F. Meseguer, A.B. Pérez-Marín y G. Blaya

Universidad de Murcia. Dpto. Ingeniería Química. Grupo de Investigación: Tecnología del Agua.

Corresponding Author: llorens@um.es

Los líquidos iónicos (ILs) son sales orgánicas sintéticas formadas exclusivamente por iones. Estos fluidos tienen una temperatura de fusión inferior a 100 °C a presión atmosférica, lo que los hace disolventes muy versátiles. Recientemente se habla de su viabilidad como sustitutos de los disolventes orgánicos tradicionales, sin embargo, se ha demostrado que muchos de los ILs tienen un cierto grado de toxicidad para el medio ambiente, en especial para el medio acuático, donde muchos de ellos son solubles.

La principal fuente de entrada de estos compuestos en el medio acuático son las aguas residuales, por lo que es interesante estudiar el efecto de algunos ILs sobre el fango activo de una EDAR. En concreto se han escogido cuatro ILs que tienen el mismo anión (bis(trifluorometilsulfonil)imida o triflimida ($[\text{NTf}_2^-]$) y cationes con diferente longitud de la cadena alquílica: 1-etil-3-metilimidazolio ($[\text{emim}^+]$), 1-butil-3-metilimidazolio ($[\text{bmim}^+]$), 1-hexil-3-metilimidazolio ($[\text{hmim}^+]$) y 1-metil-3-octilimidazolio ($[\text{omim}^+]$).

Los experimentos se realizaron en modo estático, en un respirómetro BMT de Surcis, S.L., midiéndose la velocidad de consumo de oxígeno disuelto (OUR) en el licor mezcla contenido en el vaso del respirómetro. El fango utilizado para realizar los ensayos se aireó durante 24 h para conseguir condiciones endógenas. La concentración de sólidos en suspensión volátiles del fango fue de 3 g/L.

A partir de los ensayos en modo estático se midió el OUR total y endógeno para diferentes concentraciones de los 4 ILs seleccionados. El efecto sobre la actividad de las bacterias heterótrofas se determinó por comparación con la velocidad de consumo de oxígeno de una disolución de acetato de sodio. Se realizaron ensayos con la misma concentración de acetato de sodio y diferentes concentraciones de ILs (10-100 mg/L). Para las concentraciones estudiadas, la presencia de $[\text{emim}^+][\text{NTf}_2^-]$ y $[\text{bmim}^+][\text{NTf}_2^-]$ no produjo inhibición apreciable en la actividad de los microorganismos presentes en el fango activo. En el caso de $[\text{hmim}^+][\text{NTf}_2^-]$ y $[\text{omim}^+][\text{NTf}_2^-]$, si se pudo observar una inhibición de la actividad de los microorganismos.

Para comprobar si estos compuestos pueden ser biodegradados por las bacterias heterótrofas del fango activo, se realizó una serie de experimentos en los que no se adicionó acetato de sodio. $[\text{emim}^+][\text{NTf}_2^-]$ y $[\text{bmim}^+][\text{NTf}_2^-]$ presentaron una ligera biodegradabilidad mientras que $[\text{hmim}^+][\text{NTf}_2^-]$ y $[\text{omim}^+][\text{NTf}_2^-]$ no mostraron biodegradación apreciable.

Palabras Clave: biodegradabilidad, líquidos iónicos, respirometría, toxicidad

Food industry effluents as a culture medium for cyanobacteria

A. Saénz-Ceniceros, I. Ferrer y E. Rueda

Department of Civil and Environmental Engineering (DECA), Group of Environmental Engineering and Microbiology (GEMMA), Barcelona School of Civil Engineering (ETSECCPB), Universitat Politècnica de Catalunya - BarcelonaTech (UPC), Campus Nord, Building D1, C. Jordi Girona, 1-3, 08034 Barcelona, Spain

Email: ana.saenz@upc.edu

Wastewater treatment by microalgae has been extensively investigated (Amaro, H, et al. (2023) J. Environ. Manage. 2023; 337, 117678). This process not only offers a cheaper medium for the culture, but also reduces water pollution, fixes CO₂ and can lead to the production of value-added products from microalgae (Morillas-España, A et al. (2022), Chemosphere. 291, 132968). Industrial effluents pose special interest as they can legally be considered as by-products rather than wastes, contrary to urban wastewater (Directive 2008/98/EC of the European Parliament). In this study, the growth of the cyanobacterium in effluents from plant based beverages production is assessed, as a promising effluent for the production of cyanobacterial biomass.

An initial screening was carried out to select the most appropriate effluent and cyanobacterium strain. To this end, integrated effluent samples were characterized, and different cyanobacteria were grown in 0.5 L flasks, operated in batch mode for 7 days. Five effluents from different points of the treatment plant were used, selecting the outlet effluent from the UASBR as the most suitable.

Next, the selected strain (*A. platensis*) was grown in 4L batch photobioreactors. Experimental data analysis of the growth and nutrient consumption, by fitting the models BIO_ALGAE and PHB (Solimero, A. et al., Sci. Total Environ, 601-602, 646-657; Rueda, E., Garcia, J. (2021) Sci. Total Environ., 800, 149561) suggested an optimum hydraulic retention time (HRT) of 5 and 8 days. Both HRT were explored in semi-continuous mode over a period corresponding to 3 HRT, monitoring the biomass quantity and quality, as well as the nutrient removal. With a HRT of 8 days, a constant biomass production around 0.5 g/L was obtained, in agreement with the model prediction, which corresponded to an increase of 150% with respect to the initial biomass. For the HRT of 5 days, the final biomass concentration was 0.24 g/L, meaning an increase of 100% with respect to the initial biomass concentration.

Keywords: Bioproducts, Circular bioeconomy, Food industry, Microalgae, Wastewater

Acknowledgements: Project PID2021-126564OB-C32 (Cyan2bio) and PID2024-156976OB-C21 (Photobio+) funded by MICIU/AEI/10.13039/501100011033/ and by "ERDF A way of making Europe". Scholarship PRE2022-105296 funded by MCIN/AEI /10.13039/501100011033 and by FSE+.

Gestión descentralizada de purines: evaluación comparada en biodigestores tubulares de laboratorio

M.A. de la Rubia^{1,4}, M.C. Gil^{1,2}, J. Martí-Herrero^{3,5}, E. Díaz^{1,4}, A.F. Mohedano^{1,4}

¹ Departamento de Ingeniería Química, Universidad Autónoma de Madrid, 28049, Madrid, España.

² IFAPA Centro La Mojonera, 04745 La Mojonera, Almería, España.

³ CIMNE, 08222, Terrassa, Barcelona, España.

⁴ Institute for Advanced Research in Chemistry (IAChem), Universidad Autónoma de Madrid, 28049, Madrid, España.

⁵ Biomass to Resources Group, Universidad Regional Amazónica Ikiam, Vía Tena-Muyuna, Tena, Napo, Ecuador.

Corresponding Author: angeles.delarubia@uam.es

Los biodigestores tubulares psicrófilos han sido ampliamente implementados en Latinoamérica para el tratamiento de residuos agropecuarios por su bajo coste, simplicidad constructiva y operación sin necesidad de calefacción ni agitación. Estos sistemas suelen instalarse en configuraciones semienterradas (geomembranas que integran el almacenamiento de biogás). Su viabilidad tecnológica ha sido demostrada a escala real, particularmente en el tratamiento de purines de cerdo (Garfi et al., 2016, 10.1016/j.rser.2016.01.071). Aunque en Europa prevalecen digestores de mezcla completa mesófilos, el creciente interés por el biometano, impulsado por el marco jurídico español (RD 306/2020; RD 818/2018) en términos de reducción de emisiones de NH₃, refuerza el interés por soluciones descentralizadas para el tratamiento de purines (Jaimes-Estévez et al., 2021, 10.3390/en14010151).

Este trabajo compara la operación de tres biodigestores tubulares a escala de laboratorio (7 L de volumen neto): un reactor control (R1), uno con soporte plástico (R2) y otro con astillas de madera (R3). Los reactores se operaron a 22–27 °C y TRH de 20 y 15 d, evaluando el tratamiento de purín completo frente a la fracción acuosa obtenida de su separación sólido/líquido. En los ensayos con la fracción acuosa se observó estabilidad de proceso (pH~ 8; alcalinidad > 7 g CaCO₃/L), incluso con concentraciones de nitrógeno amoniacal superiores a 1400 mg/L. Los digestores con soporte mostraron menores concentraciones de AGV en el efluente (R1: 562; R2: 324; R3: 202 mg DQO/L), mayor eliminación de SV (R2 y R3: 67,7 % vs R1: 64,2 %) y un biogás enriquecido en CH₄ (hasta 82 %). El mayor rendimiento a metano se observó en el reactor con soporte plástico (R2), con 496 ± 35 mL CH₄ STP/g SV.

Los biodigestores mostraron una elevada robustez operando a temperatura ambiente, manteniendo la estabilidad del proceso y la calidad del biogás incluso con altas cargas de nitrógeno amoniacal. La separación sólido-líquido del purín favoreció un aumento en la fracción de metano del biogás; sin embargo, el tratamiento de purín completo simplifica la logística al eliminar etapas de pretratamiento. En conjunto, los resultados destacan que la incorporación de soportes estructurales, especialmente plásticos, constituye una opción prometedora para mejorar la operatividad, la estabilidad y la producción de metano de los digestores anaerobios tubulares que tratan purines de cerdo a bajas temperaturas.

Palabras Clave: Biodigestor tubular; Biogás; Digestión anaerobia psicrófila; Purín de cerdo; Soportes estructurales.

Agradecimientos: Proyecto PP.PEI.IDF2023030.001 – AgroPuriTech (IFAPA-FEDER).

Microalgae-based systems as tertiary/quaternary treatments: influence of operational conditions

L. Bernacchioni¹, A. Morillas España², S. Belachqer El Attar², J.L. Casas López², G. Acién²

¹ University of Bologna, Department of Civil, Chemical, Environmental and Materials Engineering (DICAM)

² University of Almería, Department of Chemical Engineering, Solar Energy Research Centre (CIESOL)

Corresponding Author: laura.bernacchioni2@unibo.it

Microalgae-based technologies represent a promising alternative to conventional wastewater treatment. Wastewater provides a nutrient-rich, cost-free medium supporting biomass production while enabling resource recovery and water reclamation. However, further research is required to meet Regulation (EU) 2020/741 on water reuse and Urban Wastewater Treatment Directive (2024/3019). Therefore, this study evaluated optimal operational conditions of a microalgae system, culture depth (10 and 20 cm, corresponding to 1.4 and 2.6 m³) and dilution rate (0.1, 0.2, and 0.3 d⁻¹), on biomass productivity, nutrient removal, and pathogen inactivation. Experiments were conducted during winter in three outdoor raceway pond reactors (11.6-m² illuminated surface) treating primary urban wastewater and relying on an autochthonous microalgal bloom. The pH was maintained below 8 through CO₂ injection.

Biomass productivity was comparable at both depths and highest at 0.2 d⁻¹ (17-21 g m⁻² d⁻¹). At 10 cm, total nitrogen and total phosphorus removal efficiency exceeded 80% at all dilution rates, and nutrient removal rates increased with increasing dilution rate, whereas increasing depth significantly reduced removal. Limited pathogen removal, not meeting the water reuse standards, was achieved, suggesting the need for additional treatment. Wastewater showed initial levels of 10⁵-10⁶ CFU/100 mL for *Escherichia coli*, *Enterococcus faecalis*, and *Clostridium perfringens*, and 10⁴-10⁶ PFU/100 mL for somatic coliphages. Regardless of depth, 1-2 log reduction were attained for bacterial indicators, whereas viral indicator decreased with increasing dilution rate. However, improved pathogen removal is expected in summer due to higher solar radiation and temperature. Overall, at 10-cm depth, a dilution rate of 0.2 d⁻¹ optimizes nutrient removal and biomass productivity, while 0.1 d⁻¹ enhances bacterial and viral inactivation.

These results highlight the need to balance operational conditions according to treatment priorities and account for seasonal variability to improve the effectiveness of microalgae-based systems for water reuse.

Key words: microalgae, nutrient removal, pathogen removal, wastewater, water reuse

Acknowledgments: This work has been funded by the BBVA Foundation within the framework of the project "ALBOR: Microalgae-based solutions for resilient and circular agriculture. S. Belachqer-El Attar acknowledges PPIT-UAL for the postdoctoral contract (CPUENTE2025/11).

Obtención de ácidos grasos de cadena media a partir de corrientes residuales de la industria vitivinícola

H. Quintana-Álvarez^{1,2}, C. Reino¹, M. Carballa²

¹ CETAQUA, Water Technology Centre, A Vila da Auga, José Villar Granjel 33, E-15890, Santiago de Compostela.

² CRETUS, Department of Chemical Engineering, Universidade de Santiago de Compostela, E-15782, Santiago de Compostela.

Corresponding Author: hugo.quintana@cetaqua.com

Los ácidos grasos de cadena media (AGCM) son compuestos de alto valor con aplicaciones en las industrias química, cosmética, farmacéutica y alimentaria. Su producción mediante procesos biológicos partiendo de corrientes residuales constituye una alternativa sostenible a las rutas petroquímicas convencionales y se enmarca dentro de los conceptos de biorrefinería y economía circular. El proceso anaerobio de elongación de cadena permite convertir ácidos grasos volátiles (AGV) en AGCM empleando etanol como donador de electrones (Grootscholten, T.I.M. et al. (2014). *Applied Energy*, 116, 223–229). En este contexto, el efluente vitivinícola representa un sustrato especialmente atractivo debido a su contenido natural en etanol (Marchetti, A. et al. (2023). *Biochemical Engineering Journal*, 199, 109029) lo que posibilita la producción de AGCM sin adición externa de co-sustratos.

Este estudio evaluó la viabilidad técnica de producir AGCM a partir de un efluente de industria vitivinícola mediante un proceso de obtención de AGV y elongación de cadena en una única etapa. Los ensayos batch permitieron identificar parámetros operativos clave, como la activación del inóculo, la relación etanol/AGV y el pH. El empleo de biomasa preactivada incrementó la producción de ácido caproico hasta 4,75 g DQO/L, con rendimientos de 0,19 g DQO-AGCM/g DQO_{SUS}. Relaciones etanol/AGV más elevadas favorecieron las rutas metabólicas de elongación.

Posteriormente, la operación en continuo en un reactor agitado (9,5 L) permitió evaluar la estabilidad del proceso a distintos pH (5,5 y 7,0) y tiempos de retención hidráulica (7 y 4 días). A diferencia de los ensayos en discontinuo, la producción sostenida de AGCM requirió condiciones de pH neutro. A pH 7,0 y TRH de 7 días se alcanzó un rendimiento máximo de 0,28 g DQO-AGCM/g DQO_{SUS}, con el ácido caproico como producto mayoritario (9,5 g DQO/L) y consumo completo de etanol. La reducción del TRH provocó una disminución del rendimiento, evidenciando limitaciones cinéticas del proceso.

Estos resultados demuestran la viabilidad técnica de valorizar efluentes vitivinícolas mediante la producción de AGCM y aportan parámetros operativos relevantes para su escalado industrial.

Palabras Clave: Ácidos grasos de cadena media, Biorrefinería, Efluente vitivinícola, Elongación de cadena

Agradecimientos: Este trabajo se enmarca dentro del Centro Mixto Cigat Circular (IN853C2022/03), financiado por la Axencia Galega de Innovación y Viaqua.

Optimization and semicontinuous operation of *Scenedesmus* sp. for the treatment of raw brewery wastewater

B. Villarreal-Toribio¹, E. Greque de Moraes² y E. Uggetti¹

¹ GEMMA - Group of Environmental Engineering and Microbiology, Department of Civil and Environmental Engineering, Universitat Politècnica de Catalunya-BarcelonaTech, Jordi Girona 1-3, Building D1, 08034, Barcelona, Spain.

² Escola d'Enginyeria Agroalimentària i de Biosistemes de Barcelona, Departamento de Ingeniería Agroalimentaria y Biotecnología, Universitat Politècnica de Catalunya-BarcelonaTech, Campus del Baix Llobregat, Edificio D4. C. Esteve Terradas, 8 08860, Castelldefels, Spain.

Corresponding Author: enerica.uggetti@upc.edu

Microalgal systems in the brewing industry are traditionally relegated to a secondary 'polishing' role following anaerobic digestion to address residual nutrient loads (Amenorfenyo et al., 2019 <https://doi.org/10.3390/ijerph16111910>). However, this sequential approach fails to utilize the rich organic carbon source present in raw effluents. Our study diverges from this convention by demonstrating that raw brewery wastewater can serve as a direct primary growth medium, utilizing the organic load to drive mixotrophic productivity and achieve superior nitrogen remediation in a single biological step.

Initial batch experiments were conducted in three 4.5 L replicates over seven days to monitor microalgae-bacteria biomass growth and nutrient depletion. The resulting data were fitted to a Verhulst logistic model to predict volatile suspended solids (VSS) dynamics and determine the optimal hydraulic retention time (HRT). While the model predicted an optimal HRT of 3.2 days, a conservative HRT of 4 days was selected for the semicontinuous phase to ensure culture stability.

In the semicontinuous stage, four 4.5 L replicates were operated with daily harvesting and feeding. The system maintained stable performance for 24 days, achieving a steady-state VSS concentration of 0.76 g/L before a subsequent decline in cell concentration was observed. Nutrient removal efficiencies were significant: Total Nitrogen (TN) was reduced by 77.2%, with ammonium (NH₄⁺) removal reaching nearly 100%. Total Phosphorus (TP) and Total Organic Carbon (TOC) removal efficiencies were 47.7% and 33.8%, respectively. These results demonstrate that raw brewery wastewater can support robust microalgal-bacterial consortia, providing an effective one-step biological treatment solution. The application of the Verhulst model proved to be a reliable tool for scaling batch kinetics to continuous systems, highlighting the potential for industrial-scale wastewater valorization.

Palabras Clave: Nutrient bioremediation, Raw brewery wastewater, *Scenedesmus* sp., Semicontinuous cultivation, Verhulst model.

Agradecimientos: Grant No. PID2022-140240OB-C21 funded by MICIU/AEI/10.13039/501100011033 and by the "European Union NextGenerationEU/PRTR" and INTERREG POCTEFA financed by the European Commission (REAL-MAC EFA19/1).

**XVI CONGRESO ESPAÑOL
DE TRATAMIENTO
DE AGUAS**
MURCIA, 10-12 JUNIO 2026



3.- TRATAMIENTOS BIOLÓGICOS

Pósteres



Análisis de sostenibilidad de la co-digestión anaerobia optimizada mediante RSM de purín de cerdo y aguas residuales de matadero

M. Candel, B. Cañadas, M. Pérez y J. Fernández-Rodríguez

Universidad de Cádiz. Dpto. Tecnologías del Medio Ambiente. IVAGRO. Grupo de Investigación: TEP-181

Corresponding Author: juana.fernandez@uca.es

La optimización de procesos de co-digestión anaerobia debe ir acompañada de una evaluación de su sostenibilidad para identificar posibles limitaciones ambientales asociadas al procedimiento experimental. En este trabajo se analiza la sostenibilidad del proceso optimizado de co-digestión de purín de cerdo (PC) y aguas residuales de matadero (ARM), determinado mediante Metodología de Superficie de Respuesta (RSM) con diseño Box-Behnken. Las condiciones óptimas (pH 7.0, 43.5 °C, 75:25 PC:ARM) permitieron alcanzar 57.8 mL CH₄/g SV_{añadidos} y eliminaciones de DQO soluble superiores al 90 %, con un ajuste cinético adecuado mediante el modelo de Gompertz modificado ($R^2 = 0.9975$) (Bensegueni et al., 2025; Wang y Guo, 2024).

La sostenibilidad del procedimiento se evaluó mediante tres herramientas basadas en los principios de la química y el análisis verde: el índice AGREE (Pena-Pereira et al., 2020), que valora el grado de cumplimiento de los 12 principios de la química analítica verde; el índice BAGI (Manousi, et al., 2023), que integra criterios ambientales, de aplicabilidad práctica y de rendimiento; y la herramienta PATH2GREEN (de Souza Mesquita, et al., 2024), que examina aspectos como consumo energético, uso de reactivos, generación de residuos y seguridad operativa.

Los resultados obtenidos fueron: AGREE= 0.53 (escala 0-1), BAGI= 72.5 (escala 25-100) y Path2Green= 0.283 (escala 0-1), situando el procedimiento en un rango intermedio según las escalas de cada metodología. Los indicadores con mayor penalización se asociaron al consumo energético derivado de la incubación térmica prolongada en los ensayos BMP y del mantenimiento de condiciones termofílicas, mientras que la aplicación de RSM permitió reducir el número de experimentos respecto a diseños factoriales completos, limitando el uso de recursos y la generación de residuos.

La integración de optimización estadística y evaluación de sostenibilidad permite no solo maximizar la producción de metano, sino también identificar puntos críticos ambientales del proceso, contribuyendo a su mejora dentro de estrategias de economía circular y transición energética.

Palabras Clave: AGREE; BAGI; Co-digestión anaerobia; Path2Green; Sostenibilidad

Agradecimientos: Trabajo financiado por el proyecto PID2021-123174OB-I00 (MCIN/AEI/10.13039/25890110 UE). Los autores agradecen la ayuda predoctoral PRE2022-104937 y a Agroganadera Montesierra S.L. y Matadero Montesierra S.A. por el suministro de los sustratos.

Biorremediación aerobia de clorobenceno y benceno en un acuífero contaminado en Sabiñánigo (España): ensayo piloto de bioestimulación *in-situ* y caracterización proteogenómica de la cepa de *Pseudomonas* implicada.

Dani Salom¹, Elena Granados-Rigol^{1,2}, David Fernández-Verdejo¹, Jesica M. Soder-Walz³, Ernest Marco-Urrea¹, Paqui Blánquez¹.

¹BioremUAB, Departament d'Enginyeria Química, Biològica i Ambiental, Universitat Autònoma de Barcelona.

²EMGRISA, Empresa para la Gestión de Residuos Industriales, S.A., S.M.P., M.P

³Department of Molecular Environmental Biotechnology, Helmholtz Centre for Environmental Research-UFZ, Leipzig.
Corresponding Author: Paqui.Blanquez@uab.cat

Las aguas subterráneas del vertedero de Sardas, en Sabiñánigo (España), están fuertemente contaminadas con una mezcla de benceno, clorobencenos e isómeros del hexaclorociclohexano (HCH) como resultado del vertido de residuos procedentes de una antigua fábrica de producción de lindano. En este estudio, microcosmos en los que se utilizó agua subterránea obtenida del propio emplazamiento, mostraron el potencial intrínseco de biodegradación del acuífero en condiciones aerobias. Por ello, se llevó a cabo un ensayo piloto de bioestimulación aerobia *in-situ*, inyectando CaO₂ como compuesto liberador de oxígeno, en dos pozos del emplazamiento (PS16E, PS16E2). La concentración de los contaminantes también se monitorizó en dos pozos situados aguas abajo (PS16E3, PS16E4).

Tras cuatro semanas desde la inyección, la concentración de isómeros de HCH disminuyó un 93,4 %, 80,1 %, 75,8 % y 43,1 % en los piezómetros PS16E, PS16E2, PS16E3 y PS16E4, respectivamente. De forma similar, la suma de concentraciones de clorobencenos y benceno disminuyó un 98,3 %, 99 %, 92,5 % y 68,6 % en los piezómetros PS16E, PS16E2, PS16E3 y PS16E4, respectivamente.

La secuenciación del ARNr 16S mostró la presencia de varios géneros descritos por su capacidad para transformar benceno, clorobencenos e isómeros de HCH; sin embargo, *Pseudomonas* fue el género predominante en todos los pozos tras un mes de la inyección. Se aplicó la metodología de dilución hasta la extinción utilizando muestras procedentes de campo, y se aisló una nueva cepa, *Pseudomonas veronii* SBNG, capaz de crecer utilizando monoclorobenceno y benceno.

Los análisis proteogenómicos mostraron una expresión proteica diferenciada bajo distintas condiciones de crecimiento. Mediante la integración de la bioestimulación *in-situ*, el enriquecimiento microbiano y la caracterización proteogenómica, este estudio muestra la conexión entre el rendimiento de la biorremediación a escala de campo con los mecanismos metabólicos a escala molecular. Estos resultados aportan nuevos conocimientos sobre los procesos ecológicos y bioquímicos que gobiernan la biorremediación aerobia de contaminantes aromáticos clorados en aguas subterráneas.

Palabras Clave: bioestimulación, biorremediación aerobia, *in-situ*, lindano.

Co-digestión anaerobia termofílica de purines de cerdo y vinazas de vino: estudio de la ratio óptima

B. Cañadas, M. Candel, J. Fernández-Rodríguez, M. Pérez y D. Sales

Universidad de Cádiz. Dpto. Tecnologías del Medio Ambiente. IVAGRO. Grupo de Investigación: TEP.181

Corresponding Author: montserrat.perez@uca.es

La gestión de purines de cerdo (PC) y vinazas de vino (VV) supone un desafío ambiental debido a su elevada carga orgánica y su potencial impacto sobre suelos y aguas (Menezes *et al.*, 2024; Häner *et al.*, 2025). En este contexto, la co-digestión anaerobia (CDA) en condiciones termofílicas se presenta como una alternativa eficaz para maximizar la producción de biometano y mejorar la estabilidad del proceso (Bernal-Martínez, 2020; El Gnaoui *et al.*, 2020). Diversos estudios han demostrado que las condiciones termofílicas favorecen mayores tasas de metanogénesis y mejores rendimientos de biogás frente a las condiciones mesofílicas; no obstante, también incrementan el riesgo de inhibición por amoníaco libre (NH_3), debido al desplazamiento del equilibrio $\text{NH}_4^+/\text{NH}_3$ (Wang *et al.*, 2023).

El objetivo de este estudio fue determinar la ratio óptima Purines: Vinazas para maximizar el rendimiento metanogénico en ensayos de Potencial Metanogénico Bioquímico (BMP). Los ensayos se realizaron en reactores batch de 250 mL con un volumen útil de 120 mL. Se evaluaron cinco condiciones: purín puro, vinaza pura y mezclas 25PC:75VV, 50PC:50VV y 75PC:25VV además de un control sin sustrato. Todas las condiciones, incluido el control, se estudiaron por triplicado.

Los resultados mostraron que la mezcla 50PC:50VV presentó la mejor eficiencia, con una reducción del 53,5 % de la demanda química de oxígeno (DQO), pH estable de 8,43 y una producción específica de metano de $160 \text{ mL CH}_4 \cdot \text{gSV}^{-1}$. Las vinazas inhibieron el proceso debido a su acidez ($\text{pH} < 5$), mientras que los purines mostraron menor biodegradabilidad y producción de biogás. Las otras mezclas estudiadas mostraron rendimientos superiores a los de los sustratos individuales, pero significativamente inferiores a la proporción considerada óptima. La mejora observada en la mezcla 50PC:50VV coincide con la relevancia de equilibrar la relación C/N para reducir inhibiciones microbianas y optimizar la digestión (Wang *et al.*, 2023).

En conclusión, la co-digestión termofílica en proporción 50PC:50VV optimiza la producción de biometano y la estabilidad del proceso, constituyendo una alternativa viable para la valorización energética de estos residuos agroindustriales.

Palabras Clave: Biometano, Co-digestión anaerobia, Potencial Bioquímico de Metano, Purines de Cerdo, Vinazas de Vino.

Agradecimientos: Este trabajo forma parte del proyecto PID2021-123174OB-I00, financiado por el MCIN/AEI/10.13039/501100011033 y por el FEDER, UE. Los autores agradecen a la empresa Montesierra S.A. por el suministro de los purines de cerdo empleados en este estudio.

Nitrificación de orina no diluida: operación, control y modelización a escala piloto

Luke Hayden¹, Diaodiao Li¹, Veronica Arcas-Pilz², Jonatan Manosalva², Xavier Gabarrell², Òscar Guerrero¹, Mengqi Cheng¹, Alex Gaona¹, Laura Talens², Albert Guisasola¹ y Juan Antonio Baeza¹

¹ GENOCOV. Departament d'Enginyeria Química, Biològica i Ambiental. Escola d'Enginyeria. Universitat Autònoma de Barcelona (UAB), Bellaterra, Barcelona, España.

² SOSTENIPRA. Institut de Ciència i Tecnologia Ambientals (ICTA-UAB). Universitat Autònoma de Barcelona (UAB), Bellaterra, Barcelona, España.

Corresponding Author: Luke.Hayden@uab.cat

La orina separada en origen es una corriente atractiva para la recuperación de nutrientes, ya que contiene nitrógeno, fósforo y potasio que podrían sustituir parcialmente fertilizantes convencionales. Sin embargo, la producción de nitrato a partir de orina no diluida es compleja por la alta concentración de amonio y salinidad, la alcalinidad limitada, la variabilidad de la composición y el riesgo de inhibición por amoníaco libre (FA) y ácido nitroso libre (FNA). En este trabajo se evaluó la nitrificación a escala piloto de orina separada en origen y sin diluir en un reactor de 120 L, y se desarrolló un modelo matemático para apoyar la optimización del proceso. El reactor se inoculó con fango activado de una EDAR municipal y se operó en mezcla completa con aireación continua. El pH se controló a 7,0 mediante adición de KOH, mientras que la carga de orina en cada lote se ajustó a la capacidad de oxidación de la biomasa y el final de ciclo se identificó mediante el oxígeno disuelto. Se alcanzó una operación estable durante un año con una carga de nitrógeno de 0,33 g N/L/d, equivalente al tratamiento de unos 10 L/d de orina con 4 g N/L. Los ensayos por lotes a 20, 22, 25 y 30 °C mostraron una clara dependencia con la temperatura, con velocidades de nitrificación entre 0,196 y 0,425 g N/L/d y un máximo a 30 °C. La estrategia de control evitó la inhibición por FA y FNA y permitió la transformación completa del amonio procedente de la urea a nitrato, sin acumulación de nitrito. En paralelo, un modelo en Matlab basado en ASM2d-N2O reprodujo con gran precisión la oxidación de amonio en lotes ($R^2 = 0,9987$). Estos resultados demuestran la viabilidad de nitrificar orina no diluida a escala piloto y el potencial del modelo para optimizar la carga aplicada y evaluar futuras emisiones gaseosas, como N₂O y NO.

Palabras Clave: control; modelización matemática; nitrificación; orina; operación a escala piloto.

Agradecimientos: Proyecto DEMETER (PID2023-152508OB-I00, MCIN/AEI/10.13039/501100011033) y proyecto BINAFFET (TED2021-130047B-C21, NextGenerationEU).

Optimización de la co-digestión anaerobia de purín de cerdo y aguas residuales de matadero mediante metodología de superficie de respuesta y modelado cinético

M. Candel, B. Cañadas, M. Pérez y J. Fernández-Rodríguez

Universidad de Cádiz. Dpto. Tecnologías del Medio Ambiente. IVAGRO. Grupo de Investigación: TEP-181

Corresponding Author: juana.fernandez@uca.es

La co-digestión anaerobia de residuos agroindustriales es una estrategia sostenible para la valorización energética y la mitigación de impactos ambientales. El purín de cerdo (PC) y las aguas residuales de matadero (ARM) presentan un alto potencial metanogénico, aunque su tratamiento conjunto requiere optimización para evitar inhibiciones y maximizar la producción de metano.

En este estudio se evaluó la co-digestión anaerobia de PC y ARM mediante ensayos de potencial bioquímico de metano (BMP), aplicando la Metodología de Superficie de Respuesta (RSM) con un diseño Box–Behnken para optimizar los parámetros del proceso. Se analizaron los efectos de la temperatura (35-70 °C), el pH (7.0-8.0) y la proporción de sustratos (25-75 % v/v de purín de cerdo) sobre la producción de metano y la eliminación de materia orgánica. RSM se eligió por su robustez, interpretabilidad y eficiencia frente a modelos de inteligencia artificial más complejos (Bensegueni et al., 2025, *Sustainability*, 17(6), 2688).

De todos los factores estudiados, la temperatura resultó ser el factor más influyente, seguida de su término cuadrático y de la proporción de sustratos; el pH no mostró efecto significativo dentro del rango estudiado. Las condiciones óptimas se situaron en pH 7.0, 43.5 °C y proporción 75:25 (PC:ARM), alcanzándose una producción máxima predicha de 57.8 mL CH₄/g SV_{añadidos} y eliminaciones de DQO soluble superiores al 90 %. Operar a 70 °C provocó inhibición severa, con rendimientos inferiores a 2 mL CH₄/g SV_{añadidos}.

El análisis cinético confirmó la validez de las condiciones optimizadas, siendo el modelo de Gompertz modificado el que mejor describió la evolución temporal de la producción de metano ($R^2 = 0.9975$). Estos resultados muestran que la combinación de RSM y modelado cinético es una herramienta eficaz para optimizar sistemas de co-digestión anaerobia, aportando información relevante para futuras aplicaciones a escala piloto e industrial, especialmente en rangos térmicos intermedios poco explorados (Wang, J., Guo, X., 2024, *Biotechnology Advances*, 72, 108335).

Palabras Clave: Aguas residuales de matadero; Co-digestión anaerobia; Metodología de superficie de respuesta; Purín de cerdo; Producción de metano

Agradecimientos: Este trabajo forma parte del proyecto PID2021-123174OB-I00, financiado por el MCIN/AEI/10.13039/501100011033, por el FEDER, UE y por la I Convocatoria de Proyectos de I+D+i e Innovación Docente del Campus Bahía de Algeciras (2025, solicitud n.º 3). Los autores agradecen el apoyo recibido a través del contrato predoctoral PRE2022-104937 y a Agroganadera Montesierra S.L. y Matadero Montesierra S.A. por el suministro de los purines y las aguas residuales empleadas en el estudio.

Tratamiento y valorización energética de lactosuero mediante electro-fermentación oscura

C. de la Puente¹, T. Joglar¹, R. Mateos¹ y A. Escapa²

¹ Universidad de León. Instituto I4. Grupo de Ingeniería Química, Ambiental y Bioprocesos.

² Universidad de León. Dpto. de Ingeniería Eléctrica y Sistemas automáticos.

Corresponding Author: adrian.escapa@unileon.es

El lactosuero es un subproducto de la industria quesera cuyo elevado contenido orgánico representa un desafío ambiental. El aprovechamiento de lactosuero mediante fermentación oscura (*dark fermentation*, DF) permite producir biohidrógeno y ácidos grasos volátiles (AGVs); no obstante, sus rendimientos suelen estar limitados metabólicamente. Para superar las barreras de este proceso anaerobio, la electro-fermentación (EF) surge como una estrategia que modula el potencial redox extracelular, mejorando el rendimiento y selectividad del metabolismo microbiano (Yang, Z., et al. (2025). *Journal of Environmental Management*, 395, 127895).

Este trabajo evalúa la EF destinada al tratamiento y valorización del lactosuero para la producción de H₂ y AGVs, empleando lodo digerido como inóculo. Se plantea un diseño de superficie de respuesta (RSM) para estudiar el efecto del pH inicial y el voltaje aplicado en reactores bicamerales, en los que se integran un electrodo de trabajo (ET) y un contraelectrodo (CE) separados por una membrana de intercambio iónico.

Los resultados señalan la influencia de la polarización externa sobre las rutas metabólicas fermentativas. Se observó una producción diferencial de hidrógeno y una modificación en el perfil de AGVs en función del voltaje aplicado y el pH inicial. Específicamente, la EF a 0,8 V y pH 6 potenció la producción de los ácidos acético y butírico (Fig. 1), cuyas rutas metabólicas están asociadas a un elevado rendimiento de hidrógeno. Por tanto, la EF oscura no solo permite la recuperación energética, sino que transforma un residuo en una corriente rica en AGVs con numerosas aplicaciones.

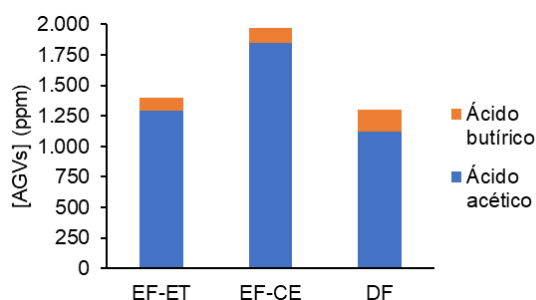


Figura 1. Concentraciones de los ácidos acético y butírico en las cámaras de ET y CE del reactor bicameral EF a pH 6 y 0,8 V, respecto a una DF convencional a pH 6 y sin voltaje.

Palabras Clave: Biohidrógeno, Electro-fermentación, Fermentación Oscura, Lactosuero, RSM.

Agradecimientos: Ayuda PID2023-147848OB-I00, financiada por MCIU/AEI/10.13039/501100011033 y por FEDER/EU. Ayuda PREP2023-001237 financiada por MCIU/AEI/10.13039/501100011033 y por FSE+.

Valorización agronómica de digestatos procedentes de la co-digestión anaerobia de purines de cerdo y vinazas de vino mediante un sistema TPAD

M. Candel, B. Cañadas, J. Fernández-Rodríguez, M. Perez y D. Sales

Universidad de Cádiz. Dpto. Tecnologías del Medio Ambiente. IVAGRO. Grupo de Investigación: TEP-181

Corresponding Author: montserrat.perez@uca.es

La gestión de purines de cerdo (PC) y vinazas de vino (VV) supone un reto ambiental por su elevada carga orgánica y potencial contaminante. La co-digestión anaerobia (CDA) operada mediante digestión anaerobia en fases de temperatura (TPAD, Temperature-Phased Anaerobic Digestion) constituye una estrategia eficaz para su valorización energética y la obtención de digestatos con interés agronómico (Sillero et al., 2021; Tena et al., 2021). El objetivo fue evaluar la calidad agronómica y sanitaria del digestato obtenido a partir de una mezcla 50:50 (v/v) de PC y VV operada bajo condiciones óptimas: 5 días de tiempo de retención hidráulico (TRH) en fase termofílica-acidogénica y 10 días de TRH en fase mesofílica-metanogénica.

El sistema mostró estabilidad y eficiencia, alcanzando eliminaciones de DQO superiores al 50% en la fase acidogénica y al 89% en la metanogénica, garantizando la estabilización de la materia orgánica. El digestato presentó pH neutro ($7,64 \pm 0,36$), alto contenido en nitrógeno amoniacal ($2,05 \pm 0,36$ g/L) y presencia relevante de P, K, Ca y Mg, confirmando su potencial como enmienda orgánica (O'Connor et al., 2024).

Desde el punto de vista sanitario, no se detectó *Salmonella* spp. y los niveles de *Escherichia coli* ($0,8 \times 10^3$ MPN/gTS) fueron inferiores a los límites normativos, permitiendo su clasificación como biosólido Clase A (Amorim Junior et al., 2021).

Los ensayos de germinación con *Lepidium sativum*, *Lactuca sativa* y *Raphanus sativus* mostraron una clara dependencia de la dilución. A concentraciones del 10–15%, el Índice de Germinación (IG) superó el 80%, mientras que concentraciones $\geq 25\%$, redujeron el IG por debajo del 50%, probablemente por efectos osmóticos y contenido en nitrógeno amoniacal (Parra-Orobio et al., 2021).

En conjunto, los resultados demuestran que el digestato producido mediante TPAD constituye una alternativa viable, segura y sostenible para su aplicación agrícola, siempre que se ajuste adecuadamente la dosis de aplicación.

Palabras Clave: Biosólido Clase A, Co-digestión anaerobia, Ensayos de Germinación, Purines de Cerdo, Vinazas de Vino.

Agradecimientos: Este trabajo forma parte del proyecto PID2021-123174OB-I00, financiado por el MCIN/AEI/10.13039/501100011033 y por el FEDER, UE. Los autores agradecen a la empresa Montesierra S.A. por el suministro de los purines de cerdo empleados en este estudio.

Valorización de la biomasa residual de *Posidonia oceánica* en el marco de una economía circular

M. Hernández-Escañó, R. Borja y F. Raposo

Instituto de la Grasa-CSIC. Dpto. de Biotecnología de los Alimentos. Grupo de Aprovechamiento de Subproductos y Tratamiento de Residuos.

Corresponding Author: fraposo@ig.csic.es

Posidonia oceanica es una planta marina endémica del Mediterráneo que forma extensas praderas submarinas esenciales para la estabilidad y biodiversidad de los ecosistemas costeros. Aunque solo cubre alrededor del 1,5% de la cuenca, su papel ecológico es crucial ya que fija sedimentos, produce oxígeno y sirve de hábitat natural a numerosas especies.

Cada otoño, sus hojas envejecidas pierden su capacidad fotosintética y grandes cantidades de biomasa llegan a las playas. Allí se acumulan, se descomponen y generan problemas ambientales y de gestión para los municipios costeros, que suelen retirar estos restos y depositarlos en vertederos, lo que conlleva un impacto ecológico negativo y un elevado coste económico. Con el tiempo, las hojas secas se compactan formando las denominadas aegagropilas, es decir, aglomerados en forma esférica y de naturaleza fibrosa que las olas devuelven a la orilla, donde finalmente se secan. Aunque constituyen un fenómeno natural, su presencia masiva plantea desafíos de gestión que requieren soluciones más sostenibles.

Este trabajo analiza la composición química de la biomasa marina generada por *Posidonia oceanica* y evalúa su impacto ambiental y socioeconómico. Asimismo, se revisan las principales estrategias de valorización propuestas para estos residuos, que incluyen su uso en alimentación animal, la obtención de compuestos bioactivos —como péptidos y polifenoles—, la producción de biocarbón, biofertilizantes y compost, así como su aplicación en la fabricación de biosorbentes, biocompuestos y materiales de construcción. También se examina su potencial para la generación de energía mediante combustión directa, procesos termoquímicos y digestión anaerobia.

Los resultados ponen de manifiesto el notable potencial de los residuos de *Posidonia oceanica* dentro de un modelo de economía circular y subrayan la necesidad de avanzar hacia prácticas de gestión más sostenibles, que reconozcan y aprovechen su valor ecológico.

Palabras clave: Aegagropilas, composición, *Posidonia oceánica*, problemática, valorización.

Agradecimientos: los autores agradecen a la Agencia Estatal de Investigación y a la Agencia Estatal CSIC la financiación de los proyectos de referencia PID2023-151811OB-I00 y PIE 202670E026, respectivamente.

Valorización de suero lácteo mediante digestión anaerobia con cultivos mixtos para la producción de ácidos grasos de cadena media

N. Otero-Logilde, A. González-Novoa, C. Kennes y M. C. Veiga

Universidade da Coruña (UDC), Facultad de Ciencias y Centro Interdisciplinar de Química y Biología (CICA).
Laboratorio de Ingeniería Química. Grupo BIOENGIN.

Corresponding Author: m.carmen.veiga@udc.es

El suero lácteo es un subproducto de la industria láctea con un gran potencial gracias a su elevada carga orgánica. El presente estudio tiene por objetivo explorar la valorización del suero en ácidos grasos de cadena media (AGCM) mediante la digestión anaerobia con cultivos mixtos.

El objetivo del estudio fue evaluar tres parámetros operacionales de un reactor biológico secuencial anaerobio: la tasa de carga orgánica, los ciclos de alimentación por día y el control del pH. Las condiciones óptimas resultaron ser una carga orgánica de 1.3 g DQO L⁻¹ d⁻¹, con dos ciclos de alimentación por día y un pH de 5.5, alcanzándose un rendimiento de AGCM de 0.55 g DQO_{AGCM} s⁻¹ y un grado de acidificación de 81 g DQO_{Total} g DQO_s⁻¹.

Un aumento en la carga orgánica a 2.7 g DQO L⁻¹ d⁻¹ provocó la acumulación de ácido láctico no consumido, incrementando la producción total pero disminuyendo el grado de acidificación (67 %). La alimentación en cuatro ciclos indujo un cambio en el perfil de ácidos grasos, pasando el ácido caprílico a ser el dominante, representando un 23 % del total del contenido en DQO. El aumento de pH hasta 6-6.2 conllevó un descenso de la concentración de AGCM hasta su desaparición y la dominancia del ácido acético (56 % de la DQO).

El análisis de la comunidad microbiana mediante secuenciación del gen 16S rRNA muestra que, bajo condiciones de producción de AGCM, predominan bacterias productoras de ácido láctico como *Olsenella* y *Leuconostoc*. Esta información sugiere la existencia de una interacción sintrófica donde el ácido láctico sirve como el donador clave de electrones para la elongación de cadena. Los principales géneros asociados con la producción de AGCM presentes son *Caproiciproducens* y *Pseudoramibacter*.

Palabras Clave: ácidos grasos de cadena media (AGCM), bacterias ácido lácticas, cultivos microbianos mixtos, polihidroxialcanoatos (PHA) y suero lácteo.

Agradecimientos: Esta investigación ha sido financiada por el Ministerio de Economía, Comercio y Empresa de España (MINECO) a través de fondos europeos FEDER, con referencia PID2023-151067OB-I00, y por la Xunta de Galicia a través de los Grupos de Referencia Competitiva, con referencia ED431C 2021/55.

XVI CONGRESO ESPAÑOL DE TRATAMIENTO DE AGUAS

MURCIA, 10-12 JUNIO 2026



4.- REUTILIZACIÓN DE AGUAS RESIDUALES REGENERADAS



**XVI CONGRESO ESPAÑOL
DE TRATAMIENTO
DE AGUAS**
MURCIA, 10-12 JUNIO 2026



4.- REUTILIZACIÓN DE AGUAS RESIDUALES REGENERADAS

Comunicaciones orales



Escalado y validación de un nuevo fotorreactor UVC-LED para la obtención de agua regenerada según el Reglamento (UE) 2020/741 y la Directiva 2024/3019

M.G. Pinna-Hernández^{1,2}, Sara Miralles Cuevas^{1,2}, I. Fernández-Gómez^{1,2}, J.L. Casas López^{1,2}, A. Agüera^{1,3}, J.A. Sánchez Pérez^{1,2}

¹Universidad de Almería. Dpto. de Ingeniería Química. Ctra. Sacramento s/n, 04120, Almería, España.

³Centro de Investigación de la Energía Solar (CIESOL). Centro mixto Universidad de Almería-CIEMAT.

³Universidad de Almería. Dpto. de Química-Física. Ctra. Sacramento s/n, 04120, Almería, España.

Corresponding Author: gpinnahernandez@ual.es

El estudio evalúa el diseño innovador de un fotorreactor basado en radiación UVC-LED (265 nm), empleando procesos de oxidación avanzada (POA) a través de dos posibles agentes oxidantes, Na₂S₂O₈ (PS) o H₂O₂. El sistema se validó para la degradación simultánea de microcontaminantes y la inactivación microbiológica en efluentes secundarios reales. Inicialmente se evaluó a escala laboratorio (Vreactor=1-2 L) y modo batch, considerando como agentes oxidantes (PS y H₂O₂), dos profundidades de líquidos (5 y 10 cm) y 5 microcontaminantes modelo (acetamiprid (ACTM), benzotriazol (BZ), carbamazepina (CB), diuron (DI) y sulfametazol (SXM). Simultáneamente, se diseñó, construyó y caracterizó hidrodinámicamente un reactor a escala piloto (56 L y 10 cm de profundidad de líquido) empleando como agitación el impulso del bombeo del agua a tratar y el agente oxidante. Además, se desarrolló una estructura de soporte específica para garantizar una distribución uniforme de la irradiancia de las lámparas UVC-LED (265 nm) y posteriormente, se validó el sistema piloto en flujo continuo a [H₂O₂] = 1,47 mM, 10 cm de profundidad de líquido y tiempos de retención hidráulica (TRH) de 30 y 45 min, respectivamente.

Los resultados mostraron que a escala de laboratorio y considerando 15 min, se obtuvo un 50% de degradación total de los microcontaminantes modelo y 0,035 min⁻¹ de constante cinética con [H₂O₂] = 1.47 mM y 10 cm de profundidad de líquido. El reactor mostró un comportamiento hidráulico intermedio entre flujo pistón y mezcla completa dependiendo del TRH, con un rendimiento robusto y reproducible. A escala piloto, los resultados mostraron degradaciones de los microcontaminantes modelo del 45% al 60%, posteriormente se evaluaron los microcontaminantes reales atendiendo a los requisitos de tratamientos cuaternarios (Directiva UE 2024/3019) obteniéndose un 81%, 94% desde el influente de la EDAR hasta la salida de tratamiento estudiado. En términos de desinfección, se alcanzó el límite de detección para *E. coli* (1 UFC/100 mL) y una reducción superior a 5 logaritmos para *C. perfringens*. Estos hallazgos validan el cumplimiento de los estándares de Calidad Clase A (Reglamento UE 2020/741) y los requisitos de tratamiento cuaternario (Directiva UE 2024/3019).

Palabras Clave: *Clostridium perfringens*, desinfección, *Escherichia coli*, microcontaminante, y reuso de aguas residuales.

Agradecimientos: Los autores agradecen la contribución al proyecto ANDROMEDA (PID2022-140875OB-C31).

Gestión inteligente del agua regenerada para uso agrícola: IRAIN

Sánchez Ramírez JE¹, Zuriaga Agustí E¹, Fernández Soriano S¹, Piñuela García F², Fallica F³, Ribera Guardia A³, Pérez P⁴, Rodríguez Rendo A⁵, Amenós Palau A⁶, Papió J⁷; Fonseca F⁷, Munuera Perez T⁸, Pavon Benito J⁹, Godia Marti M⁹

¹ Sociedad Fomento Agrícola Castellonense, S.A. (FACSA). Av. Castell Vell, 35, 12004, Castellón.

² Nealis Tech. Avenida del mar, 53, Castello, 12003, Castellón.

³ Centre Tecnològic de Catalunya (EURECAT). Plaça de la Ciència 2 - 08243 – Manresa.

⁴ AQUACORP. Impact Hub Alameda. Calle de la Alameda 22, 28014, Madrid.

⁵ Centro Avanzado Tecnologías (CATEC). Avinguda de Collserola 41, 08750, Molins de Rei (B).

⁶ Group SALTO. Polígono Industrial Cami dels Frares Calle B. Parcela 10 25191 Lleida.

⁷ AKIS International. Turó de Gardeny, 25003 Lleida.

⁸ AZUD. Pol. Ind Oeste Av. De Las Américas, P.6/6-Apdo 147Alcantarilla, Murcia 30820.

⁹ TELESPAZIO. Avenida de Manoteras, 18 Planta 5 Oficina 3 28050 – Madrid.

Corresponding Author: javieredu.sanchez@nealis.com

El proyecto iRAIN busca impulsar una gestión más inteligente, resiliente y sostenible del agua regenerada, optimizando el riego agrícola y favoreciendo la economía circular. Para ello, integra herramientas avanzadas que combinan tecnologías de tratamiento de aguas residuales, recuperación flexible de nutrientes y una plataforma digital basada en inteligencia artificial (IA), permitiendo ajustar el uso del agua a las necesidades reales de los cultivos.

El enfoque se centra en la integración de datos procedentes de **sensores, drones, robots terrestres y satélites en una plataforma digital inteligente** capaz de predecir la demanda hídrica, gestionar de forma preventiva el riego y apoyar la toma de decisiones. Con ello se mejora la eficiencia en el uso de recursos y la seguridad del agua regenerada. El sistema se ha validado en la EDAR de Pliego (Murcia) mediante un biorreactor de membranas (MBR) diseñado para conservar nutrientes aprovechables en fertirrigación. Este proceso se complementa con tecnologías de adsorción, contactores de membranas y precipitación orientadas a la recuperación de N y P en forma de biofertilizantes. Asimismo, se evaluarán procesos de oxidación avanzada (AOP) y el uso de nanoburbujas para garantizar la eliminación de patógenos y CE, cumpliendo la TARU y el nuevo Real Decreto de reutilización. La metodología incluye ensayos en laboratorio y piloto controlando la nitrificación, la evaluación de tecnologías cuaternarias y una monitorización continua del agua y del cultivo mediante sensores ópticos, análisis microbiológicos y modelos predictivos de IA. En el ámbito agronómico, el estudio se ha llevado a cabo en una parcela experimental de albaricoque, monitorizando la humedad del suelo y el estado foliar para ajustar el riego y maximizar la eficiencia.

El proyecto se articula en tres ejes: (i) regeneración de agua y recuperación de nutrientes, (ii) sistemas autónomos de monitorización y (iii) sistemas de soporte a la decisión basados en IA.

Palabras Clave: agua regenerada, EDAR, fertirrigación, Inteligencia Artificial, riego agrícola.

Agradecimientos: Se agradece la financiación del Ministerio de Ciencia, Innovación y Universidades, financiado por MCIN/AEI/10.13039/501100011033. Convocatoria Transmisiones 2023. También, a la Entidad de Saneamiento y Depuración de la Región de Murcia (ESAMUR) por la colaboración para la implantación del sistema experimental.

Integrated micro–nanobubbles system as a tertiary and quaternary treatment for wastewater: Disinfection and removal of emerging contaminants

L. Benelhadj¹, P. A. Nortes¹, J. J. Alarcón¹, A. Allende², P. Truchado², B. Masdemont³, MT. Munuera³ y L. Ponce¹

¹ Centro de Edafología y Biología Aplicada del Segura (CEBAS-CSIC). Department: Water and Plant Production.

² Centro de Edafología y Biología Aplicada del Segura (CEBAS-CSIC). Department: Food Science and Technology. Research Group: Quality, Safety and Bioactivity of Plant Foods.

³ SISTEMA AZUD, S.A.

Corresponding Author: ibenelhadj@cebas.csic.es

The presence of emerging contaminants (ECs) in aquatic environments has become an issue of growing concern due to their potential ecological and human health impacts. Conventional wastewater treatment plants (WWTPs) are not specifically designed to remove these micropollutants, allowing many of them to persist in treated effluents. In parallel, microbial contamination remains a key parameter for wastewater management and reuse. In response to these challenges, European legislation has progressively introduced stricter requirements regarding both microbiological quality and the control of micropollutants in reclaimed water (Regulation (EU) 2020/741 and Regulation (EU) 2024/3019).

Compliance with these regulations has increased the need to develop and implement advanced treatment technologies. Among the different alternatives proposed in recent years, micro–nanobubbles (MNBs) technology has attracted increasing attention due to its potential as an environmentally friendly, low-cost, and simple wastewater treatment method.

This study aims to evaluate the effectiveness of a MNBs system as an advanced wastewater treatment technology capable of simultaneously acting as a tertiary treatment for *Escherichia coli* disinfection and as a quaternary treatment for the removal of a series of ECs (mainly pharmaceutical compounds), in order to produce effluent that meets the minimum quality standards for agricultural reuse.

To assess the system, different flow rates were tested (500, 750, 1000, 2000, and 3500 L/h) by continuously recirculating a fixed volume of secondary effluent previously spiked with 200 µg/L of the selected ECs. Each complete recirculation was considered one treatment cycle, reaching a maximum of 20 cycles per flow rate.

The results indicated that lower flow rates improved treatment performance, achieving removal efficiencies above 95 % for ECs and reducing *E. coli* concentration to below 1 CFU/100 mL. Under these operating conditions, the MNBs system could contribute to meeting the microbiological requirements established in the European water reuse regulation and be in line with the removal targets for micropollutants proposed in recent European legislation.

Palabras Clave: Emerging contaminants, *Escherichia coli*, MNBs system, quaternary treatment, wastewater.

Agradecimientos: Los resultados son parte de la actuación 23029/GERM/24, financiada por FSRM/10.13039/100007801 y iRAIN (MIG-20232038) está subvencionado por CDTI y apoyado por el Ministerio de Ciencia, Innovación y Universidades en el marco de la iniciativa Misiones Ciencia e Innovación 2023 (TransMisiones).

LIFE REWAINCER: Nuevo modelo para el uso de agua regenerada en la industria cerámica

Silvestre Tormo G.¹, Tormos Fibla, I.¹, Zuriaga Agusti E.¹, Tortajada Martinez E.¹, Andreu Gallego A.², Artigas Vilches Samuel², Perez Aparicio Joaquín³, Felip Sansano M³

¹ FACSA, SOCIEDAD DE FOMENTO AGRÍCOLA CASTELLONENSE, S.A

² ITC, INSTITUTO TECNOLOGÍA CERÁMICA

³ SAMCA

Corresponding Author: gracia.silvestre@nealis.com

El 97% de la producción cerámica española se lleva a cabo en la provincia de Castellón, consumiendo anualmente 7,1 hm³ de agua, procedente mayoritariamente de acuíferos. Por otra parte, en Castellón anualmente se generan alrededor de 52 hm³ de agua depurada. Por lo tanto, las aguas residuales regeneradas de la provincia de Castellón podrían abastecer hasta el 100% de las necesidades hídricas de la industria cerámica en la provincia. Estudios previos indican que la calidad del agua en términos de conductividad tiene un impacto sobre el consumo de insumos durante la fabricación de pastas cerámicas. Conductividades menores de 200 µS/cm podrían reducir la adición de químicos y el consumo energético. El objetivo del proyecto LIFE REWAINCER es validar un nuevo modelo de agua regenerada procedente de EDAR para su uso en aplicaciones industriales cerámicas. Para el diseño y selección de la tecnología más adecuada para la regeneración de las aguas residuales se tuvieron en cuenta distintos aspectos normativos (RD 1085/2024 y Directiva (UE) 2024/3019) y técnicos. Con el objetivo de conseguir conductividades menores de 200 µS/cm, la tecnología seleccionada fue una combinación de una unidad de ultrafiltración (UF) seguida de una unidad de osmosis inversa (OI). La planta de regeneración esta contenerizada y tiene una capacidad de tratamiento de agua de 13 m³/h con una producción de agua regenerada de 8,3 m³/h. La unidad de UF está formada por tres unidades con una superficie unitaria de 80 m² (240 m²), con un flujo de 54 l/m²h y un poro de filtración de 0,02 µm. La unidad de OI está formada por dos bancos con un tubo cada uno, una presión de operación de 300 psi, número total de membranas de 10 con una longitud de 1 m y diámetro de 8". La planta está ubicada en la EDAR de Cabanes, y el agua regenerada es enviada mediante una red de distribución de agua de 300m a una balsa de almacenamiento ubicada en la industria cerámica SAMCA. La industria cerámica utiliza esta agua para producir pastas cerámicas en un atomizador de 14 m³/h de capacidad. En la actualidad se está validando la tecnología analizando distintas condiciones de operación y protocolos de limpieza con el objetivo de optimizar los costes de producción del agua regenerada para maximizar la rentabilidad económica del modelo LIFE REWAINCER.

Palabras Clave: Aguas residuales, EDAR, pastas cerámicas, regeneración, reutilización

Agradecimientos: El proyecto 101113759 — LIFE22-ENV-ES-LIFE REWAINCER está cofinanciado por el Programa LIFE de la Comisión Europea LIFE 2022. *“Financiado por la Unión Europea. No obstante, las opiniones expresadas son responsabilidad exclusiva de los autores y no reflejan necesariamente los puntos de vista de la Unión Europea. Ni la Unión Europea ni la autoridad que concede la ayuda pueden ser considerados responsables de las mismas”.*

Ocurrencia y eliminación de antibióticos y genes de resistencia en plantas de tratamiento de aguas residuales de la Región de Murcia

Lisette Díaz-Gamboa ¹, Agustín Lahora Cano ² y Isabel Martínez-Alcalá ¹

¹ Grupo de Investigación GAIA, Universidad Católica de Murcia (UCAM), España.

² Entidad Regional de Saneamiento y Depuración de Aguas Residuales de la Región de Murcia (ESAMUR), España.

Corresponding Author: immartinezalcala@ucam.edu

La escasez hídrica en diversas regiones europeas ha intensificado la necesidad de reutilizar aguas residuales, situando a las estaciones depuradoras (EDAR) como barreras clave frente a riesgos químicos y microbiológicos (Gil-Meseguer, E., et al., (2019). <https://doi.org/10.1007/S11269-018-2136-9/TABLES/6>). En este contexto, la monitorización conjunta de antibióticos y genes de resistencia (ARG) es esencial para evaluar la eficacia del tratamiento y sus implicaciones ecológicas.

Este estudio analizó la presencia de varios antibióticos y ARG en las distintas etapas de tratamiento de dos EDAR de la Región de Murcia. Se evaluó la eficiencia de eliminación en la EDAR-A (tratamiento secundario + lagunaje + cloración) y en la EDAR-B (tratamiento terciario + lagunaje), y se exploraron las relaciones multivariantes entre las concentraciones de antibióticos y abundancia de ARG.

En la EDAR-A, el tratamiento secundario redujo significativamente los antibióticos y el lagunaje elevó la eliminación por encima del 80% para ciprofloxacino y sulfadiazina. En la EDAR-B, el tratamiento terciario, basado principalmente en desinfección UV, alcanzó altas eficiencias, mientras que el lagunaje aportó una eliminación adicional. Sin embargo, persistieron compuestos recalcitrantes como el sulfametoxazol. En cuanto a los ARG, el tratamiento secundario en la EDAR-A resultó insuficiente, con enriquecimiento del integrón *intI1* y de genes como *sul1* y *vanA*; el lagunaje solo redujo parcialmente su persistencia. En contraste, la EDAR-B logró reducciones superiores a 3-log tras el tratamiento terciario y mantuvo esta atenuación en el lagunaje, excepto para *blaOXA-48*, cuya eliminación fue limitada en el efluente final. Además, se observaron fuertes correlaciones entre la mayoría de ARG y los antibióticos en afluentes, y correlaciones relevantes durante el tratamiento secundario.

Estos resultados evidencian que el rendimiento depende de la configuración tecnológica y de las características de los contaminantes. Los procesos eficaces para la eliminación química no siempre garantizan una atenuación genética óptima, lo que resalta la necesidad de un monitoreo integrado de indicadores químicos y biológicos.

Palabras Clave: agua regenerada, antibióticos, genes de resistencia, tratamiento de aguas residuales, soluciones basadas en la naturaleza.

Procesos avanzados de tratamiento para la reutilización de aguas residuales: oportunidades en el sector agroindustrial

I. De Bona Muñoz, S. Turró, M.A. Ramos, E. Vega, A. Galí, S. Ponsá

Centre Tecnològic BETA (TECNIO Network), Universitat de Vic-Universitat Central de Catalunya (Uvic-UCC), Carretera de Roda70, 08500 Vic (Barcelona)

Corresponding Author: isabella.debonamunoz@uvic.cat

El proyecto tiene como objetivo aumentar la reutilización del agua en el sector agroalimentario de Cataluña mediante la demostración de tecnologías de tratamiento avanzadas capaces de producir agua regenerada de alta calidad. La reciente normativa española RD 1085/2024 amplía el marco de reutilización de los efluentes de la industria alimentaria, exigiendo clases de calidad específicas en función de la aplicación/destino final. Para abordar estos requisitos, el proyecto evaluó combinaciones de tecnologías basadas en membranas (Ultrafiltración, Ósmosis inversa y Electrodialisis) y procesos de oxidación avanzada (UV, O₃) aplicados a dos efluentes industriales del sector alimentario. Para ello se analizaron dos efluentes industriales con características y objetivos para su uso de reutilización distintos. El efluente A procedía de una industria de procesamiento de alimentos (carne, leche y verduras) equipada con un biorreactor de membrana con ultrafiltración, mientras que el efluente B provenía de un matadero avícola tratado mediante procesos fisicoquímicos primarios.

Los resultados más relevantes obtenidos en el proyecto R2AQUA demuestran que las líneas de tratamiento que combinan los procesos basados en membranas y los procesos de oxidación por UV/O₃ el alto potencial para la obtención de agua regenerada, logrando altas eficiencias de reducción de materia orgánica, presencia de microorganismos y genes de resistencia. Las configuraciones basadas en ósmosis inversa presentaron el mejor rendimiento global, mientras que la ozonización actuó como la etapa de pulido final más consistente. Las aguas recuperadas cumplieron con las clases de calidad Ia.A+, Ia.A y R.A+ de la RD 1085/2024, lo que permitiría tanto una reutilización del agua en la propia industria como una posible recarga de acuíferos. Estos resultados demuestran la viabilidad tecnológica de las estrategias de gestión circular del agua en el sector de la transformación de alimentos.

Palabras Clave: Agua regenerada, Aguas residuales agroalimentarias, calidad agua, contaminantes emergentes, tecnologías avanzadas

Agradecimientos: Los autores agradecen el apoyo de la Unión Europea, que cofinanció el Grupo Operativo R2AQUA a través del Plan Estratégico de la PAC (PEPAC) 2023-2027.

Rendimiento de la filtración de arena y la ozonización en la eliminación de microcontaminantes y patógenos regulados por la UE, incluida la evolución de los subproductos de la desinfección

K.J. Castañeda Retavizca^{1,2}, S. Malato^{1,2}, M.I. Polo-López³, I. Oller^{1,2}

¹ CIEMAT- Plataforma Solar de Almería, Ctra. De Senés s/n, 04200 Tabernas, Almería (Spain)

² Centro de Investigación en Energía Solar (CIESOL), Centro Mixto de la Universidad de Almería-CIEMAT, Carretera de Sacramento s/n, 04120, Almería (España).

³ Investigador independiente, Almería (España).

Corresponding Author: kelly.castaneda@psa.es

El Reglamento (UE) 2020/741 y de la Directiva (UE) 2024/3019 han reforzado los requisitos para garantizar la seguridad sanitaria y ambiental de la reutilización de aguas residuales para la agricultura, estableciendo criterios más estrictos de la calidad del efluente. En este contexto, este estudio se desarrolló a escala de planta piloto, aplicando dos dosis de ozono (0,3 and 0.4 g O₃ L⁻¹·h⁻¹) al efluente secundario y al previamente filtrado con arena, haciendo especial énfasis en: (i) la inactivación de *Escherichia coli* (Reglamento 2020/741), (ii) la degradación de microcontaminantes (Directiva 2024/3019), y (iii) la evolución de subproductos de desinfección (bromato, trihalometanos y ácidos haloacéticos), para garantizar el cumplimiento normativo.

Los resultados mostraron que la filtración con arena permitió alcanzar los objetivos de inactivación bacteriana en menor tiempo y con un menor consumo de ozono. Por otro lado, la degradación de microcontaminantes requirió un tiempo de tratamiento más prolongado. La formación de bromato, cloroformo y ácidos haloacéticos bromados no se vio afectada por la filtración; sin embargo, se observó un aumento de bromoformo, mientras que los ácidos haloacéticos clorados disminuyeron tras el proceso de filtración.

La mejor condición de tratamiento se alcanzó en el agua filtrada, aplicando una dosis de 0,3 g O₃ L⁻¹·h⁻¹ durante 20 minutos, cumpliendo tanto los objetivos de tratamiento como los requisitos normativos. Además, la combinación de filtración y ozonización demostró ser más rentable que la ozonización individual, al reducir el consumo de ozono, lo que confirma su viabilidad técnica y económica para el reúso de aguas residuales en la agricultura.

Palabras Clave: ozonización, regulación, filtración con arena, reutilización de aguas residuales.

Agradecimientos: Los autores desean agradecer el proyecto nacional ANDROMEDA (Beca PID2022-140875OB-C32) financiado por MCIN/AEI/10.13039/501100011033/FEDER, y el proyecto MODITRAGUA (PROYEXCEL_00585) financiado por la Secretaría General de Investigación e Innovación de la Junta de Andalucía (PAIDI 2020).

**XVI CONGRESO ESPAÑOL
DE TRATAMIENTO
DE AGUAS**
MURCIA, 10-12 JUNIO 2026

meta.
Mesa Española de Tratamiento de Aguas



UNIVERSIDAD
DE MURCIA



COLQUIMUR
Colegio Oficial
de Químicos
Región de Murcia



Facultad
de Química



ASOCIACIÓN DE
QUÍMICOS DE MURCIA
Tu asociación

Región  de Murcia

f SéNeCa⁽⁺⁾
Agencia de Ciencia y Tecnología
Región de Murcia

4.- REUTILIZACIÓN DE AGUAS RESIDUALES REGENERADAS

Comunicaciones cortas



Acoplamiento del proceso foto-Fenton solar con tratamientos biológicos basados en microalgas y humedales para la regeneración de aguas residuales

I. Fernández-Gómez^{1,2}, M.G. Pinna-Hernández^{1,2}, E. Gualda-Alonso^{1,2}, P. Soriano-Molina^{1,2}, A. Agüera², J.L. Casas López^{1,2} y J.A. Sánchez Pérez^{1,2}

¹ Universidad de Almería. Dpto. de Ingeniería Química. Ctra. Sacramento s/n, 04120, Almería, España.

² Centro de Investigación de la Energía Solar (CIESOL). Centro mixto Universidad de Almería-CIEMAT.

Corresponding Author: irene.fdz@ual.es.

En una lucha por la búsqueda de soluciones innovadoras y de bajo coste para la regeneración de aguas residuales destinadas al riego agrícola, asegurando el cumplimiento de la normativa, se desarrolló este estudio, realizado en la EDAR de Talavera de la Reina (Toledo, España), donde se evaluó la tecnología de foto-Fenton solar bajo condiciones de clima continental durante el mes de Febrero, para validar su capacidad de desinfección y degradación de contaminantes de preocupación emergente (CECs, por sus siglas en inglés). La principal novedad de esta experimentación radica en el acoplamiento de un reactor de microalgas y del proceso foto-Fenton solar a escala piloto con un sistema de humedales secundarios de flujo vertical como etapas previas al tratamiento cuaternario. Esta configuración permitió una clarificación superior y la estabilización de consorcios simbióticos antes de la aplicación del proceso de foto-Fenton solar en un reactor tipo *raceway* de 80 L. Respecto a los CECs en el efluente, se detectaron un total de 60 compuestos de una lista de 229 monitorizados mediante UHPLC-QqQ-MS/MS, presentando una carga inicial en el agua bruta de 472 µg/L, reduciéndose a 60 - 119 µg/L tras el tratamiento secundario. Al aplicar el proceso de foto-Fenton solar, se logró una eliminación entre el 89% - 96% de la carga total de CECs en flujo continuo, demostrando la robustez de la tecnología como barrera química. Estos resultados aseguran el cumplimiento de la nueva Directiva (UE) 2024/3019 sobre el tratamiento de aguas residuales urbanas, introduciendo la obligatoriedad de implementar tratamientos cuaternarios para reducir microcontaminantes orgánicos. El proceso validado cumple la eliminación mínima del 80% establecido en esta normativa. Específicamente, se alcanzó una degradación del 99.95% para compuestos de la Categoría 1 como la amisulprida y entre un 77-100% para la venlafaxina. En la Categoría 2, compuestos como el benzotriazol, candesartán e irbesartán alcanzaron niveles por debajo del límite de detección. El acoplamiento con foto-Fenton solar con sistemas de humedales secundarios es una estrategia eficiente para producir agua de Clase A (*E. coli*) cumpliendo con el Reglamento (UE) 2020/741.

Palabras Clave: procesos de oxidación avanzada, microcontaminantes, desinfección, descontaminación y reutilización.

Agradecimientos: Este trabajo ha sido financiado parcialmente por el proyecto: CAFIRA (PID2023-152519OB-I00), financiado por MCIU/ AEI / 10.13039/501100011033 / FEDER, UE. I. Fernández-Gómez agradece al Ministerio de Universidades la concesión de un contrato predoctoral FPI (PREP2023-001480).

**XVI CONGRESO ESPAÑOL
DE TRATAMIENTO
DE AGUAS**
MURCIA, 10-12 JUNIO 2026

meta
Mesa Española de Tratamiento de Aguas

 UNIVERSIDAD
DE MURCIA

 Facultad
de Química

 COLQUIMUR
Colegio Oficial
de Químicos
Región de Murcia

 ASOCIACIÓN DE
QUÍMICOS DE MURCIA
Tu asociación

Región  de Murcia

f SéNeCa⁽⁺⁾
Agencia de Ciencia y Tecnología
Región de Murcia

4.- REUTILIZACIÓN DE AGUAS RESIDUALES REGENERADAS

Pósteres



Diseño y evaluación de una planta piloto UVB-LED para el tratamiento de efluentes secundarios en flujo continuo mediante cloro-foto-Fenton

M.G. Pinna-Hernández^{1,2}, S. Belachqer -El Attar^{1,2}, L. Nofuentes-Gómez^{1,2}, A.G. Trovó³, J.L. Casas López^{1,2}, J.A. Sánchez Pérez^{1,2}

¹ Universidad de Almería. Dpto. de Ingeniería Química. Ctra. Sacramento s/n, 04120, Almería, España.

² Centro de Investigación de la Energía Solar (CIESOL). Centro mixto Universidad de Almería-CIEMAT.

³ Federal University of Uberlândia, Institute of Chemistry, Uberlândia, MG, Brazil

Corresponding Author: gpinnahernandez@ual.es

En cumplimiento con la normativa europea sobre reuso y reutilización de aguas residuales, (Reglamento UE 2020/741 y Directiva (EU) 2024/3019), se evaluó la operación de un fotorreactor de nueva generación basado en radiación UVB-LED (290-310 nm) combinado con un proceso cloro-foto-Fenton. El estudio comprendió desde la operación a escala de laboratorio hasta el diseño, construcción y operación de un nuevo reactor a escala piloto para la eliminación simultánea de microcontaminantes e inactivación de microorganismos de efluentes secundarios reales. Inicialmente, se evaluó un prototipo a escala de laboratorio de UVB-LED/cloro-foto-Fenton (310 nm, $[\text{Fe}_3\text{-NTA}] = 0,1 \text{ mM}$, $[\text{H}_2\text{O}_2] = 0,88 \text{ mM}$, $[\text{NaOCl}] = 0,13\text{-}0,40 \text{ mM}$ y acetamiprid (ACTM) = $100 \text{ }\mu\text{g/L}$ como microcontaminante modelo). Posteriormente, se diseñó, escaló y construyó el proceso, incluyendo la nueva configuración del reactor y la distribución de las lámparas prototipo a escala piloto. La operación del pilotaje se evaluó ($V_{\text{reactor}} = 90 \text{ L}$ y profundidad del líquido = 15 cm), en modo continuo ($\text{TRH} = 60 \text{ min}$) y en condiciones de pH neutro ($[\text{Fe}_3\text{-NTA}] = 0,1 \text{ mM}$, $[\text{H}_2\text{O}_2] = 0,88 \text{ mM}$ y $[\text{NaOCl}] = 0,13\text{-}0,40 \text{ mM}$), utilizando como microcontaminantes modelo (ACTM y diurón [DI]) en efluentes secundarios reales. La operación se evaluó durante 3 horas en flujo continuo, el agua tratada obtenida se mantuvo por debajo de $10 \text{ UFC } 100 \text{ mL}^{-1}$ (*E. coli*), cumpliendo así con la calidad más restrictiva (clase A). Las constantes cinéticas de degradación fueron 0.043 min^{-1} , y 0.062 min^{-1} , para el ACTM y DI, respectivamente.

La irradiación UVB-LED combinada con el proceso cloro-foto-Fenton es una opción de interés para aplicar en los procesos de desinfección y descontaminación de aguas residuales. Operando a escala piloto y en modo continuo se lograron reducciones logarítmicas de 4 para *E. coli* y de 1,8 para *C. perfringens* con $[\text{NaOCl}] = 0,40 \text{ mM}$. La carga de *E. coli* < $10 \text{ UFC}/100 \text{ mL}$ (calidad A/ Directiva (UE) 2020/741), en relación al proceso de descontaminación se obtuvo una eliminación del 77% y 81% de ACTM y DI, respectivamente.

Palabras Clave: *Clostridium perfringens*, desinfección, *Escherichia coli*, microcontraminante, y procesos de oxidación avanzada.

Agradecimientos: Los autores agradecen la contribución del proyecto europeo LIFE PHOENIX (n.º LIFE19 ENV/ES/000278), y los proyectos nacionales de investigación ANDROMEDA (PID2022-140875OB-C31) y CAFIRA (PID2023-152519OB-I00), financiado por MCIU / AEI / 10.13039/501100011033 / FEDER, UE.

Modelado y optimización del proceso cloro-foto-Fenton solar para la regeneración sostenible de aguas residuales

L. Nofuentes-Gómez^{1,2}, P. Soriano-Molina^{1,2}, D. Rodríguez-García^{1,2}, S. Belachqer-El Attar^{1,2}, E. Gualda-Alonso^{1,2}, J. L. Casas López^{1,2}, J. A. Sánchez Pérez^{1,2}

¹ Universidad de Almería. Dpto. de Ingeniería Química. Ctra. Sacramento s/n, 04120, Almería, España.

² Centro de Investigación de la Energía Solar (CIESOL). Centro mixto Universidad de Almería-CIEMAT.

Corresponding Author: lng933@ual.es

Este trabajo presenta un modelo mecanístico del proceso cloro-foto-Fenton solar (CFFS) para la eliminación simultánea de patógenos y microcontaminantes en aguas residuales depuradas. Con este fin, se evaluó la influencia de la temperatura (15-35 °C), la irradiancia UVA (10-40 W/m²), y las concentraciones de nitrilotriacetato férrico (Fe³⁺-NTA; 0,1 y 0,2 mM) y de hipoclorito de sodio (NaClO; 0,134-0,403 mM) en la degradación del inhibidor de corrosión benzotriazol (BZT, 50 µg/L) y la inactivación de *Escherichia coli* (*E. coli*) y *Clostridium perfringens* (*C. perfringens*).

En base a la fenomenología del proceso, se propuso un modelo semiempírico que integra las diferentes vías de reacción: cloración, descomposición térmica de Fe³⁺-NTA, y los procesos Fenton y foto-Fenton solar. El modelo acopla con éxito la inactivación microbiológica con la eliminación de microcontaminantes, ajustando los datos experimentales con un error cuadrático medio normalizado inferior al 20%. A partir del modelo desarrollado, se realizó la optimización del proceso con dos objetivos de tratamiento basándose en la concentración de *C. perfringens*: reducción de 5 log₁₀ respecto al influente de la EDAR (objetivo A) y una concentración residual ≤ 1 UFC/100 mL en el agua tratada (objetivo B), para obtener una calidad de agua regenerada más restrictiva (clase A) de acuerdo con el Reglamento (UE) 2020/741. Para ello, se incorporaron ecuaciones polinómicas en una rutina de optimización para determinar las condiciones de operación óptimas en reactores de tipo *raceway*. Los resultados indicaron concentraciones óptimas de reactivos de aproximadamente 0,05 mM de Fe³⁺-NTA, 0,30 mM de H₂O₂ y 0,67 mM de NaClO, con tiempos de reacción comprendidos entre 50 y 90 min. En ambos casos se obtuvo una eliminación de BZT superior al 80%.

Esta herramienta contribuye a la comprensión mecanística del proceso CFFS y permite su optimización, siendo de gran utilidad para el control y la automatización de los reactores a escala real, al mismo tiempo que se asegura el cumplimiento las exigentes normativas europeas y promueve la sostenibilidad económica y ambiental del tratamiento.

Palabras Clave: Cinética, microcontaminantes, modelo mecanístico, oxidación avanzada, patógenos.

Agradecimientos: Los autores agradecen la contribución de los proyectos: CAFIRA (PID2023-152519OB-I00), financiado por MCIU/ AEI / 10.13039/501100011033 / FEDER, UE; INACUA (PLSQ_00330), financiado por la Junta de Andalucía/ FEDER, UE; S. Belachqer-El Attar agradece su contrato posdoctoral al PPIT-UAL (CPUENTE2025/11) y D. Rodríguez-García agradece al Ministerio de Universidades la concesión de un contrato predoctoral FPU (FPU22/01465).

Monitoreo *in situ* de *Escherichia coli* en agua regenerada procedente de humedales construidos

Beatriu Alegre-Bosch, Eva Gonzalez-Flo y Joan Garcia

Universitat Politècnica de Catalunya. Departamento de Ingeniería Civil y Ambiental. Grupo de Ingeniería Ambiental y Microbiología

Corresponding Author: joan.garcia@upc.edu

Una de las estrategias clave frente a la escasez hídrica es la reutilización del agua regenerada para regadío, la cual requiere de un control microbiológico riguroso. En este contexto, *Escherichia coli* (*E.coli*) se establece como el principal indicador de contaminación fecal, existiendo una normativa que exige una concentración inferior a 100 células por 100 mL de la población para su reutilización (BOE (2024). RD 1085/2024. <https://www.boe.es/eli/es/rd/2024/10/22/1085>). Sin embargo, los protocolos estándares se basan en métodos de cultivo que requieren de incubaciones de 24 a 48 horas, por ende, son ineficaces para ser analizados diariamente. En consecuencia, este trabajo plantea un sistema de monitoreo en tiempo real e *in situ* para detectar fluctuaciones en la calidad del agua de forma más ágil.

Para ello, se planteó la cuantificación de bacterias totales mediante la tinción de ácidos nucleicos con Sybr Gold y citometría de flujo. Posteriormente, mediante aprendizaje automático supervisado entrenado con cultivos sintéticos (Özel Duygan, B.D., et al. (2020). Commun Biol, 3, 379), se caracterizó la firma fenotípica de *E.coli*. Al aplicar el algoritmo a muestras de agua regenerada, se obtuvo un conteo rápido basado en un resultado conservador, donde se engloba *E.coli* junto a otras bacterias con características fenotípicas similares. Este enfoque permitió generar alertas tempranas ante picos de contaminación.

Para validar cuantitativamente la presencia de *E.coli* en la subpoblación y calibrar el modelo, se aplicó la técnica de hibridación *in situ* con fluorescencia (FISH). El uso de una sonda de rRNA 16S con alta especificidad para *E. coli* marcada con un fluorocromo, permitió separar la especie diana del resto de la comunidad bacteriana. La combinación del estudio fenotípico y genotípico de *E.coli* posibilita generar un sistema de monitoreo en tiempo real fiable -y automatizable- para garantizar la calidad microbiológica del agua regenerada.

Palabras Clave: Agua Regenerada, Citometría de flujo, *Escherichia coli*, Hibridación *in situ* con fluorescencia.

Agradecimientos: Este trabajo forma parte del proyecto DECIRE-WATER, financiado por el programa de investigación e innovación Horizon Europa de la Unión Europea (nº 101182154). B.A.B. agradece el apoyo del programa del Fondo Social Europeo Plus (FSE+) de Cataluña 2021-2027 (CCI2021ES05SFPR011), con la acreditación de la beca 2025 STEP 00341. J.G. agradece el apoyo prestado por el programa ICREA Academia.

Regeneración y reutilización de aguas grises de lavanderías autoservicio mediante un sistema modular de tratamiento

B. Bayarri, P. Llopart-Roca, D. Gilabert, J. Nieto-Sandoval, C. Sans

Universitat de Barcelona. Dpt Enginyeria Química i Química Analítica, Grup d'Enginyeria de Processos d'Oxidació Avançada

Corresponding Author: carmesans@ub.edu

Las lavanderías autoservicio consumen entre 50 y 90 L de agua por ciclo de lavado, lo que supone una demanda significativa de agua potable. La regeneración y reutilización de estas aguas grises representa una estrategia prometedora para reducir este consumo. En este trabajo se ha desarrollado y evaluado un sistema modular (60 L h^{-1}) para regenerar el agua de lavado y reutilizarla en nuevos ciclos. El sistema está compuesto por tres etapas principales: filtración mediante membranas (micro/ultrafiltración), oxidación mediante ozono y adsorción con carbono activo.

Se caracterizó el agua de lavado real en diferentes condiciones analizando parámetros físico-químicos y microbiológicos como turbidez, sólidos suspendidos (SS), carbono orgánico total (COT), demanda química de oxígeno (DQO) y microorganismos indicadores. Los resultados mostraron una elevada variabilidad y niveles de contaminación elevados, con turbideces entre 200 y 590 NTU, SS entre 150 y $350 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$, valores de DQO entre 1100 y $3000 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ y poblaciones superiores a $10^7 \text{ UFC } 100 \text{ mL}^{-1}$ de coliformes y *E. Colli*. Asimismo, se detectó una presencia significativa de microplásticos procedentes principalmente de fibras sintéticas liberadas durante el lavado.

El sistema de tratamiento permitió reducir de forma significativa la carga contaminante. La etapa de filtración eliminó más del 97 % de la turbidez y los sólidos suspendidos, mientras que la oxidación consiguió la eliminación completa de los patógenos analizados. La etapa de adsorción permitió una reducción global de la materia orgánica superior al 85 %. Como resultado, el efluente tratado presentó valores promedio de turbidez de 1,8 NTU y sólidos suspendidos de $3,95 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ y DQO de 67 mg L^{-1} con ausencia de *E. coli* y coliformes detectables, cumpliendo así los requisitos establecidos por la normativa de reutilización de aguas (RD 1085/2024).

Estos resultados demuestran la viabilidad del sistema propuesto para la regeneración y reutilización de aguas de lavandería.

Palabras Clave: aguas grises, agua regenerada, microplásticos, tratamiento.

Agradecimientos: Los autores agradecen a BIT Habitat y al Ayuntamiento de Barcelona por la financiación recibida en el marco de la convocatoria Ciutat Proactiva 2024, proyecto REGENET 9369518 y al MICUI por el proyecto PID2023-146338OB-I00 (MICIU/AEI/10.13039/501100011033).

Reutilización del agua regenerada en Tenerife: crecimiento del sistema y aseguramiento de la calidad

M.C. Marrero-Hernández¹, L.E. Rodríguez-Gómez¹, C. González-Martín² y L. Vera¹

¹ Universidad de La Laguna. Dpto. Ingeniería Química y Tecnología Farmacéutica. Grupo de Investigación: Tratamiento y Reutilización de Aguas (TyRA)

² Universidad de La Laguna. Dpto. Obstetricia y Ginecología, Pediatría, Medicina Preventiva y Salud Pública, Toxicología, Medicina Legal y Forense y Parasitología. Instituto Univ. de Enferm. Tropicales y Salud Pública de Canarias. Grupo de Investigación: Tratamiento y Reutilización de Aguas (TyRA)

Corresponding Author: luerquez@ull.edu.es

En los últimos 33 años, desde el inicio de la reutilización en 1993 hasta 2026, el sistema insular de reutilización de agua regenerada de Tenerife ha experimentado un crecimiento continuo y significativo, en extensión, complejidad y seguridad. En sus primeras etapas, el desarrollo se centró en la incorporación de las dos principales estaciones depuradoras de la isla, Santa Cruz de Tenerife y Adeje-Arona, que permitieron consolidar el sistema de reutilización del sureste de la isla, donde la demanda agrícola era especialmente elevada.

Con el paso del tiempo, este modelo inicial ha evolucionado hacia una red mucho más amplia e interconectada. En los últimos años, se han desarrollado nuevas infraestructuras de transporte y distribución que han permitido llevar el agua regenerada hacia el oeste y el norte de Tenerife, ampliando notablemente su ámbito de uso. Este crecimiento ha ido acompañado de la creación de una red estratégica de depósitos de almacenamiento, interconectados con las principales conducciones de transporte, lo que mejora la capacidad de regulación y garantiza el suministro en diferentes zonas. La incorporación más reciente al sistema es el aprovechamiento del agua regenerada procedente de la EDAR del Valle de La Orotava, lo que supone un avance clave en la extensión del modelo hacia el norte de la isla.

Paralelamente al crecimiento de las infraestructuras, se ha producido una mejora sustancial en la calidad del agua regenerada, adaptándose a la normativa española y europea, especialmente desde 2024. La implantación de tecnologías avanzadas, como los biorreactores de membrana, ha sido fundamental para asegurar un agua de excelente calidad para riego agrícola y de zonas verdes. Este avance ha permitido optimizar el uso de los recursos hídricos, reducir la presión sobre las fuentes convencionales y minimizar el impacto ambiental.

Palabras Clave: (agua, calidad, normativa, regeneración, reutilización, riego, sistema planificado).

Agradecimientos: Los autores desean agradecer la financiación y el apoyo en los trabajos de I+D+i desarrollados, a BALTEN y al Consejo Insular de Aguas de Tenerife.

SYMSITES: Urban-industrial symbiosis for waste and wastewater management in the Alcoy area

R. Tamarit¹, J. A. Magdalena², E. Zuriaga¹, I. Tormos¹

¹ FACSA, SOCIEDAD DE FOMENTO AGRÍCOLA CASTELLONENSE, S.A., Avda Castell Vell 35. 12004, Castelló de la Plana, España

²FOMENTO VALENCIA MEDIOAMBIENTE SL. (FOVASA) Avenida Alquería de Moret, 5. 46210, Picanya, Spain

Corresponding Author: raquel.tamarit@facsa.com

El proyecto SYMSITES tiene como objetivo implementar la simbiosis industrial-urbana en diversas regiones, denominadas EcoSites. En particular, el EcoSite español, situado en la EDAR de Alcoy, se centra en la producción de biogás y agua regenerada. Las aguas residuales de las industrias textil y cosmética se combinan con las urbanas y con residuos orgánicos, los cuales se procesan en un biorreactor anaerobio de membranas (AnMBR). La producción de biogás en el digestor piloto de 2 m³ alcanzó valores máximos de hasta 0,4 L/Lreactor·d. Además, los resultados del análisis del permeado indicaron una eliminación significativa de la demanda química y biológica de oxígeno (>95%, DQO<100 mg/L) y sólidos suspendidos con concentraciones inferiores a 10 mg/L, cumpliendo con los estándares de la normativa europea. Por otro lado, el análisis microbiológico de estas muestras reveló una alta eficiencia del proceso en términos de desinfección, ya que se logró una reducción significativa de bacterias (e.g., viables y cultivables de *Escherichia coli*, *Salmonella* y *Campylobacter*, log_{eliminación}>6), y protozoos (log_{eliminación}>4). Esta eliminación fue más limitada en virus (log_{eliminación}3-4). Finalmente, el análisis de contaminantes emergentes llevado a cabo hasta la fecha detectó la presencia de ofloxacina en el influente, el cual se eliminó tras el tratamiento. El análisis de estos compuestos, junto los 12 incluidos en la Directiva 2024/3019, continuará durante los próximos meses para evaluar con mayor detalle su eliminación. En resumen, la tecnología investigada en SYMSITES ha logrado la valorización conjunta de aguas residuales de entidades urbanas e industriales junto con residuos sólidos urbanos para la producción de biogás y agua regenerada con potenciales usos en sectores como el urbano, agrícola o industrial cumpliendo los estándares establecidos en el Reglamento Delegado (UE) 2024/1765 y RD1805/2024 para la reutilización de agua regenerada.

Palabras Clave: Agua regenerada, Biorreactor de anaerobio de membranas (AnMBR), Biogás, contaminantes emergentes, Directiva 2024/3019

Agradecimientos: El proyecto SYMSITES está financiado por la Unión Europea dentro del programa HORIZON-CL4-2021-TWIN-TRANSITION-01 (Acuerdo de subvención 101058426). Los autores también desean agradecer a la Entidad Pública de Saneamiento de Aguas Residuales de la Comunidad Valenciana (EPSAR) por ceder el espacio de sus instalaciones en la EDAR de Alcoy.

Tecnologías solares avanzadas para la eliminación de azoxistrobin en aguas residuales agroindustriales

P. Serrano-Tarí, A. Ruiz-Delgado, I. Oller

Plataforma Solar de Almería – CIEMAT, Ctra. Senés km 4,5, 04200, Tabernas, Almería, España

Corresponding Author: pserrano@psa.es

Actualmente, la actividad agroindustrial hace un uso extensivo de pesticidas para proteger sus cultivos frente a enfermedades causadas por patógenos, con el fin de garantizar la productividad, seguridad y calidad de los alimentos, incluyendo una especial atención a su manejo en la cadena de distribución. Tras su aplicación, estos compuestos alcanzan y permanecen en las aguas, generando contaminación y problemas medioambientales. Además, los procesos convencionales establecidos en las depuradoras no logran eliminarlos eficazmente debido a su carácter recalcitrante. En este contexto, los Procesos Avanzados de Oxidación ofrecen una alternativa interesante y sostenible para eliminar contaminantes orgánicos persistentes mediante radicales altamente reactivos y no selectivos.

En este trabajo se ha estudiado la eliminación de azoxistrobin (AZX), un fungicida sistémico de amplio espectro empleado en vegetales tras su cosecha, en diferentes matrices de agua bajo radiación solar. Se realizaron estudios preliminares en agua natural, añadiendo un producto comercial altamente concentrado en AZX para simular el agua residual agroindustrial. Para concentraciones de 1 y 20 mg/L de AZX, se aplicaron procesos fotoquímicos solares utilizando peróxido de hidrógeno (H_2O_2), peroximonosulfato y persulfato, variando sus concentraciones y estudiando tres alturas en un fotorreactor solar abierto tipo *raceway pond reactor*. Para 100 mg/L de AZX se estudió el proceso foto-Fenton solar en un reactor tipo captador cilindro-parabólico compuesto (CPC) variando la concentración de H_2O_2 a pH ácido y natural, con EDDS (1:2) como agente complejante del hierro.

Las mejores condiciones de operación obtenidas para cada concentración de AZX, se aplicaron a efluentes del tratamiento secundario de depuradora añadiendo igualmente el contaminante; y a aguas residuales reales conteniendo AZX procedentes de diferentes cooperativas bananeras. Se realizaron, además, ensayos de fitotoxicidad y toxicidad aguda.

Palabras Clave: foto-Fenton, industria bananera, Procesos Avanzados de Oxidación, toxicidad

Agradecimientos: Los autores agradecen al Ministerio de Ciencia e Innovación Español por la financiación del proyecto PHOTOREDVALORA (PID2024-159086OB-C33).

Valorización de aguas residuales de almazara para reducir la lixiviación de nitratos y mejorar la gestión sostenible del agua en agricultura

A. Hernández Fernández, E. Iniesta López, Y. Garrido, A. Sánchez Zurano, A. Pérez de los Ríos y F. José Hernández Fernández

Universidad de Murcia. Departamento de Ingeniería Química. Green Chemical Processes Engineering.

Corresponding Author: adrian.h.f@um.es

La gestión sostenible del agua es uno de los principales retos actuales, especialmente en regiones con elevada presión sobre los recursos hídricos. En agricultura, la lixiviación de nitratos procedentes de fertilizantes nitrogenados puede contaminar acuíferos y favorecer procesos de eutrofización (Foley, J., et al. (2011). *Nature*, 478, 337–342). En este contexto, el uso de inhibidores biológicos de la nitrificación se plantea como una estrategia para mejorar la eficiencia del uso del nitrógeno y reducir su impacto ambiental sin comprometer la productividad agrícola.

En este trabajo se evalúa el potencial de los extractos obtenidos a partir de alpechín, agua residual procedente de almazaras (olive mill wastewater, OMW), como alternativa natural a los inhibidores sintéticos de nitrificación. Se analizó su capacidad para reducir la pérdida de nitrógeno en el suelo y en los lixiviados durante el cultivo de lechuga. El experimento se llevó a cabo en una cámara de crecimiento bajo condiciones controladas de temperatura, humedad y luz. Las plantas se cultivaron en suelo natural fertilizado previamente con un fertilizante NPK con nitrógeno en forma amoniacal. Los extractos de OMW se aplicaron mediante fertirrigación en tres concentraciones (50, 10 y 5 mg/L, expresadas como contenido fenólico) y se compararon con el inhibidor sintético dicianodiamida (DCD, 25 mg/L).

Durante los 31 días de ensayo se monitorizaron las concentraciones de nitrato y amonio, así como la biomasa del cultivo. Los resultados muestran que la aplicación de OMW a 50 mg/L redujo la lixiviación de nitratos entre un 60–80 %, con una eficacia comparable a la obtenida con DCD. Además, no se observaron efectos fitotóxicos y este tratamiento incrementó aproximadamente un 50 % la biomasa de lechuga, mejorando también la intensidad del color verde, asociada a un mayor contenido de clorofila (Garrido, Y., et al. (2014). *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 94, 1592–1599). Estos resultados evidencian el potencial de los extractos de OMW como alternativa sostenible para reducir la contaminación por nitratos y valorizar residuos agroindustriales.

Palabras Clave: agricultura sostenible, alpechín, nitrificación, lixiviación de nitratos.

Agradecimientos: Los autores agradecen el apoyo financiero del Ministerio de Ciencia, Innovación y Universidades mediante el proyecto PID2021-124173OB-I00 (MCIN/AEI/10.13039/501100011033 y FEDER “Una manera de hacer Europa”), así como de la Fundación Séneca – Agencia de Ciencia y Tecnología de la Región de Murcia (Ref. 22561/PDC/24). Este trabajo forma parte del programa Agroalnext y ha sido financiado por el MCIU con fondos de la Unión Europea NextGenerationEU (PRTR-C17.I1) y por la Comunidad Autónoma de la Región de Murcia – Fundación Séneca. Adrián Hernández Fernández dispone de una ayuda predoctoral 21817/FPI/22 y Eduardo Iniesta López de la ayuda 22345/FPI/23, ambas concedidas por la Fundación Séneca.

XVI CONGRESO ESPAÑOL DE TRATAMIENTO DE AGUAS

MURCIA, 10-12 JUNIO 2026



5.- BIORREFINERÍA EN EDARs Y DIGITALIZACIÓN DEL AGUA



5.- BIORREFINERÍA EN EDARs Y DIGITALIZACIÓN DEL AGUA

Comunicaciones orales



Control de la valorización del lactosuero mediante la carga orgánica y la conductividad

A. Rosa-Masegosa^{1,2}, M. Molinos-Senante^{1,2}, P.A. García-Encina^{1,2}, R. Irusta-Mata^{1,2}, C. González-Fernández^{1,2}

¹ Departamento de Ingeniería Química y Tecnología del Medio Ambiente, Escuela de Ingeniería Industrial, Universidad de Valladolid, Valladolid, España

² Instituto de Procesos Sostenibles, Universidad de Valladolid, España

Corresponding Author: cgonfer@uva.es

La industria láctea genera aguas residuales que pueden valorizarse mediante digestión anaerobia. Sin embargo, su alta carga orgánica y salinidad comprometen la estabilidad del proceso. Aunque la influencia de la salinidad sobre la metanogénesis ha sido ampliamente estudiada, su efecto en el metabolismo acidogénico sigue siendo poco conocido. Este estudio evalúa el impacto de la conductividad y la carga orgánica sobre el rendimiento del reactor en términos de producción de ácidos grasos volátiles (AGVs) y la comunidad microbiana que se desarrolla en dicho bioproceso. Con este objetivo, se operaron tres reactores de tanque agitado. El inóculo usado fue fango anaerobio mesofílico de la EDAR de Valladolid. Los parámetros operacionales fueron: 35°C, 10 días de tiempo de retención hidráulico y 250 rpm de agitación mediante agitador magnético. La carga orgánica fue establecida en 1 g DQO/L·d (R1), 2,5 g DQO/L·d (R2) y 5 g DQO/L·d (R3), lo cual dio lugar a tres niveles de conductividad: 5,1 mS/cm (R1), 10,6 mS/cm (R2) y 19,0 mS/cm (R3). El pH fue mantenido alrededor de 6,5 añadiendo NaOH (4 M). La conductividad, DQO total y soluble, iones, AGVs, el volumen y la composición del biogás fueron medidos periódicamente. La comunidad de procariontes se determinó mediante la secuenciación por Illumina de la región V3-V4 del 16S ARNr.

La producción de AGVs fue directamente proporcional a la OLR, indicando que, a pesar de la elevada conductividad, ésta no ejerció un efecto negativo. R3 alcanzó una concentración de AGVs de 20 g/L y un 54,8% de bioconversión (DQO-AGV/DQO_{in}). En cuanto al perfil de AGVs, el ácido acético predominó en todos los casos, además, R1 favoreció la formación de ácido propiónico mientras que R2 y R3 promovieron la acumulación de ácido butírico, posiblemente favorecida por la mayor acumulación de algunos iones como el Na⁺ (Zeng et al. 2025 doi.org/10.1016/j.biortech.2025.132791). Los reactores R2 y R3 mostraron una mayor abundancia relativa de microorganismos acidogénicos, incluyendo diferentes miembros de la clase *Clostridia* y los géneros *Bifidobacterium* y *Alistipes*, asociados a la producción de AGVs (Robles et al. 2023 doi.org/10.3389/fbioe.2023.1181983). Este estudio demostró que al contrario de lo que ocurre con la producción de biogás, en la producción de AGVs, la conductividad y la carga orgánica no afectaron significativamente a las bacterias acidogénicas, abriendo la posibilidad de revalorizar estas corrientes residuales mediante esta tecnología.

Palabras Clave: Ácidos grasos volátiles; comunidad microbiana; conductividad; fermentación.

Agradecimientos: Este trabajo ha sido financiado por los proyectos BIONIC (PID2023-150955OB-C31 /MICINN/EU) y WAVE (PCI2025-167223-2) .

Integración de modelización a escala de planta y soporte a la decisión para el diseño sostenible de WRRF

Àlex Gaona, Zivko Južnič-Zonta, Albert Guisasola y Juan Antonio Baeza

Universitat Autònoma de Barcelona. Dpto. Ingeniería Química, Biológica y Ambiental. Grupo de Investigación: GENOCOV

Corresponding Author: alex.gaona@uab.cat

Las estaciones depuradoras de aguas residuales están evolucionando hacia instalaciones de recuperación de recursos hídricos (WRRF), integrando la recuperación de energía y nutrientes dentro de estrategias de economía circular. Este cambio de paradigma incrementa la complejidad del diseño, al requerir la evaluación de múltiples configuraciones tecnológicas bajo criterios económicos, ambientales y operacionales. Para abordar este reto, se ha desarrollado el sistema de soporte a la decisión Smart-Plant, un marco que automatiza la generación, simulación y evaluación de configuraciones WRRF bajo condiciones dinámicas (Južnič-Zonta, Z., et al. (2022). *Journal of Cleaner Production*, 367, 132873).

En este trabajo, el SP-DSS se aplica a diversas configuraciones WRRF para la mejora de la EDAR de Manresa (España), incorporando tecnologías desarrolladas en el proyecto H2020 SMART-Plant. El objetivo es comparar su rendimiento e identificar compromisos óptimos entre criterios. Las alternativas evaluadas incluyen sistemas convencionales tipo A²O, configuraciones con recuperación de celulosa, pretratamiento anaerobio, eliminación biológica de fósforo con recuperación de PHA, y configuraciones con procesos en línea lateral orientados a la recuperación de recursos.

Los resultados muestran que los sistemas basados en A²O ofrecen los mejores resultados, manteniendo eficiencias de eliminación de nutrientes superiores al 80% junto con indicadores ambientales y económicos. La configuración con recuperación de celulosa destaca como la alternativa más equilibrada. Otras orientadas a la recuperación de recursos o a la reducción de emisiones presentan ventajas específicas, como menores emisiones, aunque a costa de una menor eficiencia en la eliminación de nutrientes o de mayores costes operativos.

Con el fin de mejorar la robustez del proceso de decisión, se ha integrado el método TOPSIS-FRWSA (Gaona, À., et al. (2025). *Decision Analytics Journal*, 17, 100642) en el SP-DSS, permitiendo analizar la sensibilidad frente a distintas ponderaciones de los criterios. Este enfoque proporciona resultados más robustos y mejora la transparencia en la evaluación multicriterio.

En conjunto, el marco propuesto demuestra el potencial de la modelización dinámica a escala de planta, combinada con herramientas avanzadas de soporte a la decisión, para guiar la transformación sostenible de EDAR en WRRF. Los resultados detallados de las simulaciones, así como la representación gráfica de las distintas configuraciones evaluadas, se presentarán durante la comunicación oral.

Palabras Clave: Decision support system; Modelización planta completa; Multi-criteria decision-making; WRRF.

Monitorización del fósforo en agua residual mediante *soft-sensors* basados en datos: aprendizaje de su implementación en entorno real

M. Castrillo, M. F. Román, A. López

Instituto de Física de Cantabria (Consejo Superior de Investigaciones Científicas – Universidad de Cantabria). Grupo de Computación Avanzada y e-Ciencia.

Corresponding Author: castrillo@ifca.unican.es

En las Estaciones Depuradoras de Aguas Residuales (EDAR) se generan una gran cantidad de datos que pueden utilizarse para generar información de valor, y sin embargo generalmente permanecen infrautilizados. El Proyecto PROWESS (Optimización de la eliminación de fósforo en agua residual mediante sensores basados en datos) los pone en valor utilizando técnicas de inteligencia artificial (IA) como el aprendizaje automático. Por medio de estas, se desarrollan sensores basados en software (*soft-sensors*) para mejorar el control de la calidad del agua, aportando una herramienta de valor para contribuir a la transformación digital del sector.

El uso de *soft-sensors* permite monitorizar parámetros relevantes de la calidad del agua que actualmente son difíciles de medir en tiempo real. Para ello, utilizan como *input* datos de otras variables que se pueden adquirir más fácilmente a través de sensores que se encuentran comúnmente en las EDAR. En este trabajo se incorporan además datos en abierto como son los de variables meteorológicas. El enfoque de *soft-sensors* va más allá de la sola aplicación de técnicas de IA a un conjunto de datos estático, ya que se aplica en tiempo real para proporcionar inferencias inmediatas in-situ, que son visibles por el personal de la EDAR a través una interfaz web en tiempo casi real.

En PROWESS se aplica esta idea al caso del fósforo en la EDAR de la cuenca media - alta del río Asón, en el municipio de Ramales de la Victoria (Cantabria). En esta EDAR, diseñada para una población de 7200 h.e., la eliminación de fósforo se realiza mediante precipitación. En una primera etapa se han recopilado durante un año cerca de 500 datos de la concentración de fósforo mediante análisis en laboratorio. Simultáneamente se han registrado, con frecuencia minutar, datos de variables físico-químicas. Estos datos, junto con los procedentes de la estación meteorológica de AEMET más cercana se han utilizado para inferir la concentración de fósforo en el afluente en tiempo real mediante modelos de ML. El enfoque data céntrico junto con la aplicación de técnicas de explicabilidad y con el conocimiento del funcionamiento de la EDAR permite que estos modelos tengan sentido desde el punto de vista experto, reduciendo así la opacidad que habitualmente caracteriza a estos modelos.

Palabras Clave: fósforo, nutrientes, monitorización, agua residual, *soft-sensors*,

Agradecimientos: Optimización de la eliminación de fósforo en agua residual mediante sensores basados en datos (PROWESS). Plan Estatal de Investigación Científica y Técnica y de Innovación 2021-2023 (PID2023-150331OA-I00).

Monitorización in-situ de procesos de eutrofización mediante plataforma sensora 3D integrada en la estación robótica MAGBOAT

M. Salinas^{1,5}, M.A. García-Granados^{2,5}, M.A. Sánchez⁴, J.L. Aranda^{1,5}, M. Toledo^{1,5}, J.A. Siles^{1,5}, A.F. Chica^{1,5}, F. Tavares³, E. Herruzo⁴, M.P. Aguilar-Caballeros^{2,5} y M.A. Martín^{1,5}

¹Dpto. Química Inorgánica e Ingeniería Química, Universidad de Córdoba. Edificio Marie Curie.

²Dpto. Química Analítica, Facultad de Ciencias, Universidad de Córdoba. Edificio Marie Curie.

³Departamento de Mecánica de Medios Continuos y Teoría de Estructuras, Edificio Da Vinci.

⁴Departamento de Ingeniería Electrónica y de Computadores, Edificio Da Vinci.

⁵Instituto Químico para la Energía y el Medioambiente (IQUEMA), Universidad de Córdoba.

Campus Universitario de Rabanales, Córdoba, España.

Corresponding Author: ig2masam@uco.es

La monitorización de la calidad del agua en embalses es fundamental para la gestión sostenible de los recursos hídricos, la protección de la salud pública y la conservación de los ecosistemas acuáticos. En Europa, este proceso está regulado por la Directiva Marco del Agua (2000/60/CE), cuyo objetivo es alcanzar el buen estado ecológico de las masas de agua y definir criterios claros y estandarizados para su seguimiento y evaluación. En España, esta normativa se complementa con disposiciones sobre el dominio público hidráulico y la calidad del agua destinada a consumo humano. Los programas convencionales se basan en campañas periódicas de muestreo y análisis en laboratorio mediante metodologías normalizadas. Aunque ofrecen resultados fiables, presentan limitaciones como baja frecuencia de muestreo, escasa cobertura espacial y largos tiempos de respuesta, lo que dificulta la detección temprana de procesos de deterioro como la eutrofización por exceso de nutrientes y proliferación de algas.

La digitalización del ciclo del agua permite incorporar nuevas tecnologías que mejoran el seguimiento ambiental. En este contexto, se propone la integración de MAGBOAT, un vehículo acuático autónomo no tripulado diseñado para la monitorización de embalses mediante sensores ambientales y comunicación remota. La plataforma integra una arquitectura automatizada de adquisición de datos en puntos estratégicos y utiliza el protocolo LoRaWAN para telemetría en tiempo real, maximizando el alcance de transmisión con bajo consumo energético. El sistema también incluye almacenamiento local para mitigar la pérdida de datos ante fallos en el enlace de radio, garantizando la continuidad del registro histórico y la integridad de la información. Además, incorpora un sensor inteligente de clorofila-a, desarrollado mediante impresión 3D, capaz de realizar medidas fluorimétricas in situ para evaluar de manera precisa el estado trófico del agua, mejorando la detección temprana de la eutrofización y apoyando la toma de decisiones en la gestión hídrica.

Palabras Clave: calidad del agua, Clorofila-a, digitalización del agua, embalses, monitorización.

Agradecimientos: Proyecto MAGBOAT financiado por el Centro para el Desarrollo Tecnológico y la Innovación (CDTI), el Fondo Europeo de Desarrollo Regional (FEDER 2021–2027) y la Corporación Tecnológica de Andalucía (CTA). Los desarrollos del sensor de eutrofización se han realizado también dentro del proyecto PCM_00121.

SID_AQUARURAL©: Sistema Inteligente y Digital para la mejora de la gestión del agua urbana en el medio rural

Molina J.L.^{1,2}, García-Prieto J.C.², Zazo S.^{1,2}, Patino-Alonso C.^{1,3}, Reinoso-Aparicio M.¹ y Henríquez-Dole L.E.¹

¹IGA Grupo de Investigación. Universidad de Salamanca, Escuela Politécnica Superior de Ávila, Av. de los Hornos Caleros, 50, 05003 Ávila, España: jlmolina@usal.es, szazo@usal.es, mreinoso@usal.es, henriquez.lenin@gmail.com

²CIDTA. Universidad de Salamanca, Facultad de Farmacia, Campus Miguel de Unamuno, C/Licenciado Méndez Nieto, 37008, Salamanca, España: jcgarcia@usal.es

³IGA Grupo de Investigación. Universidad de Salamanca, Departamento of Estadística, Campus Miguel de Unamuno, C/Alfonso X El Sabio s/n, 37007, Salamanca, España: carpatino@usal.es

Garantizar la disponibilidad de agua en calidad y cantidad en el medio rural y áreas despobladas es un reto para mejorar la calidad de vida de los ciudadanos, impulsar el desarrollo socioeconómico y fijar población en dichos núcleos. Por ello, es necesario disponer de herramientas informáticas capaces de aunar características claves como facilidad de aprendizaje y manejo, automatización, alta capacidad computacional, mantenimiento y actualización accesibles y versatilidad.

En los últimos tiempos, se han empleado enfoques basados en la Inteligencia Artificial (IA), como técnicas como las Redes Neuronales Artificiales (RNA), Máquinas de Vectores de Soporte (SVM) y/o el Análisis de Componentes Principales (PCA) entre otras, para predecir procesos hidrológicos. En este sentido, la modelización y predicción de estos procesos, caracterizados por su intrínseca naturaleza estocástica e incertidumbre, puede abordarse de forma eficiente y robusta mediante un enfoque bayesiano, basado en la implementación del Teorema de Bayes. Sin embargo, hasta ahora no se han abordado este planteamiento, basado conjuntamente en la modelización mediante Redes Bayesianas (BN), la Inferencia Bayesiana (IB) y el Razonamiento Causal Bayesiano (RCB), para modelar y predecir, probabilísticamente, los procesos de tratamiento del agua para el ciclo integral del agua en el medio rural.

Esta contribución presenta el diseño preliminar de la herramienta informática SID_AQUARURAL©, basada en Inteligencia Artificial mediante un enfoque bayesiano causal. La herramienta dispone de 4 módulos funcionales interconectados (Pre-Potabilización, Potabilización, Depuración y Reutilización), que modeliza e incorporan la incertidumbre de los procesos. De esta forma SID_AQUARURAL© se configura también como un potente Sistema de Apoyo a la Decisión para el tratamiento óptimo del ciclo urbano del agua en el medio rural.

Palabras claves: Inteligencia Artificial, Sistema Inteligente Digital, gestión de recursos hídricos, modelización predictiva causal bayesiana, Ciclo integral del agua, medio rural.

Agradecimientos: Este trabajo ha sido financiada por el Programa Interreg Sudoe, cofinanciado por la Unión Europea en el marco del proyecto GestEAUr (2021–2027) “Gestión sostenible y digitalizada del agua en entornos rurales del espacio SUDOE”.

Transformación de EDAR en ecofactorías: Recuperación de nutrientes para la fertilización agrícola sostenible

L. Paredes¹, K. Molina¹, A.F. Micol¹, R. Fernandez-Gonzalez², S. Díaz-Arroniz², C.M. Castro-Barros¹

¹ CETAQUA, Centro Tecnológico del Agua, A Vila da Auga, Santiago de Compostela.

² HIDROGEA, C. Carmen, 55, 30201 Cartagena, Murcia.

Corresponding Author: lidia.paredes@cetaqua.com

El nitrógeno (N) y el fósforo (P) son los principales nutrientes utilizados en la fertilización agrícola. La producción de fertilizantes nitrogenados se realiza habitualmente mediante el método Haber-Bosch, el cual conlleva un impacto ambiental negativo debido a su alta demanda energética. Por otro lado, la UE ha incluido la roca fosfórica en la lista de materias primas críticas (Comisión Europea, 2024), lo que ha impulsado los esfuerzos por encontrar fuentes alternativas para la producción de fertilizantes fosfatados. En este contexto, es esencial desarrollar e implantar procesos que garanticen la producción y abastecimiento de fertilizantes a base de N y P de forma sostenible y las EDAR pueden jugar un papel crucial para contribuir a este fin si se aplican los principios de recuperación de recursos y economía circular.

El objetivo de este estudio es demostrar el potencial de la implementación de dos soluciones tecnológicas innovadoras en EDAR urbanas para la recuperación de agua regenerada enriquecida en nitrógeno y la producción de sales de fosfato, respectivamente. La planta piloto destinada a la recuperación de agua regenerada enriquecida en nitrógeno, instalada en la EDAR de Águilas (Murcia), integra un reactor de lodos activos de alta carga, ultrafiltración, nanofiltración y desinfección UV. Esta solución innovadora permite recuperar hasta un 85% del nitrógeno contenido en el agua residual urbana y la obtención de agua regenerada con potencial aplicación en fertirrigación. En cuanto a la recuperación de sales de fosfato, la planta piloto instalada en la EDAR de Cabezo Beaza (Murcia), combina la aplicación de un reactor biológico para la eliminación de fósforo, una unidad de elutriación y precipitación selectiva. Este tren de tratamiento permite recuperar hasta un 45% del fósforo contenido en las aguas residuales urbanas y la obtención de sales de fosfato con valor agronómico.

La integración de soluciones tecnológicas innovadoras para la recuperación de nutrientes a partir de las aguas residuales urbanas se considera una oportunidad prometedora para la transformación de las EDAR en ecofactorías. Esta estrategia contribuirá a reducir la emisión de nutrientes al medio ambiente, incrementar la disponibilidad de recursos hídricos alternativos para agricultura y, asegurar la disponibilidad a nivel nacional de productos fertilizantes a base de fósforo y nitrógeno, reduciendo la dependencia de productos fertilizantes importados de terceros países.

Palabras Clave: EDAR; fertirrigación; fósforo; nitrógeno; sales de fosfato

Agradecimientos: Los autores agradecen la financiación obtenida por parte de la Comisión Europea a través del proyecto NPower (Horizonte Europa, grant agreement No 101181873).

Valorización del fango de EDAR urbana y lixiviado de la FORM mediante fermentación acidogénica

L. Isern-Cazorla, J. Carrera y M.E. Suárez-Ojeda

Universitat Autònoma de Barcelona. DEQBA GENOCOV.

Corresponding Author: Laura.isern@uab.cat

En ciertas instalaciones de tratamiento integral de residuos, como algún Ecoparque de la región metropolitana de Barcelona, la digestión anaerobia (DA) se alimenta con la fracción orgánica de los residuos municipales (FORM) y con fangos procedentes de una estación depuradora de aguas residuales (EDAR). Durante el almacenamiento y manejo de la FORM se genera un lixiviado con elevada carga orgánica que, en la configuración actual, se introduce directamente en el digestor junto con la fracción sólida de la FORM y el fango de la EDAR. En este contexto, el presente trabajo evalúa rutas alternativas de valorización para ambos recursos (fango y lixiviado) basadas en la producción de carboxilatos mediante fermentación acidogénica (AF), frente a su destino convencional en DA. Se evaluó la eficacia y selectividad del proceso para tres sustratos diferentes: (i) fango de EDAR, (ii) co-fermentación de fango y lixiviado en una proporción aproximada de 1:3 en masa de DQO (similar a la alimentación real del digestor del Ecoparque), y (iii) lixiviado como único sustrato.

Para el tratamiento del fango de EDAR se propuso un sistema en dos etapas. La primera consistió en un pretratamiento enzimático destinado a aumentar la solubilización de materia orgánica. Se evaluaron distintos pretratamientos termoquímicos y enzimáticos. Considerando el equilibrio entre eficiencia del proceso y condiciones operativas, el tratamiento escogido como óptimo correspondió a la aplicación de proteasa al 2% (en masa respecto a sólidos volátiles) a 50°C y pH 9. La fase líquida resultante, enriquecida en sustancias húmicas, proteínas y carbohidratos solubles, se alimentó posteriormente a un reactor de AF operado a largo plazo en configuración SBR.

En la fermentación de fango, se analizaron rendimientos de producción de ácidos grasos volátiles (AGV) y su distribución a distintos pH (5.2, 6.0 y 8.0) y dos cargas orgánicas (OLRv: 1.1 y 2.3 gDQO L⁻¹d⁻¹). El mayor rendimiento (470 mgDQO-AGV g⁻¹DQO entrada) se obtuvo a pH 6.0 con la menor carga orgánica y una distribución de AGV adecuada para su posterior uso en la producción de polihidroxialcanoatos (PHA) (Montiel-Jarillo., et al. (2021). Waste Biomass Valor, 12, 6861-6873). En la co-fermentación de fango y lixiviado, los mayores rendimientos se obtuvieron a pH 6.5 y 5.7, alcanzando valores de 638 y 674 mgDQO-AGV g⁻¹DQO entrada. Finalmente, la fermentación exclusiva de lixiviado se realizó a 3 OLRv (11, 21 y 43 gDQO L⁻¹d⁻¹), favoreciendo la producción de ácidos carboxílicos de cadena media (MCCA), representando éstos entre el 40 y el 70% del total de los ácidos producidos.

Estos resultados demuestran el potencial de redirigir estas corrientes orgánicas hacia rutas de valorización basadas en la producción de compuestos con valor añadido, como: (1) AGV para la síntesis de PHA, (2) AGV para mejorar la eliminación de nutrientes en EDAR urbanas y ajustarse a la nueva directiva europea (Directive (EU). 2024/3019) y (3) MCCAs con aplicaciones en industrias químicas y de biocombustibles (Wu., et al. (2021) Bioresour. Technol., 340, 125633).

Palabras Clave: Ácidos carboxílicos, Fango de EDAR, Acidogénesis, Lixiviado de FORM.

Agradecimientos: Proyectos ORIGEN PID2021-126102OB-I00 y BioN2O PID2024-159120OB-I00 BioN2O financiados por MCIN/AEI. Autores miembros de la red CYTED Biofuturo.

XVI CONGRESO ESPAÑOL DE TRATAMIENTO DE AGUAS

MURCIA, 10-12 JUNIO 2026



5.- BIORREFINERÍA EN EDARs Y DIGITALIZACIÓN DEL AGUA

Comunicaciones cortas



Avances en la recuperación de nutrientes a partir de residuos orgánicos: Extracción de sales de amonio y ácidos húmicos y fúlvicos (HFS) de corrientes residuales de EDAR en el marco del proyecto ReLEAF

R. Albiach¹, A. Baeza-Serrano¹, C. Andecochea² y S. Durán-Videra²

¹ Global Omnium Medioambiente. Dpto. Innovación en Aguas Residuales.

² LEITAT. Circular Economy & Decarbonization department.

Corresponding Author: mremalvi@globalomnium.com

El proyecto europeo ReLEAF surge como respuesta a la necesidad de transformar la gestión de residuos orgánicos en Europa hacia un modelo de economía circular, mitigando la dependencia de fertilizantes sintéticos. ReLEAF presenta los avances realizados en la caracterización y tratamiento de flujos clave como lodos de depuradora, residuos alimentarios y descartes de la industria pesquera en el ámbito europeo.

El presente trabajo se centra en la valorización de las fracciones obtenidas tras el tratamiento de deshidratación mecánica de fangos, aplicando tecnologías de separación avanzada para la obtención de productos de alto valor agronómico. Se lleva a cabo la extracción de sales de amonio a partir del escurrido de la deshidratación de fango mediante procesos de quimisorción transmembrana, para recuperar nitrógeno en forma de sulfato amónico cristalino con alta pureza.

Paralelamente, se analiza la valorización de la fracción sólida mediante la extracción alcalina de sustancias húmicas y fúlvicas (HFS). Los concentrados de ácidos húmicos obtenidos tienen una elevada capacidad de intercambio catiónico y bioestimulante.

Este trabajo presenta los primeros resultados del escalado de ambas tecnologías a escala piloto en un entorno industrial en el proyecto ReLEAF como una solución tecnológica viable para el cierre de ciclos de nutrientes en el nexo agua-residuo-alimentación-ecosistema.

Palabras clave: Economía circular, ReLEAF, recuperación de nitrógeno, sales de amonio, sustancias húmicas, tratamiento de lodos.

Agradecimientos: Este estudio ha sido financiado por la circular Bio-Based Europe Joint Undertaking (CBE-JU) y sus miembros, en el marco del proyecto RELEAF (GA:101156998).

Valorización de aceites de cocina usados: desarrollo de una nueva biotecnología para su transformación en biopolímeros PHA de elevado valor añadido

D. Correa-Galeote¹, C. Ucha², M.A. Díaz-Moreno¹, A. Val del Río², A. Mosquera-Corral², C. Pozo-Llorente¹, J. Gonzalez-Lopez¹ y A. Gonzalez-Martinez¹

¹ Sección de Microbiología y Tecnología Ambiental, Instituto de la Investigación del Agua, Universidad de Granada, Granada, España.

² CRETUS, Departamento de Ingeniería Química, Escuela de Ingeniería, Universidad de Santiago de Compostela, España

Corresponding Author: dcorrea@ugr.es

El aceite de cocina usado es un efluente altamente contaminante, cuyo vertido indiscriminado provoca una severa degradación de la calidad del medio ambiente. Por consiguiente, se propone una estrategia para su gestión en la que este residuo sirva como fuente de carbono para la biosíntesis de polihidroxialcanoatos (PHA), precursores de bioplásticos, mediante el empleo de comunidades microbianas mixtas (MMC). No obstante, el desarrollo de una comunidad bacteriana robusta y estable con capacidad de acumulación de PHA constituye el principal cuello de botella para la implementación industrial de esta biotecnología. Por ello, resulta imperativo profundizar en la dinámica de las poblaciones clave implicadas en la acumulación de PHA para optimizar la rentabilidad económica de esta tecnología.

El objetivo del presente estudio consistió en determinar los cambios en las MMC alimentadas con aceite de cocina usado en un reactor SBR a escala piloto (24 L), operado durante 104 días bajo un régimen de festín/hambruna. La diversidad bacteriana se evaluó mediante secuenciación Illumina del gen 16S rRNA. Adicionalmente, se empleó la qPCR para cuantificar la abundancia del gen *phaC*, gen clave en la biosíntesis de PHA. La acumulación de PHA en la biomasa se determinó mediante cromatografía de gases, obteniéndose valores comprendidos entre el 30% p/p y el 54 % p/p durante la operación del reactor. Concomitantemente, la operación del reactor resultó en el desarrollo de una MMC altamente estable, dominada por el género *Aquabacter*. Asimismo, se observó un incremento en la abundancia del gen *phaC*, lo cual se asoció con mayores rendimientos de PHA.

Estos resultados subrayan la viabilidad de transformar el aceite de cocina usado en un biopolímero de elevado valor añadido bajo el paradigma de la economía circular.

Agradecimientos: Esta investigación ha sido financiada por el Ministerio de Ciencia e Innovación de España a través de los proyectos PID2020-112550RB-C22 y PID2023-148872OB-C22.

Valorización de aguas residuales agroalimentarias mediante técnicas avanzadas de biorrefinería para soluciones de envasado sostenible (VALORBIO)

D. Primo-Catalunya¹, Y. Lin², T. Seviour³, J. Bras⁴, Z. Cetecioglu⁵, S. Russel⁶, M. Pijuan¹

¹ Institut Català de Recerca de l'Aigua (ICRA); Emili Grahit 101, Girona, Spain

² Delft University of Technology, Delft, The Netherlands

³ Department of Chemical Engineering, Aarhus University, Aarhus, Denmark

⁴ Grenoble INP, Grenoble, France

⁵ KTH Royal Institute of Technology, Stockholm, Sweden

⁶ Imperial College London, London, UK.

Corresponding Author: mpijuan@icra.cat

Tradicionalmente consideradas como corrientes residuales que requieren tratamiento y eliminación, las aguas residuales están siendo reconocidas cada vez más como recursos valiosos dentro del marco de la economía circular. Las estaciones depuradoras pueden evolucionar hacia biorrefinerías capaces de producir simultáneamente agua limpia, energía renovable y bioproductos de valor añadido. Entre estos recursos, los biopolímeros biodegradables producidos por microorganismos representan una alternativa prometedora a los plásticos derivados del petróleo. En un contexto en el que la producción mundial de plásticos supera los 400 millones de toneladas anuales y sus residuos se acumulan en ecosistemas terrestres y marinos, el desarrollo de bioplásticos a partir de corrientes residuales constituye una oportunidad clave para reducir impactos ambientales.

El proyecto VALORBIO propone un enfoque integrado para convertir aguas residuales del sector agroalimentario en bioplásticos biodegradables de alto valor, evaluando simultáneamente la reutilización del agua. El proyecto se centra en la recuperación de biomasa microbiana rica en polihidroxialcanoatos (PHAs) y sustancias poliméricas extracelulares (EPS), dos biopolímeros naturales generados durante el tratamiento biológico. Aunque los PHAs son alternativas prometedoras por su biodegradabilidad, su producción a gran escala se ve limitada por altos costes y bajos rendimientos, en parte debido a la producción simultánea de EPS, generalmente descartados.

Para abordar este desafío, VALORBIO plantea la recuperación y valorización conjunta de PHAs y EPS como recursos complementarios, con el objetivo de mejorar la eficiencia global y la viabilidad económica. Durante el proyecto se investigará un tratamiento biológico que optimice la conversión de materia orgánica en PHA y EPS, junto con un método de extracción basado en líquidos iónicos, evitando el uso de disolventes tóxicos. Los materiales obtenidos se destinarán a películas y recubrimientos para envasado alimentario, y se explorará su biodegradación mediante fermentación para generar ácidos grasos volátiles, cerrando el ciclo productivo.

El proyecto, coordinado por ICRA y que se ha iniciado en enero de este año, reúne un consorcio multidisciplinar de seis grupos de investigación internacionales y ha sido financiado dentro de la convocatoria Water4All 2024, contribuyendo al desarrollo de soluciones circulares para la gestión sostenible del agua y la valorización de aguas residuales.

Palabras Clave: bioplásticos, biodegradabilidad, economía circular, envases sostenibles, valorización de aguas residuales.

Agradecimientos: Proyecto financiado en el marco de la Convocatoria Transnacional Conjunta 2024 sobre "Agua para la Economía Circular" (Water4All). La financiación fue concedida por la Agencia Estatal de Investigación (MICIU/AEI/10.13039/501100011033) a través del proyecto PCI2025-167220-2.

5.- BIORREFINERÍA EN EDARs Y DIGITALIZACIÓN DEL AGUA

Pósteres



¿Fermentación acidogénica o digestión anaerobia?: estrategias de valorización del agua de proceso de la carbonización hidrotermal de residuos de la industria alimentaria

J.J. Hernández-García¹, E. Díaz^{1,2}, M.A. de la Rubia^{1,2}, A.F. Mohedano^{1,2}

¹ Universidad Autónoma de Madrid. Dpto. de Ingeniería Química. Grupo de Investigación: Waste2Value.

² Universidad Autónoma de Madrid. IADCHEM.

Corresponding Author: elena.diaz@uam.es

El programa científico BIVALIA-CM plantea un sistema integrado de valorización de residuos agroalimentarios en el marco de las biorrefinerías contribuyendo al desarrollo de la economía circular en la Comunidad de Madrid. Entre las tecnologías contempladas en el programa, el tratamiento hidrotermal de residuos procedentes de las industrias vitivinícola (hollejos y raspones) y cervecera (bagazo), permite obtener un material carbonoso denominado hidrochar, con potencial aplicación como mejorador de suelo. Asimismo, este proceso genera un efluente acuoso (agua proceso) con elevado contenido en materia orgánica, susceptible de ser valorizada mediante procesos biológicos anaerobios.

Los ensayos se llevaron a cabo en régimen discontinuo para digestión anaerobia (36 °C, ratio inóculo/sustrato (DQO): 2), y fermentación acidogénica (36 - 55 °C, pH₀: 5,5, ratio sustrato/inóculo (DQO): 1,6), empleando como inóculos digestato granular y un lodo mixto pretratado térmicamente, respectivamente, y como sustrato agua de proceso de la carbonización hidrotermal (HTC, 180 – 240 °C, 1 h) de los citados residuos. La digestión anaerobia de las aguas de proceso procedentes de la HTC de bagazo mostró producciones 175 a 71 mL_{CH₄}/g_{DQO} para las obtenidas entre 180 y 240 °C, respectivamente, resultando el proceso más eficiente empleando el sustrato obtenido a la menor temperatura de HTC, como se ha observado en el tratamiento de aguas de proceso de residuos alimentarios (Mannarino et al., 2022; doi.org/10.1016/j.wasman.2022.02.003). En el caso de la HTC de hollejo y raspón y su co-HTC (50%-50% en peso), las aguas de proceso obtenidas a 180 °C dieron lugar a producciones de 219, 242 y 214 mL_{CH₄}/g_{DQO}, respectivamente. Los ensayos de fermentación acidogénica de estos sustratos alcanzaron producciones de hidrógeno máximas de 30 mL_{H₂}/g_{DQO} y concentraciones de ácidos grasos volátiles próximos a los 5 g/L, valores comparables a los reportados para sustratos similares (Diez et al., 2024; doi.org/10.1016/j.ijhydene.2026.153494). En este caso, el proceso resultó más eficiente empleando como sustrato las aguas de proceso obtenidas a la mayor temperatura de carbonización.

La integración del proceso de HTC de este tipo de residuos con el tratamiento anaerobio de sus aguas de proceso se presenta como una estrategia prometedora para una gestión más sostenible de residuos agroindustriales.

Palabras Clave: carbonización hidrotermal, residuos agroindustriales, tratamiento anaerobio.

Agradecimientos: MCIN/AEI/10.13039/501100011033-NextGenerationEU/PRTR (PID2022-138632OB-I00), Comunidad de Madrid (TEC-2024/BIO-177).

XVI CONGRESO ESPAÑOL DE TRATAMIENTO DE AGUAS

MURCIA, 10-12 JUNIO 2026



6.- TRATAMIENTO Y APROVECHAMIENTO DE LODOS



**XVI CONGRESO ESPAÑOL
DE TRATAMIENTO
DE AGUAS**
MURCIA, 10-12 JUNIO 2026



6.- TRATAMIENTO Y APROVECHAMIENTO DE LODOS

Comunicaciones orales



Electrohidrólisis como pretratamiento de lodos activos para mejorar la producción de biometano mediante digestión anaerobia

J.A. Gutiérrez-González, J.K Chenwi-Minang, M. Muñoz-Morales, J. Llanos, J. Villaseñor

Departamento de Ingeniería Química, Instituto de Investigación en Tecnología Química y Ambiental, Universidad de Castilla-La Mancha, Av. Camilo José Cela, Ciudad Real, 13071, España

Corresponding Author: julioa.gutierrez@uclm.es

Los lodos activos residuales (LAR) de depuradoras presentan un alto potencial para generar biometano, pero su compleja estructura y baja biodegradabilidad dificultan su digestión anaerobia (DA). Este trabajo analiza la electrohidrólisis (EH) como pretratamiento para mejorar la desintegración del lodo y optimizar la producción de metano a partir de LAR concentrados (Miroslav Hutňan et al, 2024) <https://doi.org/10.3390/pr12050868>. El pretratamiento por EH se llevó a cabo en modo galvanostático en un reactor agitado, empleando un ánodo de óxido metálico mixto (Ir-Ta MMO) y dos cátodos de carbono: un fieltro de carbono convencional (CF) y un fieltro de carbono recubierto con hidrochar (HC-CF) obtenido a partir de biomasa lignocelulósica valorizada. (Ramírez A. et al, 2023. <https://doi.org/10.1016/j.electacta.2023.142383>). Se analizó la influencia de la energía específica aplicada y de la densidad de corriente sobre la solubilización de la materia orgánica, la biodegradabilidad del lodo y el potencial bioquímico de metano (BMP). La DA se evaluó mediante ensayos batch en condiciones mesófilas, y la cinética se ajustó por el modelo de Gompertz modificado (Barrios, J. A. et al., 2021, <https://doi.org/10.1186/s13068-021-01929-7>). La EH mejoró significativamente la desintegración del lodo, incrementando la DQO soluble y la DBO₅, promoviendo la ruptura de sustancias poliméricas extracelulares y reduciendo el tamaño de partícula. Estos efectos incrementan la producción de metano de hasta un 45% respecto al lodo sin pretratar. Las condiciones óptimas se alcanzaron con energías específicas intermedias entre 500 y 1000 kJ·kg⁻¹ TS y corrientes entre 0,35 y 0,4 A. El cátodo CF proporcionó los mayores incrementos absolutos de BMP, mientras que el cátodo HC-CF mostró un mejor desempeño a menores consumos energéticos, lo que pone de manifiesto su interés para una operación energéticamente optimizada. En conjunto, los resultados demuestran que la electrohidrólisis es un pretratamiento eficaz y controlable para mejorar la DA de LAD, destacando el papel clave del material del electrodo y de las condiciones de operación en la maximización de la producción de biometano con un consumo energético moderado.

Palabras Clave: Biometano, electrohidrólisis, lodos activos residuales, fieltro de carbono, modelo de Gompertz.

Agradecimientos: Los autores agradecen el apoyo financiero de (1) el proyecto PID2022-141265OB-I00 financiado por MCIN/AEI/10.13039/501100011033 y FEDER, UE; (2) el proyecto 2025-GRIN-38454 de la Universidad de Castilla La Mancha-FEDER, y (3) Julio A. Gutiérrez agradece la subvención PREP2022-000820 financiada por MCIN/AEI/10.13039/501100011033.

ENEDAR: Mejora de la sostenibilidad de las plantas de tratamiento de aguas residuales mediante la valorización de lodos

J. A. Magdalena Cadelo¹, P. Villar², C. Bernárdez², R. Muñoz³, E. G. Hoyos³, R. Escudero⁴, I. Monreal⁴, U. Mata⁵, A. Blanco⁵, E. Zuriaga Agustí¹, S. Fernández Soriano¹

¹ FACSA, Sociedad de Fomento Agrícola Castellonense, S.A., Avda Castell Vell 35. 12004, Castelló, España

² AIMEN, Centro Tecnológico, Polígono Industrial de Cataboi. Parcela 3. 36418, O Porriño, España

³ UVA, Instituto de Procesos Sostenibles, Universidad de Valladolid, C/Dr. Mergelina, Valladolid, 47011, España

⁴ SMALLOPS, C. Don Pedro Granda, 11, 06400, Don Benito, Badajoz, España

⁵ GENESAL ENERGY, Polígono industrial de Bergondo, C/Parroquia de Rois. 15165, A Coruña, España

Corresponding Author: josea.magdalena@nealis.com

El tratamiento y valorización de lodos de depuradora representan uno de los principales desafíos de las estaciones depuradoras de aguas residuales (EDAR). El proyecto ENEDAR propone una integración avanzada de digestión anaerobia (DA), upgrading de biogás mediante solventes carbonatados, tratamiento de digestatos mediante humedales y cogeneración de alta eficiencia, con el objetivo de aumentar la autosuficiencia energética y la sostenibilidad del sector. Los ensayos de DA realizados a escala laboratorio demostraron que el uso de nanopartículas de hierro (OPS) mejora significativamente el rendimiento del proceso, alcanzándose incrementos del 21-35% en la producción acumulada de biogás bajo altas cargas orgánicas. Esta composición se analizó mediante cromatografía y con un sensor de metano de absorción directa que integra la tecnología de láser DFB. A escala piloto, la DA mostró una operación estable con una productividad de $0,35 \text{ L biogás} \cdot \text{L}^{-1} \cdot \text{d}^{-1}$. El sistema de upgrading basado en absorción con carbonatos, optimizado mediante modelización mecanicista y diseño Taguchi, permitió obtener biometano de alta pureza (95% CH_4 , 1,7% CO_2) con completa eliminación de H_2S , niveles de $\text{O}_2 < 1\%$ y un bajo requerimiento energético ($0,1 \text{ kWh/Nm}^3$). Los humedales trataron de forma robusta digestatos con cargas de hasta $60 \text{ kg TS} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{año}^{-1}$, manteniendo emisiones reducidas de CH_4 , CO_2 y N_2O , y generando un efluente de alta calidad ($\text{DQO} < 150 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$). Los biosólidos del humedal presentaron alta estabilidad, contenidos reducidos de metales pesados y ausencia de fitotoxicidad, favoreciendo el crecimiento radicular en ensayos de microcosmos. Los ensayos de cogeneración mostraron una eficiencia combinada cercana al 77%, observándose un aumento del rendimiento del motor (+2%) y una reducción del consumo específico de combustible (-55%) al operar con biometano. Finalmente, el LCA confirmó un impacto ambiental neto positivo del sistema, identificándose la purga del solvente como principal contribuyente. ENEDAR demostró el potencial de las EDAR para avanzar hacia modelos circulares y autosuficientes.

Palabras Clave: cogeneración, digestión anaerobia, humedales de tratamiento, nanopartículas de hierro, upgrading de biogás

Agradecimientos: El proyecto ENEDAR está financiado por el Ministerio de Ciencia e Innovación de España en el marco del Programa de Colaboración Público-Privada 2021 (CPP2021-008427). Los autores también desean agradecer a la Entidad Pública de Saneamiento de Aguas Residuales de la Comunidad Valenciana (EPSAR) por ceder el espacio de sus instalaciones en la EDAR de Almazora.

Maximización de la producción de biogás en EDAR Murcia Este mediante pretratamiento de fangos y codigestión inteligente: proyecto LIFE MERLIN

A. Gadea¹, E. Mena¹, E. de Vicente¹, M. Vilaplana², M. García³

¹ Empresa Municipal de Aguas y Saneamiento de Murcia S.A. (EMUASA), Murcia, España

² Cetaqua – Centro Tecnológico del Agua, Barcelona / Santiago de Compostela, España

³ Aguas Municipalizadas de Alicante E.M., Alicante, España

Corresponding Authors: elena.devicente@emuasa.es, marcel.vilaplana@cetaqua.com,
mariano.garcia@aguasdealicante.es

La digestión anaerobia de fangos constituye una de las principales estrategias para la valorización energética en estaciones depuradoras de aguas residuales (EDAR), permitiendo transformar la materia orgánica contenida en los lodos en biogás aprovechable para la producción de energía. No obstante, el rendimiento del proceso suele verse limitado por la baja biodegradabilidad de los fangos activados.

Con el objetivo de mejorar la eficiencia energética de estas instalaciones, el proyecto europeo LIFE MERLIN propone la implementación de una solución tecnológica innovadora orientada a maximizar la producción de biogás en EDAR mediante la combinación de tecnologías de pretratamiento de fangos y estrategias avanzadas de codigestión. En el caso de la EDAR Murcia Este, gestionada por EMUASA, se prevé la instalación de una planta piloto integrada en la línea de fangos para evaluar el impacto de estas tecnologías en condiciones reales de operación. El proyecto contempla también su aplicación en la EDAR Monte Orgegia (Alicante), como caso demostrativo.

La tecnología desarrollada se basa en un pretratamiento del fango secundario mediante un proceso combinado de saponificación y sonicación ultrasónica. Este tratamiento favorece la solubilización de la materia orgánica y la ruptura de las estructuras celulares, facilitando su posterior degradación durante la digestión anaerobia. De forma complementaria, el proyecto incorpora un sistema de codigestión optimizado mediante una herramienta digital diseñada para apoyar la toma de decisiones en la gestión de cosustratos orgánicos externos.

Actualmente, el proyecto se encuentra en fase de desarrollo experimental, incluyendo ensayos de codigestión a escala piloto y estudios para la selección y caracterización de cosustratos potenciales. Paralelamente, se está iniciando la fase de implementación de la planta piloto en la EDAR Murcia Este, cuya construcción e integración en la línea de fangos permitirá evaluar la tecnología en condiciones reales de operación.

Palabras Clave: biogás, codigestión, digestión anaerobia, EDAR, pretratamiento de fangos.

Agradecimientos: Este trabajo se desarrolla en el marco del proyecto LIFE MERLIN (LIFE23-CCM-ES-LIFE MERLIN 101158094), cofinanciado por el programa LIFE de la Unión Europea.

Sludge treatment wetlands: biosolid valorisation and comparative techno-economic analysis

Ana Cano-Larrotta and Enrica Uggetti

GEMMA-Group of Environmental Engineering, Department of Civil and Environmental Engineering, Universitat Politècnica de Catalunya, 08034, Barcelona, Spain

Corresponding Author: enrica.uggetti@upc.edu

Sewage sludge is a by-product of wastewater treatment plants (WWTPs), with a global annual production of approximately 1.6–2 billion tonnes. Among available treatment options, sludge treatment wetlands (STWs) are gaining attention due to their sustainability, low energy demand, and cost-effectiveness. These systems enhance drainage, evapotranspiration, and mineralisation, reducing sludge volume by up to 98%. After approximately 10 years of operation, stable and nutrient-rich biosolids can be harvested, making them suitable for agricultural use. However, demonstrating both their economic feasibility and agronomic safety remains essential for wider adoption in Spain and Europe.

This study had two main objectives: (i) to evaluate the properties of biosolids as soil amendments and fertilizers, and (ii) to assess the techno-economic feasibility of STWs compared with centrifuge dewatering across treatment capacities of 1,000–10,000 population equivalent (PE).

Biosolids were first compared with several organic amendments, including unamended soil, biochar, compost, microalgae, and digestate. A 180-day microcosm experiment assessed soil respiration, carbon mineralisation, dissolved organic matter, microbial activity, and phytotoxicity. Results showed that biosolids exhibited low carbon mineralisation rates ($k = 0.006 \text{ d}^{-1}$), indicating high stability, and significantly increased total organic carbon and nitrogen stocks compared with other amendments.

A complementary greenhouse trial evaluated their agronomic performance in radish, grass, and lettuce. Although urea achieved the highest biomass yields (e.g., a 246% increase in radish), biosolids showed competitive performance while improving crop quality. For instance, radish fertilised with biosolids had higher protein content (15.4%) than urea-treated plants (13.7%), while lettuce reached comparable protein levels when treated with biosolids or microalgae.

The techno-economic assessment revealed that, despite higher initial investment costs, STWs have operational costs 4.6–6.6 times lower than centrifuge systems. Overall, STWs represent a viable and sustainable alternative, particularly for small- to medium-sized WWTPs (1,000–10,000 PE).

Palabras Clave: Biofertilizers, Constructed wetlands, Economic Assessment, Soil amendment, Sludge valorization

Valorización de ceniza de fango de EDAR en el sector de la construcción (proyecto SLUDGE3D)

L. López-Lucas¹, T. Montoya-Martínez¹, J.L. Bonet-Senach², J.G. Muñoz-Montes³

¹ Global Omnium Medioambiente S.L. Gran Vía Marqués del Turia, 19. 46005 Valencia.

² Universitat Politècnica de València. ICITECH. Camino de Vera, s/n. 46022 Valencia.

³ Be More 3D S.L. Calle Lemosino, 3. 46119 Náquera, Valencia.

Corresponding Author: llopez@globalomnium.com

El proyecto SLUDGE3D aborda el desafío de la gestión de fangos de depuración, cuya producción anual en la Comunitat Valenciana alcanza las 360.000 toneladas. Ante las crecientes restricciones legislativas para su uso agrícola, este trabajo investiga la transformación del residuo en una materia prima secundaria para el sector de la construcción. El núcleo de la investigación se centra en la valorización de cenizas de fango obtenidas mediante procesos térmicos que garantizan la eliminación de patógenos y olores, asegurando su salubridad y viabilidad industrial.

La metodología experimental permitió determinar que la incorporación de 40 kg/m³ de ceniza en sustitución del filler calizo convencional no solo es técnicamente factible, sino que optimiza las propiedades del hormigón. Los resultados mecánicos validan este nuevo recurso, logrando resistencias a compresión de hasta 60,36 MPa, superando los valores de la mezcla de control sin adiciones. Además, el uso de cenizas en la masa del hormigón impreso en 3D para la fabricación de un encofrado colaborante en elementos estructurales demostró una excelente compatibilidad mecánica y adherencia con el hormigón de relleno. Permitiendo, de tal manera, valorizar las cenizas de fango como materia prima tanto para la producción de hormigón como para la producción de mortero para impresión 3D.

Desde la perspectiva de la economía circular, la valorización de este residuo (40 kg de cenizas de fango/m³ hormigón) permite reducir el consumo de materias primas vírgenes, como el filler calizo, y disminuir los costes de producción en un 4,7% frente al hormigón convencional. La seguridad ambiental de esta vía de gestión se confirmó mediante ensayos de lixiviación, donde el encapsulamiento de metales pesados en la matriz cementicia mantuvo la liberación de contaminantes en niveles ínfimos, muy por debajo de los límites legales para residuos inertes. Finalmente, la viabilidad de esta cadena de valor se ha materializado en la fabricación de una pasarela de 5,80 m para el estudio de su comportamiento estructural, así como en la fabricación mediante impresión 3D e instalación de mobiliario urbano funcional en el Parque Natural de la Albufera, consolidando a las cenizas de EDAR como una materia prima sostenible para la producción de un hormigón competitivo para la edificación del futuro.

Palabras Clave: Ceniza de fango, Valorización de residuos, Economía circular, Construcción sostenible, Impresión 3D.

Agradecimientos: Proyecto financiado por la Agencia Valenciana de la Innovación (AVI) bajo los expedientes INNEST/2023/220, INNEST/2023/257 y INNEST/2023/214.

**XVI CONGRESO ESPAÑOL
DE TRATAMIENTO
DE AGUAS**
MURCIA, 10-12 JUNIO 2026

meta
Mesa Española de Tratamiento de Aguas

 UNIVERSIDAD
DE MURCIA

 Facultad
de Química

 COLQUIMUR
Colegio Oficial
de Químicos
Región de Murcia

 ASOCIACIÓN DE
QUÍMICOS DE MURCIA
Tu asociación

Región  de Murcia

f SéNeCa⁽⁺⁾
Agencia de Ciencia y Tecnología
Región de Murcia

6.- TRATAMIENTO Y APROVECHAMIENTO DE LODOS

Comunicaciones cortas



Biorrefinería circular para la valorización de licor negro Kraft y lodos activados de depuradora: recuperación de lignina y producción de lípidos microbianos

J. F. Moreno, P. Oulego, S. Collado y M. Díaz

Universidad de Oviedo. Departamento de Ingeniería Química y Tecnología del Medio Ambiente. Grupo de Tecnología de Bioprocesos y Reactores

Corresponding Author: oulegopaula@uniovi.es

El licor negro Kraft (LNK) y los lodos activados de depuradora (LAD) son corrientes residuales generadas a gran escala en la industria de pasta y papel y en las estaciones depuradoras de aguas residuales, lo que plantea desafíos de gestión y valorización (Kumar, V., et al. (2024). <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2024.121631>; Chen, L., et al. (2026). <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2026.147520>). Este estudio propone una innovadora estrategia de biorrefinería circular para la valorización conjunta de LNK y LAD, orientada a la recuperación de lignina y a maximizar la producción sostenible de lípidos microbianos (LM). El proceso en cascada se inicia con la precipitación de lignina a partir del LNK, obteniéndose un LNK desprovisto de lignina (LNKNL) que se emplea como sustrato renovable para la producción de lípidos intracelulares mediante la levadura oleaginosa *Yarrowia lipolytica*. Los objetivos específicos de la investigación fueron: i) optimizar la producción de ácidos orgánicos a partir de LNKNL mediante tratamientos hidrotérmicos; ii) evaluar la producción de LM a partir de la corriente de LNKNL pretratada; iii) analizar el efecto de los LAD como cosustrato para mejorar la producción de LM; y iv) caracterizar el perfil de ácidos grasos de los LM y estimar las propiedades clave del biodiésel. La recuperación de lignina mejoró las propiedades fisicoquímicas del LNK crudo y permitió obtener un producto de valor añadido. El acoplamiento del LNKNL con LAD generó un sustrato derivado de residuos, con un contenido en nutrientes equilibrado para *Y. lipolytica*: el LNKNL aportó ácidos orgánicos fácilmente asimilables, mientras que los LAD pretratados hidrotérmicamente (hidrólisis térmica-HT/oxidación húmeda-OH) liberaron carbohidratos, N, P, Mg y Fe. La relación LNKNL:LAD reguló la especiación y el rendimiento: el co-procesamiento mostró mejores resultados que las corrientes individuales, alcanzándose el máximo consumo de sustrato a 75:25, mientras que las concentraciones de biomasa y lípidos se maximizaron a 50:50 (5.2 g/L y 2.1 g/L). La mayor productividad (0.83 ± 0.03 g/L·día) se alcanzó a 50:50 (OH). Los lípidos obtenidos fueron ricos en C16-C18 (con mayor contenido en C18:1). Las propiedades estimadas del biodiésel cumplieron en su mayoría con la norma EN 14214 y ASTM D6751. Cabe destacar que la mezcla 50:50-HT combinó altos niveles de lípidos con un cumplimiento total de la norma EN, un punto de obstrucción de filtro frío de -6.1 °C y un poder calorífico superior de 39.4 MJ/kg.

Palabras Clave: Biorrefinería; Licor negro Kraft; Lípidos microbianos; Lodos activados de depuradora; Tratamientos hidrotérmicos.

Agradecimientos: Los autores agradecen la financiación del Principado de Asturias a través del proyecto SEK-25-GRU-GIC-24-010 (IDE/2024/000695) y del MCIU a través de los proyectos nacionales RTI2018-094218-B-I00 y PID2021-125942OB-I00. J.F. Moreno agradece la beca FPU: FPU20/06328.

Uso de escoria BOF como alternativa a álcalis comerciales en la estabilización de lodos

J. González-Poyo¹, E. González-Tolivia¹, R. G. Combarros², M. Díaz¹, P. Oulego¹ y S. Collado¹

¹ Universidad de Oviedo. Dpto. Ingeniería Química y Tecnología del Medio Ambiente. Grupo de Investigación: TBR.

² Escuela Superior de Ingeniería y Tecnología, Universidad Internacional de La Rioja (UNIR), Av. de la Paz 137, 26006, Logroño, España

Corresponding Author: colladosergio@uniovi.es

La estabilización alcalina de lodos de depuradora mediante álcalis comerciales como es una práctica común para estabilizar lodos de depuradora. al inmovilizar metales pesados y reducir patógenos, pero su producción lleva aparejada elevadas huellas de carbono (1,59 t CO₂ eq/t NaOH; 1,2 t CO₂ eq/t CaO). Este trabajo evalúa el uso de la escoria de convertidor al oxígeno básico (escoria BOF), subproducto siderúrgico con 48,9% CaO, 28,1% FeO y 8,3% SiO₂, como agente alcalinizante alternativo de estabilización para lodos secundarios de depuradora (Samaras et al., (2008). J. Hazard. Mater. 154 (1), 1052–1059).

Para ello, se comparó su desempeño frente a álcalis convencionales, NaOH y CaO, en términos de capacidad alcalinizante, solubilización de materia orgánica (sCOD, sTOC, proteínas, carbohidratos) y de metales pesados (Hg, Cd, Cr, Pb, Ni, Cu, Zn, Al, Fe por ICP-MS), higienización patogénica (*Salmonella* spp., coliformes totales) y propiedades de deshidratación (índices D_i y filterabilidad). Estos resultados se emplearon posteriormente para optimizar dosificaciones (0-6 g/g TSS₀) y tamaños de partícula (0,6-1 mm), complementando los resultados con análisis económico y de huella de carbono.

Se ha encontrado que la escoria BOF logra solubilizaciones comparables a CaO (máx. 34% COD total a 3 g/g TSS₀) a través de una sinergia mecanoquímica (alcalinización + abrasión particulada + floculación Ca²⁺). Simultáneamente, la escoria BOF limita significativamente la liberación de metales pesados (Pb soluble: 0,52 µg/g TSS₀ vs. 9,2 µg/g TSS₀ con NaOH; Fe: 0,20 mg/g vs. 4,37 mg/g), elimina casi completamente *Salmonella* spp. y reduce coliformes totales a <10 UFC/g TSS₀, cumpliendo requisitos para obtener un biosólidos Clase A (Reglamento UE 2019/1009). En cuanto a la fase líquida resultante, la escoria BOF genera hidrolizados con bajas relaciones N/C (70:1) y P soluble (<2,2 mg/g TSS₀), optimizando su recirculación a cabeza de depuradora.

Un análisis económico preliminar sugiere que la sustitución de álcalis convencionales por escoria BOF es viable (costes 15-30% álcalis comerciales). En cuanto a impacto ambiental, la escoria BOF reduce la huella de carbono neta a 103 kg CO₂ eq/t lodos tratados (68-91% inferior vs. NaOH/CaO). (González-Tolivia, E. et al. (2022). Waste Management, 153, 335-346).

Palabras Clave: Escoria BOF, estabilización lodos, huella de carbono, Biosólidos Clase A.

Agradecimientos: Este trabajo ha sido financiado por la Fundación para el Fomento de la Investigación Científica Aplicada y la Tecnología en Asturias (FICYT) a través del proyecto SEK-25-GRU-GIC-24-010.

XVI CONGRESO ESPAÑOL DE TRATAMIENTO DE AGUAS

MURCIA, 10-12 JUNIO 2026

meta.
Mesa Española de Tratamiento de Aguas

 UNIVERSIDAD
DE MURCIA

 Facultad
de Química

 COLQUIMUR
Colegio Oficial
de Químicos
Región de Murcia

 ASOCIACIÓN DE
QUÍMICOS DE MURCIA
Tu asociación

Región  de Murcia

f SéNeCa⁽⁺⁾
Agencia de Ciencia y Tecnología
Región de Murcia

6.- TRATAMIENTO Y APROVECHAMIENTO DE LODOS

Pósteres



Hidrólisis alcalina de lodos de depuradora para la obtención de hidrolizados proteicos

J.G. Poyo, Z.F. Larriet, P. Oulego y S. Collado

Universidad de Oviedo. Departamento de Ingeniería Química y Ambiental. Grupo de Investigación: Bioprocesos y Reactores (TBR).

Corresponding Author: oulegopaula@uniovi.es

Los lodos de depuradora (LD), subproducto de las estaciones depuradoras de aguas residuales (EDAR), representan un importante desafío ambiental y de gestión por los grandes volúmenes generados y la presencia de patógenos y sustancias potencialmente peligrosas. En la Unión Europea se producen anualmente alrededor de 10 millones de toneladas de LD en base seca, lo que hace necesario desarrollar estrategias de gestión sostenibles. Aunque los LD son ricos en materia orgánica y nutrientes, su aplicación directa en agricultura presenta importantes limitaciones ambientales. (Zhang et al., Environ. Res., 2023, 233, 116444). En este contexto, su valorización dentro de la bioeconomía circular ha despertado un creciente interés.

Entre las alternativas disponibles, la obtención de hidrolizados proteicos a partir de LD resulta especialmente prometedora por su posible aplicación como bioestimulantes agrícolas. En este trabajo se evaluó el efecto de variables operativas clave sobre la hidrólisis alcalina de LD con el fin de maximizar la solubilización de proteínas. Los ensayos se realizaron entre 120 y 200 °C durante 30 min a 4 h, con concentraciones de sólidos totales (ST) del 3 al 10% (p/v) y una dosis de hidróxido cálcico de 0,2 g/g ST.

La hidrólisis alcalina aumentó significativamente la solubilización de la materia orgánica, incrementando el carbono orgánico total soluble, las proteínas y los aminoácidos libres en la fracción líquida. La concentración máxima de proteína soluble alcanzó 7,6 g/L bajo las condiciones óptimas estudiadas (6,8% ST, 160 °C y 4 h). Cabe señalar que las condiciones moderadas favorecieron la obtención de fracciones ricas en proteínas, mientras que las más severas promovieron la formación de ácidos carboxílicos de cadena corta. Los carbohidratos también se solubilizaron, aunque en menor medida. Asimismo, los hidrolizados líquidos presentaron cantidades apreciables de nutrientes, alcanzándose solubilizaciones de hasta el 96% del N total, 12% del P y 41% del K respecto a sus concentraciones iniciales, mientras que los metales pesados (Cd, Pb, Al, Cu, Zn y Fe) permanecieron mayoritariamente en la fracción sólida.

Estos resultados ponen de manifiesto que la hidrólisis alcalina es una estrategia prometedora de valorización de LD para la obtención de hidrolizados con posible aplicación como bioestimulante.

Palabras clave: Hidrólisis alcalina; hidrolizados proteicos; lodos de depuradora; valorización de residuos

Agradecimientos: Los autores agradecen la financiación de la Agencia Estatal de Investigación (AEI) a través del proyecto G-Blend (PID2024-161375OB-C21) y de la Agencia de Ciencia, Competitividad Empresarial e Innovación del Principado de Asturias (SEKUENS) mediante el proyecto IDE/2024/000695.

Recuperación de biofertilizantes, bioplaguicidas y bioestimulantes a partir de lodos de EDAR: FERTILAB

Sánchez Ramírez JE¹, Zuriaga Agusti E¹, Santateresa Forcada E¹, Sifre Alcantarilla A¹, Molina Peñate E², Sánchez Ferrer A², Moral Herrero R³, Riau Arenas V⁴, Izquierdo Figarola J⁵, Pardo G⁶, Beltrán Pitarch I⁷, Badenes Catalán C⁷

¹ Sociedad Fomento Agrícola Castellonense, S.A. (FACSA). Av. Castell Vell, 35, 12004, Castelló de la Plana, Castellón, España.

² Grup d'Investigació en Compostatge (GICOM). Departament d'Enginyeria Química, Biològica i Ambiental. Universitat Autònoma de Barcelona

³ Grupo GIAAMA, Instituto de Investigación e Innovación Agroalimentaria y Agroambiental CIAGRO. Univ. Miguel Hernández, EPSO, Orihuela, España

⁴ Institut de Recerca i Tecnologia Agroalimentaris (IRTA), Programa de Sostenibilidad en Biosistemas, Torre Marimon, E-08140, Caldes de Montbui, España

⁵ Dept d'Enginyeria Agroalimentària i Biotecnologia, Universitat Politècnica de Catalunya, Castelldefels, España.

⁶ Basque Centre for Climate Change – BC3, E-48940 Leioa, España

⁷ Ayuntamiento de Castellón de la Plana. Plaza Mayor, 1, 12001, Castellón.

Corresponding Author: javieredu.sanchez@nealis.com

La gestión de los lodos generados en las estaciones depuradoras de aguas residuales (EDAR) constituye uno de los principales retos del sector, tanto por su creciente volumen como por los costes económicos y ambientales asociados a su tratamiento y disposición final. En este contexto, **el proyecto FERTILAB** aborda la valorización integral de los lodos de EDAR desde una perspectiva de economía circular, orientada a la **recuperación de nutrientes y a la obtención de subproductos de alto valor añadido para su aplicación agrícola**.

El objetivo principal del proyecto es **transformar los lodos en fertilizantes minerales, bioplaguicidas y bioestimulantes**, mediante la combinación de procesos físico-químicos y biotecnológicos. La metodología desarrollada incluye ensayos a escala de laboratorio y planta piloto, destacando la recuperación de nitrógeno y fósforo en forma de estruvita ($\text{MgNH}_4\text{PO}_4 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$) mediante una planta piloto instalada en la EDAR de Castellón. Dicha planta está compuesta por dos reactores de cristalización de 220 L que opera en discontinuo en 4 fases: acidificación, decantación, recuperación del sobrenadante y cristalización a pH 9. Los resultados muestran que la solubilización previa del fósforo, tanto por vías biológicas como químicas, facilita su recuperación como estruvita, obteniéndose cristales con elevado contenido en nutrientes, si bien con un contenido orgánico significativo que requiere optimización en la etapa de separación. También, se han desarrollado bioproductos mediante fermentación en estado sólido (FES), empleando lodos acondicionados como sustrato. Se han obtenido bioplaguicidas a partir de cepas de *Bacillus thuringiensis* y *Trichoderma harzianum*, así como bioestimulantes basados en la producción de ácido indol-3-acético (IAA) mediante hongos del género *Trichoderma*. Finalmente, se ha realizado un análisis de viabilidad técnica y económica que confirma el potencial de estas soluciones para una gestión más sostenible y eficiente de los lodos de EDAR.

Palabras Clave: Economía circular, lodos de EDAR, Valorización de residuos.

Agradecimientos: Queremos agradecer al proyecto FERTILAB (PLEC2022-009252) financiado por MCIN/AEI/10.13039/501100011033 y la Unión Europea, Next Generation EU/PRTR.

Valorización integral de lodos de depuradora para la recuperación de nutrientes y producción de biolípidos mediante *Yarrowia lipolytica*

J. F. Moreno, P. Oulego, S. Collado y M. Díaz

Universidad de Oviedo. Departamento de Ingeniería Química y Tecnología del Medio Ambiente. Grupo de Tecnología de Bioprocesos y Reactores

Corresponding Author: oulegopaula@uniovi.es

Los lodos de depuradora (LD) constituyen el principal subproducto generado en los procesos de tratamiento de aguas residuales. Su creciente generación exige un cambio hacia estrategias basadas en la recuperación de recursos y la economía circular. Las metodologías convencionales para su gestión presentan limitaciones debido a las estrictas medidas regulatorias destinadas a mitigar sus impactos adversos en el medio ambiente y la salud pública (Schlederer, F., et al. (2024). <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2023.119964>). Así, en este estudio se evaluó una estrategia prometedora de valorización integral de LD orientada a su transformación en productos de alto valor añadido, concretamente biolípidos y estruvita. La oxidación húmeda (OH) se identificó como una técnica adecuada para la solubilización de los LD y la generación de ácidos grasos de cadena corta, principalmente ácido acético. El pretratamiento mediante OH a 200 °C durante 120 min permitió una reducción del 87% del contenido de sólidos suspendidos volátiles. Además, en estas condiciones, se obtuvieron 4440 ± 105 mg/L y 593 ± 21 mg/L de ácido acético y propiónico, respectivamente, que fueron asimilados por *Yarrowia lipolytica* para la producción de biolípidos. Sin embargo, la ruptura de los flóculos de LD también condujo a la solubilización de 980 ± 8 mg/L de amonio, limitando la eficiencia del cultivo de *Y. lipolytica* debido a una relación carbono/nitrógeno (C/N) desfavorable. Para solventar esta limitación, se implementó una etapa de recuperación de nutrientes mediante precipitación de estruvita. Durante esta etapa, se encontró que una relación $\text{NH}_4:\text{PO}_4:\text{Mg}$ de 1:1.5:1.5 permitió la eliminación del $97.4 \pm 0.8\%$ del amonio soluble, generando una estruvita de alta pureza y aumentando la relación C/N del LD oxidado de 3 a 105. Esta mejora incrementó el contenido lipídico de $36 \pm 1\%$ a $49 \pm 1\%$ durante el cultivo de *Y. lipolytica*. Por otro lado, la aplicación de la estrategia de cultivo por lotes secuenciales aumentó aún más el contenido lipídico a $59 \pm 1\%$, alcanzándose una concentración final de 6.0 ± 0.3 g/L tras cinco ciclos. Los biolípidos producidos, principalmente ácidos grasos monoinsaturados, presentan potencial como materia prima para biodiesel. Esta composición lipídica permitió obtener propiedades del biodiésel que cumplen con los estándares internacionales. Por lo tanto, esta investigación presenta una alternativa prometedora para la gestión de LD orientada al aprovechamiento de recursos y a la obtención de productos de alto valor añadido.

Palabras Clave: Biolípidos; Cultivo por lotes secuenciales; Estruvita; Lodos de depuradora; Oxidación húmeda.

Agradecimientos: Los autores agradecen la financiación del Principado de Asturias a través del proyecto SEK-25-GRU-GIC-24-010 (IDE/2024/000695) y del MCIU a través de los proyectos nacionales RTI2018-094218-B-I00 y PID2021-125942OB-I00. J.F. Moreno agradece la beca FPU: FPU20/06328.

XVI CONGRESO ESPAÑOL DE TRATAMIENTO DE AGUAS

MURCIA, 10-12 JUNIO 2026



7.- TRATAMIENTOS FÍSICOS Y MEMBRANAS



XVI CONGRESO ESPAÑOL DE TRATAMIENTO DE AGUAS

MURCIA, 10-12 JUNIO 2026



7.- TRATAMIENTOS FÍSICOS Y MEMBRANAS

Comunicaciones orales



Adaptación de plataformas automatizadas de análisis químico a matrices complejas: desafíos y soluciones en aguas residuales

E. Rubio, R. Alted, P. Recuero y R. Mora-Ruiz

Canal de Isabel II Ctra. Majadahonda a Boadilla km 0,800, 28220 Majadahonda (Madrid). Laboratorio de Aguas Depuradas, Dpto Área de Análisis Medio Ambiental.

Corresponding Author: mdmora@canal.madrid

Los analizadores automáticos han representado un notable avance en la línea de caracterización química de muestras de agua. En su mayoría, este tipo de equipos han sido originalmente desarrollados teniendo como principal objetivo el análisis de agua de consumo, una matriz que generalmente presentan baja carga orgánica/interferencia. El uso de este instrumental en matrices más complejas como las aguas residuales supone un cambio de paradigma y conlleva importantes retos, exigiendo con ello una profunda revisión y adaptación de los protocolos operativos.

El presente trabajo expone la experiencia adaptativa con los analizadores Hach AP3900 y SmartChem 450 en un laboratorio centrado en análisis rutinario de aguas residuales y regeneradas, se abordan los principales retos técnicos relacionados con el uso de estas plataformas en matrices complejas, los factores que podrían afectar directamente el rendimiento de los resultados y la vida útil de los equipos, así como la precisión de los métodos. También se tratan las estrategias implementadas para disminuir los retos observados incluyendo: la optimización de protocolos de pretratamiento, ajuste de parámetros analíticos, variaciones de mantenimientos preventivos y de rutinas de limpieza. Toda la experiencia demuestra que una adecuada adaptación es la base para integrar estos equipos en la rutina de análisis de aguas residuales sin tener que comprometer la calidad analítica. Esto permite aprovechar al máximo las ventajas de la automatización, reduciendo errores humanos, mejorando la trazabilidad y aumentando la productividad en un entorno tradicionalmente reservado a técnicas más manuales. Finalmente, este trabajo pone en valor la versatilidad de las plataformas automatizadas, pero también evidencia las dificultades intrínsecas y la importancia del conocimiento empírico y experto en la matriz para garantizar resultados robustos.

Palabras Clave: Adaptación metodológica, analizadores automáticos, matriz compleja y pretratamiento de muestras.

Aplicación del diseño de experimentos a la bioadsorción de ciprofloxacino con *Posidonia oceanica* activada con formaldehído

M.I. Aguilar, M. Lloréns, J.F. Ortuño, V.F. Meseguer, A.B. Pérez-Marín y F. Rodríguez-Meroño

Universidad de Murcia. Dpto. Ingeniería Química. Grupo de Investigación: Tecnología del Agua.

Corresponding Author: maquilar@um.es

En este estudio se aborda la eliminación de ciprofloxacino (CPX) en efluentes líquidos mediante bioadsorción. El CPX es un antibiótico de la familia de las fluoroquinolonas, ampliamente utilizado para el tratamiento de infecciones bacterianas. Como adsorbente se ha empleado un material de bajo coste y renovable *Posidonia oceanica* tratada con formaldehído (POF) para mejorar su capacidad de adsorción.

Se ha estudiado la influencia del pH sobre la capacidad de adsorción, así como la cinética y la isoterma de adsorción. Se ha realizado un diseño de experimentos, concretamente el diseño factorial Box-Behnken de tres niveles y tres factores, incluyendo tres réplicas del punto central, para evaluar y optimizar las condiciones de operación de mayor impacto en la bioadsorción de CPX de disoluciones acuosas utilizando POF. Los parámetros seleccionados fueron: concentración de antibiótico, dosis de adsorbente y tiempo de contacto.

Se ha utilizado la técnica de espectroscopía infrarroja por transformada de Fourier con reflexión total atenuada (ATR-FTIR), obteniendo los espectros del adsorbente, antes y después de la bioadsorción del antibiótico lo que ha permitido identificar los grupos funcionales involucrados en la adsorción del ciprofloxacino.

El pH afecta al proceso de adsorción y se obtuvieron los mejores resultados para valores próximos a 6.

El modelo de superficie respuesta obtenido con el diseño de experimentos Box-Behnken reproduce con precisión los resultados obtenidos y muestra la influencia e interacción de las variables influyentes, permitiendo su optimización.

Para alcanzar el equilibrio fue necesario un tiempo de aproximadamente 12 h. De los modelos cinéticos empleados, los de Elovich y Bangham son los que mejor ajustan los datos experimentales.

El ajuste de los datos de equilibrio a diferentes modelos de isothermas mostró que los modelos de Sips y Toth describen adecuadamente los resultados experimentales obtenidos y confirmó que la adsorción de CPX sobre *Posidonia oceanica* tratada con formaldehído es favorable. La capacidad máxima de adsorción es aproximadamente 77 mg/g, valor que demuestra su potencial como bioadsorbente respecto a otros materiales ya estudiados.

Palabras Clave: bioadsorción, Box-Behnken, ciprofloxacino, *Posidonia oceánica*.

Desarrollo de una solución tecnológica integral para la eliminación y valorización de las microfibras generadas en sistemas de lavado industriales de textiles

Lara-Guillén, Andrés J.¹; Pagán-Muñoz, Aránzazu¹; Ginestá-Anzola, Anahí¹; Paredes-Ortiz, Ana¹; Monzó-Sánchez, Fuensanta².

¹Centro Tecnológico de la Energía y del Medio Ambiente, Cartagena, España

²Centro Tecnológico del Calzado y del Plástico, Alhama de Murcia, España

Corresponding Author: alara@cetenma.es

El uso masivo de plásticos y su mala gestión han intensificado una crisis ambiental global en la que los microplásticos destacan como contaminante emergente. Se estima que alrededor de un 35% de los microplásticos que se liberan al medio ambiente proceden de los procesos de lavado y secado de textiles. Aunque las depuradoras retienen parte, una fracción llega a ríos y mares (MITECO, 2018).

El proyecto SOLUTEX aborda este desafío mediante una solución tecnológica integral “en origen” aplicable a lavanderías industriales e industria textil, estructurada en dos unidades complementarias. En primer lugar, se desarrolla un módulo de tratamiento físico para la retención, separación y concentración de las fibras presentes en el efluente, basado en filtración por membranas, con el objetivo de generar un concentrado recuperable. En su validación a escala laboratorio, la doble filtración (malla de 100 μm junto con microfiltración cerámica de 1,4 μm) alcanzó un factor de concentración de 4 y logró retener el 100% de las fibras textiles, además de reducir la DQO, DBO₅ y tensoactivos aniónicos en un 60%, 48% y 62% respectivamente. En paralelo, SOLUTEX implementa una metodología analítica reproducible para la caracterización cualitativa y cuantitativa de las microfibras en el vertido tratado y en el concentrado producido, combinando técnicas de caracterización (p. ej., FTIR/DSC y microscopía) con cuantificación avanzada mediante técnicas termoanalíticas y herramientas basadas en cromatografía de gases acoplada a espectrometría de masas. En una segunda etapa, el concentrado recuperado se utiliza para obtener productos de valor añadido mediante procesos biotecnológicos, aplicando enzimas que descomponen fibras de mezclas algodón–poliéster.

Como resultado, SOLUTEX permitirá reducir la carga de microfibras en el vertido mediante su captura en origen y transformar el residuo retenido en una corriente concentrada valorizable. El proyecto definirá las variables de diseño para el escalado e integración y avanzará hacia una validación en entorno relevante, con objetivo de alcanzar TRL6 mediante el diseño de una planta piloto.

Referencias: MITECO (Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico). “Un tercio de los microplásticos en los océanos procede de lavar ropa”. Septiembre 2018. <https://www.miteco.gob.es/es/ceneam/carpetas-informativas-del-ceneam/novedades/microplasticos-oceanos-ropa.html>

Palabras Clave: filtración por membranas; microfibras; microplásticos; valorización enzimática.

Agradecimientos: Este trabajo se está realizando dentro del proyecto SOLUTEX, financiado por la Agencia de Desarrollo Regional (INFO) con el Fondo Europeo de Desarrollo Regional (FEDER; 2024.08.CT01.000031).

Estudio de las principales variables que afectan a la inactivación de microorganismos patógenos en sistemas de tratamientos con microalgas

K. Botero Nández, A. Morillas España, S. Belachqer El Attar, J.L. Casas López y G. Ación

Universidad de Almería. Dpto. de Ingeniería Química. Centro de Investigación en Energía Solar (CIESOL)

Corresponding Author: katerine18127@gmail.com

Uno de los principales desafíos para la reutilización de aguas residuales tratadas es la presencia de patógenos, lo que limita su aplicación directa en riego agrícola. De acuerdo con el Reglamento (UE) 2020/741 establece criterios de calidad microbiológica más restrictivos y microorganismos indicadores más persistentes. Así, el presente estudio evalúa los principales parámetros que influyen en la inactivación de microorganismos patógenos en sistemas de tratamiento con microalgas para la regeneración y reutilización de aguas residuales. Para ello, se estudió el efecto de la aplicación de oxígeno puro (OP) y la radiación ultravioleta (UV) y la combinación de ambas en la inactivación de los microorganismos indicadores regulados, *Escherichia coli* (*E. coli*), *Clostridium perfringens* (*C. perfringens*) y colifagos somáticos, pero además otros no regulados como *Enterococcus faecalis* (*E. faecalis*).

Los ensayos se realizaron en sistemas internos controlados con volumen de trabajo de 1 L, utilizando agua residual real proveniente de las actividades de la Universidad de Almería, la cepa de las microalgas es variable considerando su medio heterogéneo pero tienen presencia, *Scenedesmus* y *Chlorella*, entre otras en menores proporciones; las concentraciones de oxígeno utilizadas fueron de 100% y la luz ultravioleta de 250 Wn-2 (UVA a 376 nm) con registro continuo de oxígeno y condiciones de iluminación reguladas que simulan un ciclo día/noche natural durante cinco días. El agua residual evidenció altas cargas iniciales del orden de 10^6 UFC/100 mL para *E. coli*, *E. faecalis* y *C. perfringens*, así como la presencia de colifagos somáticos (10^4 PFU/100 mL).

Los resultados demostraron diferentes respuestas de los microorganismos frente a los parámetros (OP y UV). La aplicación de OP permitió reducciones de hasta 1 unidad logarítmica para *E. coli* y hasta 2 para los colifagos somáticos, probablemente debido al efecto de la composición del efluente. Por su parte, la aplicación de UV generó reducciones más altas, especialmente en *E. coli* y *E. faecalis*, destacando su sensibilidad a la radiación UV (Kamel, A., et al. 2022). En contraste, *C. perfringens* presentó mayor resistencia frente a las variables de OP y UV siendo el más resistente.

Estos hallazgos sugieren que la combinación de OP y la UV podría mejorar la inactivación de microorganismos presentes en los tratamientos de microalgas y favorecer su reutilización en riego agrícola conforme a la normativa europea.

Palabras Clave: agua residual, bacterias, desinfección, microalga, oxígeno puro, ultravioleta.

Agradecimientos: Este trabajo ha sido financiado por la Fundación BBVA en el marco del proyecto "ALBOR: Soluciones basadas en microalgas para una agricultura resiliente y circular". S. Belachqer-El Attar agradece al PPIT-UAL por su contrato posdoctoral (CPUENTE2025/11).

Evaluación y optimización de la electrodiálisis para la reducción de nitratos y contaminantes orgánicos en aguas subterráneas

M.A. Ramos¹, S. Gómez-Herrera², E. Vega¹, A. Galí Serra¹, V. Osorio² y P. Carrera¹

¹ Centre Tecnològic BETA. Universitat de Vic. Tecnologies Ambientales.

² Instituto de Diagnóstico Ambiental y Estudios del Agua, IDAEA-CSIC, ONHEALTH.

Corresponding Author: mariuxidelosangeles.ramos@uvic.cat, paula.carrera.fernandez@uvic.cat

La contaminación por nitratos en aguas subterráneas destinadas a consumo humano constituye un problema creciente que, en numerosos casos, supera los límites permisibles establecidos en la normativa de agua de consumo (RD 3/2023). Este fenómeno está principalmente asociado a actividades agrícolas, donde el uso intensivo de fertilizantes incrementa las concentraciones de nitrógeno y también contribuye a la presencia de contaminantes químicos orgánicos regulados y de preocupación emergente. El objetivo principal del estudio fue evaluar la tecnología de electrodiálisis (ED) para eliminar principalmente nitratos y cumplir con el requerimiento establecido para agua potable (50 mg NO₃/L) en aguas procedentes de tres fuentes de la comarca de Osona (Cataluña) con distintos niveles de contaminación de nitratos: Fuente 1 (F1, 148 mg NO₃/L), Fuente 2 (F2, 91 mg NO₃/L) y Fuente 3 (F3, 65 mg NO₃/L). Además, se evaluó el potencial de la ED para eliminar contaminantes orgánicos identificados en las aguas subterráneas. El sistema de ED se operó en modo discontinuo para tratar volúmenes de agua de 10L por cada batch, para producir una solución concentrada y diluida con un ratio 1:10. Se evaluó la influencia de diferentes caudales (20 y 30 L/h) y voltajes (7, 10, 14 y 16 V) con el fin de determinar las condiciones óptimas para la eliminación de nitratos. Como postratamiento para asegurar la eliminación de contaminantes orgánicos, se trató la corriente diluida con una columna de carbón activado (CA) operada con un tiempo de contacto de 10 min utilizando 25 cm³ de CA con tamaño de partícula < 7 mm. Los resultados mostraron que el caudal óptimo de operación fue 30 L/h para todas las fuentes de agua. El voltaje óptimo fue 16 V para F1 y 7 V para F2 y F3, lo cual estuvo en concordancia con el comportamiento cinético asociado a la variación del voltaje. Bajo estas condiciones, se alcanzaron concentraciones inferiores al límite de 50 mg/L NO₃⁻ a los 80 (F1), 70 (F2) y 3 (F3) minutos con eficacias de eliminación del 70%, 50% y 35%, respectivamente. Actualmente se están procesando los datos de contaminantes orgánicos en las aguas tratadas para la evaluación de la eficacia de la tecnología ED combinada con el uso de CA. En conclusión, la ED representa una tecnología efectiva para el tratamiento de nitratos de aguas subterráneas y garantizar la disponibilidad de agua.

Palabras Clave: Electrodiálisis, nitratos, contaminantes químicos orgánicos, aguas subterráneas.

Agradecimientos: Actividad de Demostración de Transferencia del Conocimiento (ACC_2023_EXP_SIA002_24_0000016). Actuación del Pla estratègic de la PAC 2023-2027 cofinanciada por la Unión Europea, Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación y la Generalitat de Catalunya. SGH agradece el apoyo de AEI (MCIN/AEI/10.13039/501100011033) y VO el contrato Ramón y Cajal (RyC2021-034685-I) financiados por el Ministerio de Ciencia, Innovación y Universidades de España.

Integración de tecnologías de membrana para recuperación de recursos

Elvira Ferrera¹, Ignacio Ruigómez¹, Cristina González-Martín², Luis E. Rodríguez-Gómez¹, Luisa Vera¹

¹ Departamento de Ingeniería Química y Tecnología Farmacéutica, Facultad de Ciencias, Universidad de La Laguna, Avda. Astrofísico Fco. Sánchez, 38206 La Laguna, Spain.

² Departamento de Obstetricia y Ginecología, Pediatría, Medicina Preventiva y Salud Pública, Toxicología, Medicina Legal y Forense y Parasitología. Instituto Universitario de Enfermedades Tropicales y Salud Pública de Canarias, Universidad de La Laguna, Spain.

Corresponding Author: luvera@ull.edu.es

La integración de la filtración directa (DMF) con fotobiorreactores (MPBRs), constituye una estrategia innovadora para tratar las aguas residuales de manera más eficiente, alineada con los principios de la economía circular. En este esquema, la DMF opera como un pretratamiento que elimina completamente los sólidos suspendidos y la turbidez, generando un permeado con baja carga particulada pero aún rico en fracciones solubles de materia orgánica y nutrientes. Esta corriente constituye un medio idóneo para el cultivo de consorcios fototróficos, capaces de transformar y recuperar nutrientes mientras generan biomasa con potencial agronómico o bioenergético.

La filtrabilidad y el comportamiento frente al ensuciamiento de cuatro MPBRs diferenciados entre sí por la distribución de comunidades microbianas y el tiempo de retención de biomasa (BRT) fueron analizados a fin de determinar las condiciones más adecuadas para recuperar nutrientes de los efluentes procedentes de la DMF.

Dos MPBRs dominados mayoritariamente por microalgas verdes y bacterias (MPBR-I y MPBR-II), operados a BRTs de 9 y 18 d respectivamente, y dos MPBRs con consorcios altamente diversos (microalgas verdes, cianobacterias, diatomeas y bacterias), también con BRTs de 9 y 18 d (MPBR-III y MPBR-IV), permitieron estudiar por separado los efectos de la composición microbiana y del BRT sobre la filtración.

Los resultados indican que la diversidad fototrófica es un factor determinante en el incremento del flujo crítico, superando incluso la influencia del BRT. Los consorcios diversos, al generar flóculos grandes y menos densos, ofrecen un régimen de filtración más estable.

Palabras Clave: Filtración directa por membrana; consorcios de microalgas y bacterias; Incrustación de membrana; Tiempo de retención de biomasa; Diversidad microbiana; Recuperación de nutrientes.

Agradecimientos: Este estudio se desarrolló en el marco del proyecto PID2021-125404OB-I00, apoyado por MICIU/AEI/10.13039/501100011033 y FEDER/UE. Los autores agradecen su colaboración al Consejo Insular de Aguas de Tenerife (CIATF), SACyR Agua, SEGAI-ULL y al Laboratorio de TyRA-ULL. E. Ferrera agradece la cofinanciación de Agencia Canaria de Investigación, Innovación y Sociedad de la Información de Consejería de Universidades, Ciencia, Innovación y Cultura y del Fondo Social Europeo Plus (FSE+) bajo el Programa Operativo Integrado de las Islas Canarias 2021-2027. Eje 3. Tema Prioritario 74 (85%).

Membranas de polisulfona con óxido de grafeno para la eliminación mejorada de materia orgánica natural en el tratamiento de aguas de consumo

Nelson Mecias-Herrera, Gemma Moncusí-Prieto, Alba Cabrera-Codony, Sebastià Puig, Hèctor Monclús

LEQUIA, Instituto de medio Ambiente, Universitat de Girona, C/ Maria Aurèlia Capmany 69, E-17003, Girona, España.

Corresponding Author: hector.monclus@udg.edu

La reutilización de agua regenerada para su uso como recurso destinado a la producción de agua de consumo humano se está consolidando como una estrategia clave frente a la creciente escasez hídrica. No obstante, garantizar su seguridad requiere la eliminación eficaz de múltiples contaminantes, incluyendo la materia orgánica natural (NOM) y los contaminantes emergentes (CECs). Si bien ambos representan un reto, este estudio se centra en la NOM, dado que constituye el principal precursor en la formación de subproductos de desinfección como los trihalometanos, compuestos potencialmente tóxicos generados durante procesos como la cloración. Las tecnologías convencionales, como la coagulación y la filtración, presentan limitaciones en la eliminación de las fracciones más reactivas de NOM, lo que impulsa el desarrollo de soluciones más avanzadas en el contexto de la reutilización potable.

En este marco, las membranas de polisulfona modificadas con óxido de grafeno (PSU-GO) emergen como una alternativa prometedora (Zambianchi, M. et al., 2022, <https://doi.org/10.1016/J.MEMSCI.2022.120707>), gracias a su elevada área superficial, estructura laminar y la presencia de grupos funcionales oxigenados que favorecen la adsorción y separación selectiva de compuestos orgánicos. En este estudio se comparó una membrana de polisulfona convencional con otra modificada con un 5% de óxido de grafeno, ambas con un tamaño de poro de 5 nm. La caracterización de la NOM se realizó mediante espectroscopía UV-Vis y fluorescencia EEM, y el rendimiento se evaluó en términos de permeabilidad hidráulica y eliminación de NOM bajo diferentes condiciones operativas.

Los resultados evidencian que la membrana PSU-GO mejora significativamente la eliminación de NOM, alcanzando valores cercanos al 71%, junto con un mejor comportamiento hidráulico, reflejado en una mayor estabilidad de flujo y una menor pérdida relativa de permeabilidad (-28,35%). Estos resultados ponen de manifiesto su mayor resistencia al ensuciamiento y su potencial como tecnología avanzada para su integración en esquemas de tratamiento de agua regenerada orientados a la producción de agua potable segura y de alta calidad.

Palabras Clave: agua potable, materia orgánica, membranas funcionalizadas, óxido de grafeno,

Agradecimientos: Este estudio está financiado por la AEI (PID2024-155733OB-I00) a través de MICIU/AEI/10.13039/501100011033 y por FEDER, UE. N.M. cuenta con el apoyo de una beca predoctoral AGAUR-FI (2023 FI-3 00065) en el marco del programa Joan Oró de la Generalitat de Catalunya, cofinanciada por el Fondo Social Europeo Plus. S.P. es investigador Serra Hùnter (UdG-AG-575) y agradece la financiación del programa ICREA Acadèmia de AGAUR. Asimismo, el grupo LEQUIA ha sido reconocido por la Generalitat de Catalunya (2021 SGR01352).

**XVI CONGRESO ESPAÑOL
DE TRATAMIENTO
DE AGUAS**
MURCIA, 10-12 JUNIO 2026

meta.
Mesa Española de Tratamiento de Aguas

 UNIVERSIDAD
DE MURCIA

 Facultad
de Química

 COLQUIMUR
Colegio Oficial
de Químicos
Región de Murcia

 ASOCIACIÓN DE
QUÍMICOS DE MURCIA
Tu asociación

 Región de Murcia

f SéNeCa⁽⁺⁾
Agencia de Ciencia y Tecnología
Región de Murcia

7.- TRATAMIENTOS FÍSICOS Y MEMBRANAS

Comunicaciones cortas



Aplicación de la tecnología de membranas vibratorias para el tratamiento de la fracción líquida de digeridos anaerobios

Alba Sifre, María Martín, Gracia Silvestre, Elena Zuriaga, Patricia Negro

SITRA, Soluciones Industriales y Tratamientos Ambientales, S.L.

Corresponding Author: gracia.silvestre@nealis.com

El tratamiento del digerido es una de las mayores problemáticas relacionadas con la operativa de digestores anaerobios. Los digeridos anaerobios son aguas complejas que se caracterizan por una concentración elevada de materia orgánica, sólidos totales y conductividad, que dificultan su tratamiento con tecnologías convencionales de tratamiento de aguas. Tecnologías avanzadas de membranas, como las membranas vibratorias, se postulan como tecnologías prometedoras para el tratamiento de los digeridos.

La particularidad de estas membranas es que el módulo se encuentra montado sobre un cojín vibratorio, transmitiendo la vibración desde el eje hasta el módulo de membrana, ya que todo está soportado en un mismo bastidor. La vibración resultante provoca un efecto cizalla en la superficie de la membrana, reduciendo la formación de precipitados sobre ella. Esto a su vez produce una disminución de la pérdida de densidad de flujo, reduciendo el tiempo de ensuciamiento. El pretratamiento previo requerido en este tipo de membranas es menos estricto que para membranas tradicionales.

En el presente estudio se investigó el efecto de la aplicación de la tecnología de membranas vibratorias sobre un digerido proveniente de la codigestión anaerobia en doble fase temperatura de purín y alpechín. El digerido presentaba una concentración de DQO (demanda química de oxígeno) de 59 g/l y una conductividad de 15 mS/cm. El digerido se sometió primero a un tornillo separador y a una microfiltración de 25µm. La planta piloto de membranas vibratorias se operó a presión fija de 28 bar y en configuración tipo batch. Se obtuvieron porcentajes de recuperación de la fracción líquida de entre el 82 y 88%. El ciclo de limpieza completo fue clave para poder mantener ratios de recuperación por encima del 80%. El tiempo del ciclo de operación para mantener la conductividad del permeado por debajo de 100 µS, y flujos por encima de 600 mL/min se situó entre 50-80 min. El permeado obtenido de los distintos ensayos presentó concentraciones de demanda química de oxígeno (DQO) por debajo de 130 mg/l, y concentraciones de nitrógeno total por debajo de 300 mg/l. La conductividad del permeado se redujo a valores por debajo de 2 mS/cm.

Palabras Clave: conductividad, digerido anaerobio, membrana vibratoria, permeado

Cortinas biológicas y cortinas con bioadsorbentes de origen agroalimentario para el tratamiento de aguas residuales en combinación con tecnologías basadas en la naturaleza (SBN)

Molina J.L.^{1,2}, García-Prieto J.C.², Zazo S.^{1,2}, Patino-Alonso C.^{1,3}, Reinoso-Aparicio M.¹ y Cabello-Queiruga, P.²

¹IGA Grupo de Investigación. Universidad de Salamanca, Escuela Politécnica Superior de Ávila, Av. de los Hornos Caleros, 50, 05003 Ávila, España: jlmolina@usal.es, szazo@usal.es, mreinoso@usal.es, henriquez.lenin@gmail.com

²CIDTA. Universidad de Salamanca, Facultad de Farmacia, Campus Miguel de Unamuno, C/Licenciado Méndez Nieto, 37008, Salamanca, España: jcgarcia@usal.es

³IGA Grupo de Investigación. Universidad de Salamanca, Departamento of Estadística, Campus Miguel de Unamuno, C/Alfonso X El Sabio s/n, 37007, Salamanca, España: carpatino@usal.es

Los humedales son sensibles a tóxicos como compuestos orgánicos no biodegradables y metales pesados, por ello como tecnología de tratamiento novedosa se instaló un piloto de canales con cortinas biológicas y cortinas filtrantes rellenas con residuos adsorbentes de industrias agroalimentarios (en base a convertir residuos en materias primas secundarias participando en la economía circular) en la EDAR de Monleras (Salamanca) diseñada con Tecnologías Basadas en la Naturaleza (SBN) dentro del proyecto SUDOE GestEAUr.

Se ensayaron dos tipos de cortinas: a) cortinas biológicas que forman biopelículas (film fijo) para eliminar nutrientes, materia orgánica y sólidos, como tratamiento primario de bajo coste y b) cortinas filtrantes rellenas de bioadsorbentes para eliminación de compuestos orgánicos y metales pesados.

Inicialmente, se han realizado estudios de los bioadsorbentes en planta piloto de laboratorio con nueve residuos típicos de la región de estudio (cáscara de arroz, rechazo de pipa de girasol, flor de girasol, Harina integral de girasol, residuo producción de aguacate, harina de granilla de uva, harina de colza, pelo de cerdo y corteza de pino) frente a metales pesados como arsénico, cadmio, zinc, cobre, cromo, mercurio, níquel y plomo. Estudiando múltiples factores relacionados tanto con las características del metal y del biosorbente como el tipo y tratamiento del biosorbente con modificaciones químicas en sus superficies, estudiándose las modificaciones estructurales por técnicas analíticas como FTIR, SEM, XRD, XPS, concentración de biomasa, la relación superficie-volumen y la afinidad del metal por la biomasa.

Se realizaron estudios de selectividad (isotermas de Lagmuir y Freunlich) y cinéticos de adsorción de los residuos ensayados frente a los metales pesados a fin de estudiar para las aguas residuales, tanto los mejores residuos a utilizar como los tiempos de retención hidráulicos para la eliminación óptima de estos contaminantes. En la actualidad se estudia el piloto implantado en la EDAR de Monleras.

Palabras claves: Adsorción, bajo coste, economía circular, sostenibilidad medioambiental, metales pesados, residuos agroalimentarios, optimización hidráulica.

Financiación: Este trabajo ha sido financiada por el Programa Interreg Sudoe, cofinanciado por la Unión Europea en el marco del proyecto GestEAUr (2021–2027) “Gestión sostenible y digitalizada del agua en entornos rurales del espacio SUDOE”.

**XVI CONGRESO ESPAÑOL
DE TRATAMIENTO
DE AGUAS**
MURCIA, 10-12 JUNIO 2026

meta.
Mesa Española de Tratamiento de Aguas



7.- TRATAMIENTOS FÍSICOS Y MEMBRANAS

Pósteres



Adsorción del colorante Orange II en lecho fijo de biochar magnético

J.F. Ortuño, A.B. Pérez-Marín, M.I. Aguilar, V.F. Meseguer, M. Lloréns, y C.M. Balsalobre

Universidad de Murcia. Dpto. Ingeniería Química. Grupo de Investigación: Tecnología del Agua.

Corresponding Author: jfortun@um.es

Se estudia el empleo de un lecho fijo de biochar magnético y flujo ascendente como bioadsorbente para la eliminación del colorante Orange II de disoluciones acuosas. El biochar magnético se preparó a partir de bagazo residual de la industria cervecera, tratado con disolución de FeCl_3 a $\text{pH} > 10$, por adición de disolución concentrada de NaOH , para conseguir la hidrólisis y precipitación de Fe^{3+} . El sólido así obtenido se pirolizó durante 2 horas a 400°C en un horno rotatorio con atmósfera inerte de argón. El Orange II o Acid Orange 7 ($\text{C}_{16}\text{H}_{11}\text{N}_2\text{NaO}_4\text{S}$) es un colorante ácido de tipo azoico.

El comportamiento del lecho adsorbente (aproximadamente $0,47\text{ g}$ de adsorbente por cm^3 de lecho) se evaluó obteniendo las curvas de ruptura en ensayos realizados con alturas de lecho de $6,7\text{ cm}$, $10,5\text{ cm}$ y $14,1\text{ cm}$ y caudales comprendidos entre $0,88\text{ mL}\cdot\text{minuto}^{-1}$ y $2,34\text{ mL}\cdot\text{minuto}^{-1}$.

A partir de las curvas de ruptura se calculó los parámetros característicos de la adsorción: tiempo de ruptura, tiempo de saturación, cantidades de colorante retenida y tratada, porcentaje de adsorción y capacidad de adsorción. Se observó que el incremento de la altura del lecho, que proporciona más lugares de adsorción, conduce a un aumento de los tiempos de ruptura y de saturación, de la cantidad de adsorbente retenida, del porcentaje de adsorción y de la capacidad de adsorción. Por otra parte, el aumento del caudal de alimentación, que reduce el tiempo de residencia de la disolución en el lecho, disminuye el tiempo de saturación. No se observó una influencia clara de este parámetro sobre el tiempo de ruptura y la capacidad de adsorción.

Se emplearon los modelos simplificados BDST, Thomas, Yoon-Nelson y dosis-respuesta para describir las curvas de ruptura y el comportamiento del lecho adsorbente. Las curvas de ruptura experimentales se ajustaron a estos modelos y se obtuvieron los parámetros característicos de cada modelo y de la adsorción. Los modelos empleados describen aceptablemente los resultados experimentales, con valores del error relativo medio inferiores al 13% , excepto para el ensayo realizado con el menor caudal, siendo el modelo de dosis-respuesta el que proporciona una descripción ligeramente mejor que el resto.

Palabras Clave: bioadsorción, biochar magnético, Orange II, lecho fijo.

Aprovechamiento de aguas de escorrentía urbana desde tanques de tormenta

I. Sarkar, P. Llopart-Roca, B. Bayarri, C. Sans y J. Nieto-Sandoval

Universitat de Barcelona. Dpto. de Ingeniería Química y Química Analítica. Grupo de Investigación: Ingeniería de procesos de oxidación avanzada.

Corresponding Author: julia.nietosandoval@ub.edu

La escorrentía urbana almacenada en tanques de retención constituye un recurso hídrico alternativo con gran potencial de reutilización, aunque su naturaleza episódica y su elevada variabilidad fisicoquímica y microbiológica dificultan su aprovechamiento directo (Sandoval et al. (2025). *Hydroecology and Engineering*, 2(1), 10002). En este trabajo se evaluó una estrategia integrada de tratamiento para una matriz real procedente de un tanque de retención de Barcelona, compuesta por agua de escorrentía mezclada con aguas residuales diluidas. El agua presentaba una elevada carga contaminante, con turbidez inicial cercana a 850 NTU, sólidos en suspensión en torno a 800 mg L⁻¹ y una DQO de 1650 mg L⁻¹. Para su acondicionamiento se aplicó una floculación lastrada con magnetita utilizando FeCl₃ como coagulante, seguida de desinfección por cloración. La optimización del tratamiento mediante un diseño central compuesto centrado en las caras permitieron identificar como condiciones óptimas 0.16 g L⁻¹ de FeCl₃ y 1.2 g L⁻¹ de magnetita a pH 7. En estas condiciones, la adición de magnetita incrementó la densidad de los flóculos y aceleró notablemente la sedimentación, alcanzándose más del 95 % de eliminación de turbidez en 15 s, con valores finales inferiores a 5 NTU. Se logró una importante reducción de sólidos en suspensión y también materia orgánica disuelta. Tras la clarificación, la cloración a punto de ruptura con 50 mg L⁻¹ de hipoclorito sódico permitió satisfacer la demanda de cloro, mantener cloro residual libre durante 24 h y reducir E. coli y coliformes totales hasta niveles no detectables. En conjunto, los resultados demuestran que la combinación de floculación lastrada con magnetita y cloración es una alternativa rápida, compacta y eficaz para la reutilización no potable de aguas de escorrentía urbana, favoreciendo estrategias de gestión circular del agua en entornos urbanos.

Palabras Clave: cloración; escorrentía urbana; floculación lastrada; magnetita; reutilización.

Agradecimientos: Este trabajo ha sido financiado por el Ayuntamiento de Barcelona en el marco del proyecto 24S05885-001. I. Sarkar agradece el apoyo recibido a través del Máster Erasmus Mundus en Innovación y Regulación Química (ChIR), en virtud del acuerdo de subvención n.º 619824-EMJMD.

Diseño, desarrollo y validación de una tecnología de doble etapa para la reutilización de aguas de escorrentías de la rambla del Albuñón

Lara-Guillén, Andrés J.; Pagán-Muñoz, Aránzazu; Sánchez-Liarte, Francisca; Sánchez-Ferrer, Almudena; Castejón-Martínez, Gemma; Suárez-Valdés, Miguel Ángel

Centro Tecnológico de la Energía y del Medio Ambiente, Cartagena, España

Corresponding Author: alara@cetenma.es

El proyecto europeo NPOWER tiene como objetivo reequilibrar los flujos regionales de nitrógeno y fósforo en sectores críticos como la agricultura y la gestión de aguas, abordando de manera directa la mitigación del impacto de nutrientes en el Mar Menor. Bajo este marco de aplicación, se ha diseñado una tecnología específica para la recuperación de escorrentías agrícolas en la rambla del Albuñón.

El primer módulo de tratamiento comienza con un pretratamiento fisicoquímico que combina oxidación con NaOCl, ajuste de equilibrio carbónico ($\text{HCl}/\text{H}_2\text{SO}_4$) y una etapa de clarificación con adición de coagulantes y filtración en vidrio activo. El pretratamiento se completa con la eliminación del oxidante residual mediante carbón activo, adición de inhibidores de incrustaciones y microfiltración de seguridad con cartuchos de 5 μm . A continuación, tiene lugar la etapa de fraccionamiento iónico basado en membranas de nanofiltración. Esta etapa explota la exclusión por tamaño y el efecto Donnan para retener selectivamente especies bivalentes (SO_4^{2-} , Ca^{2+} , Mg^{2+}) en el concentrado (40% v/v), mientras que el permeado (60% v/v) retiene aproximadamente el 55% de la carga másica de nitratos, con una reducción de la conductividad a un 40% aproximadamente de la inicial.

El segundo módulo se centra en el tratamiento del permeado, iniciando el proceso con una descarbonatación por *stripping* de aire para el ajuste de pH previo a su entrada en un reactor secuencial (SBR) operado en condiciones anóxicas. La desnitrificación heterótrofa se optimiza mediante la dosificación de fuentes de carbono externas (acetatos o subproductos agroalimentarios), completándose el tratamiento con un acondicionamiento final, mediante filtración y desinfección, dirigido al acondicionamiento del agua tratada para su uso en riego agrícola.

Se espera obtener una eficiencia de eliminación de nitratos del 80-90%, consiguiendo un efluente con salinidad alrededor de 2 g/l, libre de materia orgánica, sólidos en suspensión y patógenos. Por último, la validación agronómica se llevará a cabo en el invernadero experimental evaluando la respuesta de cultivos hortícolas a esta fuente de agua regenerada.

Palabras Clave: desnitrificación, escorrentía, nanofiltración, NPOWER, regeneración

Agradecimientos: Estos trabajos se enmarcan en el proyecto NPOWER, cofinanciado por el Programa Horizonte Europa de la Unión Europea (GA nº 101181873)

Diseño de un reactor con cátodo seco para la producción eficiente de peróxido de hidrógeno de elevada pureza

A. Ramírez¹, N. A. Parodi¹, J. F. Pérez^{2, 3}, M. Muñoz-Morales¹, E. López-Fernández¹, J. Comendador¹, J. Llanos¹

¹Departamento de Ingeniería Química, Universidad de Castilla-La Mancha (UCLM), Ciudad Real 13071, España

²Departamento STEAM, Escuela de Arquitectura, Universidad Europea de Canarias, La Orotava 38300, España

³Departamento técnico, ACCIONA Agua, Madrid 28033, España

Grupo de Investigación: Tecnologías Integradas de Recuperación Ambiental (EARTH) de la UCLM

Corresponding Author: Javier.Llanos@uclm.es

Este trabajo presenta el desarrollo de un electrolizador de membrana de intercambio protónico con cátodo seco (DC-PEM-H₂O₂) diseñado para la producción sostenible de peróxido de hidrógeno a partir de un catalizador de carbono obtenido de biomasa residual lignocelulósica procedente de humedales. El sistema se basa en una configuración de membrana con un cátodo inicialmente seco y expuesto al aire, lo que permite una operación simplificada y eficiente, que prescinde del uso de compresor y de bombas de recirculación del compartimento catódico.

Se emplearon soportes de tela de carbono con distintos grados de hidrofobicidad, lo que permitió analizar la influencia de la gestión de agua en el rendimiento electroquímico. Bajo condiciones optimizadas, el reactor alcanzó altas eficiencias faradaicas y produjo soluciones concentradas de H₂O₂ directamente en forma de gotas, consiguiendo concentraciones superiores al 6% en peso (60.000 mg/L). El incremento de la hidrofobicidad del cátodo permitió operar a mayores densidades de corriente, logrando tasas de producción competitivas con demandas energéticas moderadas. Además, el sistema mostró estabilidad operativa prolongada (con ciclos de operación de 100 hora continuadas y más de 180 horas acumuladas) sin degradación apreciable del catalizador. Las pérdidas de rendimiento observadas a altas corrientes se asociaron a fenómenos reversibles de humectación temporal del electrodo.

Más allá del análisis electroquímico convencional, se realizó una evaluación energética integral diferenciando entre el consumo específico electroquímico y el asociado a los equipos auxiliares. Este enfoque permitió estimar el consumo energético total del proceso y evidenció que los sistemas auxiliares pueden representar la mayor fracción de la demanda energética global. Estos resultados ponen de manifiesto la necesidad de adoptar evaluaciones energéticas holísticas al diseñar y escalar tecnologías electroquímicas para la producción descentralizada de peróxido de hidrógeno.

Palabras Clave: Peróxido de hidrógeno, Reactor electroquímico, Valorización de biomasa.

Agradecimientos: Este trabajo es parte del proyecto PID2022-141265OB-I00, financiado por MCIN/AEI/10.13039/501100011033 y FEDER, UE, y del proyecto SBPLY/23/180225/000143, financiado por la Unión Europea a través del FEDER y por la Junta de Comunidades de Castilla-La Mancha (JCCM) mediante el programa INNOCAM.

Electrocoagulación para mejorar el cosechado de la biomasa de fotobiorreactores de membrana

M. San Juan, I. Ortega, M.C. Marrero-Hernández, L.E. Rodríguez-Gómez y L. Vera

Universidad de La Laguna. Dpto. Ingeniería Química y Tecnología Farmacéutica. Grupo de Investigación: Tratamiento y Reutilización de Aguas (TyRA)

Corresponding Author: luerguez@ull.edu.es

La electrocoagulación se ha estado usando desde hace poco tiempo para mejorar el cosechado de biomasa obtenida en fotobiorreactores. Por otro lado, con los fotobiorreactores de membrana se consigue un control independiente de los tiempos de retención hidráulica y de sólidos, favoreciendo altas concentraciones de biomasa y la recuperación de nutrientes. En este trabajo se presentan los resultados preliminares obtenidos en ensayos de electrocoagulación como tecnología de separación de biomasa procedente de cultivos mixtos en MPBR que tratan aguas residuales. Los experimentos se han realizado con biomasa procedente de MPBRs a escala piloto ubicados en una EDAR de Tenerife.

En los ensayos se han utilizado electrodos de hierro, zinc y magnesio, barriendo un rango de tiempo de electrocoagulación entre 5 y 15 min, y de densidad de corriente aplicada entre 10 y 50 mA/cm². A lo largo de los experimentos se mantuvo una distancia constante entre electrodos de 0,5 cm, con un área de electrodo sumergida de 30–33 cm². Durante los ensayos de electrocoagulación (EC), se midieron parámetros fisicoquímicos clave para evaluar el rendimiento del proceso, incluyendo temperatura, conductividad eléctrica, pH, densidad óptica (medida a una longitud de onda de 680 nm), turbidez, DQO (Demanda Química de Oxígeno), SST y SDT, así como el consumo energético. Los principales resultados obtenidos muestran eficiencias de hasta el 96–98 % con los tres metales seleccionados, en comparación con la sedimentación natural, que alcanza eficiencias entre el 60–80 %.

Palabras Clave: Biomasa, cosechado, electrocoagulación, fotobiorreactor, membrana.

Agradecimientos: Este estudio se desarrolló en el marco del proyecto PID2021-125404OB-I00, apoyado por MICIU/AEI/10.13039/501100011033 y FEDER/UE. Los autores expresan su gratitud por la colaboración proporcionada por BALTEN, el Consejo Insular de Aguas de Tenerife (CIATF), SACyR, y los grupos de investigación TyRA y MAT4LL ULL. Finalmente, I. Ortega agradece la cofinanciación de ACIISI de Consejería de Universidades, Ciencia, Innovación y Cultura y del Fondo Social Europeo Plus (FSE+) bajo el Programa Operativo Integrado de las Islas Canarias 2021-2027. Eje 3. Tema Prioritario 74 (85%).

Eliminación del colorante Isolan red por bioadsorción en biochar magnético

V.F. Meseguer, J.F. Ortuño, M.I. Aguilar, M. Lloréns, A.B. Pérez-Marín y J.L. Faura

Universidad de Murcia. Dpto. Ingeniería Química. Grupo de Investigación: Tecnología del Agua.

Corresponding Author: vzapata@um.es

En este trabajo se ha estudiado el empleo de biochar magnético, obtenido a partir del bagazo generado como residuo en la industria cervecera, para la adsorción del colorante Isolan red SP-G, colorante tipo azo de complejo metálico (posee cromo en su estructura). Para obtener el biochar, el bagazo se puso en contacto con una disolución de cloruro férrico, y se promovió la hidrólisis y precipitación del Fe^{3+} para la formación de Fe_3O_4 mediante adición de una disolución de NaOH. Posteriormente, el sólido separado se pirolizó en un horno rotatorio en atmósfera inerte de argón, a 400 °C durante 2 horas.

Se estudió la influencia del pH sobre la capacidad de adsorción y la cinética del proceso a 25 °C y se determinó la isoterma de adsorción a esta temperatura. Los valores experimentales obtenidos (tanto cinéticos como de equilibrio), se ajustaron a diferentes modelos cinéticos y de isotermas. Con el objetivo de optimizar el proceso, se realizó un diseño de experimentos factorial Box-Behnken de tres factores (dosis de adsorbente, concentración de colorante y tiempo de contacto), a tres niveles de cada uno y con tres repeticiones del punto central. La variable respuesta fue la cantidad de colorante adsorbida por unidad de masa de adsorbente.

Con el objetivo de identificar los grupos funcionales del adsorbente implicados en la adsorción del colorante, se obtuvo los espectros de infrarrojo con transformada de Fourier (FTIR) del sólido adsorbente, antes y después de la adsorción del colorante.

La mayor capacidad de adsorción se obtuvo a pH = 2, disminuyendo al aumentar el valor de pH y siendo prácticamente nula para pH > 5.

De los modelos cinéticos empleados, los que mejor describen los resultados experimentales son los de difusión intraparticular y de Bangham. Las isotermas de Langmuir, Sips, Redlich-Peterson y Toth describen adecuadamente los datos de equilibrio, obteniéndose una capacidad de adsorción máxima próxima a 300 mg·g⁻¹.

El diseño de experimentos factorial Box-Behnken proporciona superficies de respuesta y una ecuación polinómica que describen adecuadamente las capacidades de adsorción obtenidas en función de la dosis de adsorbente, concentración inicial de colorante y tiempo de contacto y muestran la interacción entre estas variables.

Palabras Clave: bioadsorción, biochar magnético, Box-Behnken, Isolan red.

Evaluación de un sistema de electrocloración *in situ* para la generación electroquímica de cloro y su aplicación en procesos de desinfección

C. Yuste¹, N. Pichel¹, M. Somer¹ y J. Marugán^{1,2}

¹ Grupo de Ingeniería Química y Ambiental, Universidad Rey Juan Carlos, C/ Tulipán s/n, 28933 Móstoles, Madrid.

² Instituto de Investigación de Tecnologías para la Sostenibilidad, Universidad Rey Juan Carlos, C/ Tulipán s/n, 28933 Móstoles, Madrid.

[Corresponding Author: natalia.pichel@urjc.es](mailto:natalia.pichel@urjc.es)

El acceso a agua potable segura continúa siendo un desafío importante en regiones con recursos limitados. En este contexto, la desinfección constituye una etapa clave del tratamiento del agua, siendo el cloro uno de los desinfectantes más utilizados debido a su elevada eficacia y bajo coste. En este trabajo se propone un sistema de electrocloración *in situ* para la generación electroquímica de cloro a partir de cloruro sódico, con el objetivo de evaluar su potencial para aplicaciones de desinfección.

Para ello se desarrolló un sistema electroquímico basado en acero inoxidable como cátodo y un ánodo de óxidos metálicos mixtos (MMO). Se realizaron ensayos en modo recirculación y continuo con el fin de analizar la eficiencia del proceso bajo diferentes condiciones operativas. Se evaluó la influencia de la concentración de cloruro sódico, la densidad de corriente y el caudal, en la generación de cloro libre. Asimismo, se estudió la cinética de inactivación de patógenos indicadores de contaminación microbiológica del agua, analizando el efecto de las especies de cloro presentes en disolución, las condiciones operativas del sistema y la eficacia de desinfección.

Los resultados muestran que, operando en modo continuo y utilizando altas concentraciones de cloruro sódico, elevadas densidades de corriente y bajos caudales, es posible alcanzar concentraciones de aproximadamente 9000 ppm de cloro libre en pocos minutos. Por otro lado, empleando concentraciones de cloruro similares a las presentes en aguas naturales, el sistema permite generar niveles de cloro adecuados para procesos de potabilización. Se comprobó también la estabilidad del cloro producido para asegurar también así el carácter residual de desinfección.

Los estudios microbiológicos confirmaron la eficacia del cloro generado electroquímicamente frente a microorganismos indicadores, demostrando su capacidad para inactivar patógenos presentes en el agua.

En conjunto, este trabajo demuestra el potencial de la electrocloración *in situ* como una alternativa sencilla, eficiente y adaptable para la desinfección del agua y la producción de desinfectantes, especialmente en regiones donde el acceso a productos químicos y sistemas de tratamiento convencionales es limitado.

Palabras Clave: Desinfección de agua, Electrocloración *in situ*, Tratamiento en punto de uso.

Agradecimientos: Agencia Estatal de Investigación, PHOTOREDVALORA (PID2024-159086OB-C31).

Influencia de la tecnología de conversión termoquímica en las propiedades de carbones adsorbentes obtenidos a partir de residuos textiles

M. Calero, L. Arjona, M. Andrades, G. Blázquez y M.A. Martín-Lara

Universidad de Granada. Dpto. Ingeniería Química. Grupo de Investigación: Tecnologías de Valorización de Residuos y Procesos Catalíticos (RNM-152).

Corresponding Author: mcalero@ugr.es

El elevado volumen de residuos textiles generados por la industria de la moda rápida ha impulsado la búsqueda de alternativas sostenibles para su valorización dentro de un modelo de economía circular. En este contexto, el reciclado termoquímico se presenta como una opción prometedora para transformar estos residuos en productos de valor añadido con aplicación en distintos ámbitos [Luo et al. (2021) <https://doi.org/10.1016/J.EIAR.2020.106497>; Amicarelli et al. (2022) <https://doi.org/10.1016/J.WASMAN.2022.07.032>].

El reciclado termoquímico, permite descomponer, mediante la acción de la temperatura, los residuos textiles compuestos de un único material (fibras homogéneas) o aquellos compuestos de mezclas (mezcla de tipos de fibras), incluso con un alto nivel de impurezas. El objetivo de este trabajo es comparar la pirólisis y la carbonización hidrotermal (HTC) como estrategias de conversión termoquímica para la obtención de carbones adsorbentes a partir de residuos textiles. En una primera etapa se optimizaron las condiciones de operación de ambos procesos para obtener chars con propiedades físicas, químicas y texturales adecuadas. Posteriormente, los materiales obtenidos se activaron químicamente usando como agente activante cloruro de zinc (ZnCl_2) y de forma física usando dióxido de carbono (CO_2).

Los resultados iniciales muestran diferencias en los rendimientos a char según la tecnología utilizada, alcanzándose valores de aproximadamente 49% para la pirólisis y 53% para HTC en las condiciones más óptimas. Además, el reciclado termoquímico mediante pirólisis produce char con áreas superficiales en torno a los $700 \text{ m}^2 \text{ g}^{-1}$, mientras que, una vez activados con ZnCl_2 alcanzaron hasta $1419 \text{ m}^2 \text{ g}^{-1}$, evidenciando la alta eficiencia del proceso de activación. Por su parte, la tecnología HTC genera un char con muy poca porosidad, por lo que en este caso se ha determinado que es necesario combinar la tecnología de HTC con un posterior tratamiento de pirólisis para mejorar las propiedades texturales del material final, llegando a valores próximos a los $550 \text{ m}^2 \text{ g}^{-1}$.

Palabras Clave: Economía Circular, HTC, Pirólisis, Residuos Textiles, Valorización termoquímica

Magnetic fish scale–derived nanobiocomposite for efficient removal of heavy metals from wastewater

Ahmad Abo Markeb^{1,2}, Yamilet Hernández Pérez³, Everth Jimena Leal Castañeda³, Sergio Ponsá¹, Esther Vega¹, Xavier Font²

¹ BETA Technological Centre- University of Vic- Central University of Catalunya (BETA- UVIC- UCC), Carretera de Roda 70, 08500, Vic, Barcelona, Spain

² Department of Chemical, Biological and Environmental Engineering, Escola d'Enginyeria, Universitat Autònoma de Barcelona, 08193, Bellaterra, Spain.

³ National Polytechnic Institute, Postgraduate and Research Section, ESIA Z, Av. Luis Enrique Erro S/N, Adolfo López Mateos Professional Unit, Zacatenco, Gustavo A. Madero Municipality, C.P. 07738, Mexico City, Mexico.

Corresponding Author: mohmaedahmad.abomarked@uvic.cat

The removal of toxic heavy metals from industrial wastewater remains a major challenge in water treatment, requiring the development of efficient, sustainable, and reusable adsorbent materials. In this study, a novel magnetic nanobiocomposite derived from Tilapia fish scales (MTFS NBC) was synthesized via a co-precipitation method and evaluated for Pb(II) removal from aqueous solutions. The material was characterized using FTIR, XRD, SEM, and TEM to determine its structural, morphological, and functional properties.

Adsorption parameters were optimized using Response Surface Methodology, with optimal Pb(II) removal obtained at pH 7, adsorbent dosage of 0.10 g L⁻¹, and temperature of 25 °C. Under these conditions, the MTFS NBC exhibited a high maximum adsorption capacity of 1111 mg g⁻¹ and rapid equilibrium within 5 min, indicating fast adsorption kinetics. Isotherm fitting data analysis indicated that the adsorption process followed monolayer chemisorption, primarily via coordination interactions between amide (–NH) groups and Pb(II) ions.

The nanobiocomposite maintained high removal efficiency over five adsorption–desorption cycles, demonstrating good stability and reusability. Pb(II) removal efficiencies of 98.14% and 97.21% were achieved in single-metal systems and in the presence of competing ions (Cd(II) and Cr(VI)), respectively, indicating strong selectivity. The magnetic properties of the composite enabled rapid separation from treated water without additional filtration steps. Performance tests in tap water and in real wastewater matrices confirmed the material's applicability under realistic conditions.

Overall, the synthesized MTFS nanobiocomposite represents a low-cost, magnetically recoverable, and highly efficient biosorbent with strong potential for practical application in the treatment of heavy-metal-contaminated wastewater.

Keywords: Heavy metals, Adsorption, Wastewater, Nanoparticles, Fish scales

Acknowledgments: This study was financially supported by the Spanish Ministerio de Ciencia e Innovación in the call Proyectos de Transición Ecológica y Transición Digital 2022, Squeezer project, ref. TED2021-130407B-I00.

Microplásticos: tecnologías de captura y cuantificación en masa para su control en estaciones depuradoras de aguas residuales

Zahara M. de Pedro¹, Macarena Munoz¹, J.A. Casas¹, Gonzalo Ve², Belén Carboneras², Patricia Domínguez² y Raquel Parra²

¹ Universidad Autónoma de Madrid. Dpto. Ingeniería Química. Grupo de Investigación: ÍTACA.

² CAPTOPLASTIC

Corresponding Author: zahara.martinez@uam.es

La presencia de microplásticos (MPs) en el ciclo urbano del agua representa un desafío ambiental global debido a su persistencia y capacidad para transportar contaminantes. Las estaciones depuradoras de aguas residuales (EDAR) actúan como nodos críticos en su dispersión, ya que los tratamientos convencionales no garantizan la eliminación completa de los fragmentos y fibras de menor tamaño. Ante el potencial impacto de estos contaminantes sobre la salud y el medioambiente, la sociedad demanda un mayor control, lo que ha motivado el establecimiento de un marco normativo específico (Directiva (UE) 2024/3019) que impulsa el desarrollo de soluciones eficaces para su eliminación y de métodos analíticos robustos y estandarizables para su determinación.

El grupo de investigación de la UAM y la empresa Captoplastic S.L. han desarrollado un procedimiento de separación basado en el uso de un captador que interacciona con las partículas de plástico en suspensión, formando agregados MP/captador con susceptibilidad magnética, lo que permite su separación mediante la aplicación de un campo magnético externo. El proceso se ha escalado para operar en continuo, tratando caudales de hasta 100.000 L/h en condiciones reales y mostrando eficiencias de separación de MPs del 80-90%. Además, la tecnología es versátil y puede integrarse en diferentes puntos de la EDAR, como a la salida del pretratamiento, tras la decantación secundaria o en el tratamiento terciario. La formación de agregados magnéticos también se ha aplicado al desarrollo de un procedimiento analítico para la cuantificación de los MPs presentes en el agua. El método permite un análisis rápido basado en la determinación directa de la concentración másica (mg/L), evitando la métrica convencional de conteo de partículas. El análisis comprende las siguientes etapas: formación de los agregados MP/captador, separación magnética, eliminación de interferencias mediante un tratamiento de oxidación (proceso Fenton intensificado por microondas), calcinación a 550 °C y pesada. La concentración de MPs se determina aplicando un algoritmo de cálculo desarrollado por Captoplastic S.L. La validación del método analítico ha mostrado una reproducibilidad superior al 90% independientemente del tipo de polímero, tamaño o forma de las partículas.

La integración de estos métodos representa una herramienta avanzada para las EDAR, permitiendo mejorar el proceso de tratamiento de las aguas residuales y posibilitando su adaptación a futuras normativas mediante la reducción efectiva de emisiones de MPs. Por otro lado, el desarrollo de un método de análisis que supera las limitaciones de los métodos tradicionales, basados en la inspección visual, presenta una ventaja considerable tanto para el control de las emisiones como para su aplicación en el desarrollo de una regulación ambiental.

Palabras Clave: Microplásticos, captador magnético, separación magnética, análisis.

Obtención de hidrochar a partir de cascarilla de cacao para su empleo como bioadsorbente en la eliminación de contaminantes emergentes en aguas

I.M. Díaz-Contreras¹, A. Laca¹, Y. Patiño² y A. Laca¹

¹Universidad de Oviedo. Dpto. de Ingeniería Química y Tecnología del Medio Ambiente. Grupo de Investigación: TBR

²Universidad de Oviedo. Dpto. de Ingeniería Química y Tecnología del Medio Ambiente. Grupo de Investigación: CRC

Corresponding Author: lacaamanda@uniovi.es

En la actualidad, los contaminantes emergentes (CEs), debido a su potencial riesgo para la salud humana y el medio ambiente, se han convertido en una prioridad estratégica en la gestión del agua. Como consecuencia, se están definiendo nuevas directrices y promoviendo la investigación orientada al desarrollo de tecnologías de eliminación más eficaces. Los bioadsorbentes obtenidos a partir de residuos lignocelulósicos resultan una interesante alternativa sostenible y de bajo coste para el tratamiento de aguas. En este contexto, la cascarilla de cacao, subproducto de la industria chocolatera que contiene diversos compuestos bioactivos, se presenta como un material prometedor tanto para la adsorción de CEs como para la obtención de extractos con potencial aplicación biotecnológica (Sánchez, M., Laca, A., Laca, A., Díaz, M. (2023) <https://doi.org/10.3390/antiox12051028>).

En este trabajo se prepararon hidrochars mediante tratamientos de carbonización hidrotermal bajo presión autógena empleando diferentes temperaturas (180°C-240 °C), tiempos (2-6 h) y relaciones sólido/líquido (1:5-1:35). Los materiales obtenidos fueron caracterizados físico-químicamente (BET, SEM-EDX y FTIR) y aquellos que mostraron mayor potencial fueron evaluados como bioadsorbentes en ensayos en discontinuo empleando como contaminante modelo el diclofenaco. Este fármaco antiinflamatorio no esteroideo es uno de los CEs más detectados en ecosistemas acuáticos; este carácter persistente, junto con su toxicidad, ha motivado su inclusión en las listas de vigilancia de contaminantes prioritarios elaboradas por la Unión Europea. Además, los efluentes obtenidos tras los tratamientos hidrotermales fueron caracterizados en función de su capacidad antioxidante, así como su contenido en compuestos fenólicos totales a fin de evaluar su posible uso en el sector biotecnológico.

En este trabajo se aborda un aprovechamiento integral de la cascarilla de cacao, buscando su valorización tanto como bioadsorbente para ser empleado en el tratamiento de aguas, así como materia prima para la obtención de extractos enriquecidos en compuestos con potenciales aplicaciones en el sector alimentario o farmacéutico.

Palabras Clave: hidrochar, diclofenaco, cascarilla de cacao, adsorción, capacidad antioxidante

Agradecimientos: Este trabajo ha sido financiado por el Gobierno del Principado de Asturias mediante el proyecto SEK-25-GRU-GIC-24-010.

Reducción con hierro cero valente seguida de foto-Fenton en aguas salinas: influencia de los ligandos de hierro

I. Vallés, L. Santos-Juanes, A.M. Amat y A. Arques

Universitat Politècnica de València, Departamento de Ingeniería Textil y Papelera, Grupo de Procesos de Oxidación Avanzada, Campus de Alcoy.

Corresponding Author: ivvalfer@epsa.upv.es

El proceso foto-Fenton presenta limitaciones en matrices salinas, particularmente en la degradación de contaminantes poco reactivos como los compuestos nitroaromáticos. La aplicación de una etapa reductiva previa basada en hierro cero valente (ZVI) puede transformar estos compuestos en especies más fácilmente oxidables, facilitando su posterior eliminación mediante procesos foto-Fenton (Santos-Juanes, L., et al. (2017) Chem. Eng. J. 310 484–490).

En este trabajo se evaluó la combinación secuencial de una etapa reductiva con ZVI y una posterior etapa foto-Fenton para el tratamiento de contaminantes orgánicos en aguas salinas. Como contaminantes modelo se empleó una mezcla de cinco compuestos emergentes (acetamiprid, cafeína, ácido clofíbrico, carbamazepina y ácido 4-nitrobenzoico). Para permitir la aplicación del proceso foto-Fenton a pH cercano a la neutralidad se utilizaron dos agentes complejantes del hierro, catecol y ácidos húmicos.

Los resultados mostraron que, aunque estos ligandos mejoran la eficiencia del proceso foto-Fenton al estabilizar el hierro en disolución, también pueden inhibir la etapa reductiva con ZVI. Este efecto se atribuye a la formación de capas de pasivación sobre la superficie del hierro metálico, observadas mediante microscopía electrónica de barrido (FESEM). Por otro lado, las matrices salinas favorecieron la actividad reductora del ZVI, mientras que redujeron la eficiencia del proceso foto-Fenton.

Desde un punto de vista operativo, la adición de los complejantes tras la etapa reductiva y antes del proceso foto-Fenton permitió mejorar la eficiencia global del tratamiento. Entre los ligandos estudiados, el catecol mostró un rendimiento superior al de los ácidos húmicos.

En conjunto, los resultados indican que la aplicación secuencial de reducción con ZVI seguida de foto-Fenton constituye una estrategia prometedora para el tratamiento de aguas altamente salinas, particularmente en el caso de contaminantes nitroaromáticos como el ácido 4-nitrobenzoico.

Palabras Clave: combinación reducción-oxidación, catecol, ácidos húmicos, compuestos nitroaromáticos.

Agradecimientos: Los autores quieren agradecer la financiación otorgada por la Agencia Estatal de Investigación (PID2024-159086OB-C32, PhotoRedValora). I. Vallés agradece al Ministerio de Universidades (FPU21/01336).

Retención de microplásticos en aguas residuales: adsorción con carbón activado y vermifiltración

Alexandra Guanuchi Quito¹, Yolanda Moreno Trigos² y Daniel Aguado García²

¹ Doctorado en Ingeniería del Agua y medioambiental Universitat Politècnica de Valencia

² Universitat Politècnica de Valencia, Instituto de Ingeniería del Agua y Medio Ambiente IIAMA.

Corresponding Author: alquaqui@posgrado.upv.es

Los microplásticos se han identificado como contaminantes emergentes de creciente preocupación ambiental debido a su persistencia, tamaño reducido y amplia distribución en los ecosistemas acuáticos. Las plantas de tratamiento de aguas residuales representan una de las principales vías de transferencia de estos contaminantes hacia los cuerpos receptores, ya que los procesos convencionales no siempre logran su eliminación completa (Sun, J., Dai, X., Wang, Q., van Loosdrecht, M., & Ni, B. (2019). Microplastics in wastewater treatment plants: Detection, occurrence and removal. *Water Research*, 152, 21–37. <https://doi.org/10.1016/j.watres.2018.12.050>).

En este contexto, diversas tecnologías complementarias han sido investigadas para mejorar la retención de microplásticos, incluyendo procesos de adsorción con materiales filtrantes y tecnologías naturales de tratamiento como la vermifiltración, basada en la actividad biológica de lombrices y microorganismos presentes en el medio filtrante (Sinha, R. K., Bharambe, G., & Chaudhari, U. (2008). Sewage treatment by vermifiltration. *The Environmentalist*, 28, 409–420. <https://doi.org/10.1007/s10669-008-9162-8>).

El presente estudio evaluó la eficiencia de filtros de carbón activado a escala de laboratorio para la retención de microplásticos presentes en aguas residuales procedentes de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales (PTAR) de Ucubamba, en Cuenca (Ecuador). Se diseñaron tres columnas filtrantes con lechos de carbón activado de 20, 25 y 30 cm, complementadas con capas de grava y arena. Las muestras fueron analizadas mediante filtración por membrana, tinción con rodamina B, fluorescencia UV y microscopía óptica para la identificación de microplásticos.

Las concentraciones iniciales de microplásticos oscilaron entre 2,3 y 5,7 millones de partículas por litro. Tras el tratamiento, se observaron eficiencias favorables de remoción, destacándose el filtro con lecho de 30 cm. que alcanzó una eliminación de hasta 78,98 %. Asimismo, al comparar diferentes tipos de carbón activado, el carbón activado en polvo presentó la mayor eficiencia de remoción (80%), lo que sugiere un efecto positivo asociado a su mayor área superficial y capacidad de adsorción.

De manera complementaria, evaluaciones preliminares realizadas con sistemas de vermifiltración han mostrado capacidades relevantes para la retención de microplásticos en aguas residuales, con eficiencias de remoción superiores al 60 %. Estos resultados evidencian el potencial de integrar tecnologías de adsorción y vermifiltración para fortalecer el control de contaminantes emergentes en plantas de tratamiento de aguas residuales.

Palabras clave: adsorción, aguas residuales, carbón activado, microplásticos, vermifiltración

Agradecimientos: Los autores agradecen a la Universidad de Cuenca, al Instituto Universitario de Investigación de Ingeniería del Agua y Medio Ambiente (IIAMA) de la Universidad Politécnica de Valencia y a la Fundación Carolina por el apoyo académico, técnico y financiero brindado para el desarrollo de esta investigación

Separación de monometil tereftalato mediante membranas de nanofiltración

M. Gómez, A. Hidalgo, J. Bastida, M.F. Máximo, M.D. Murcia, S. Ortega

Departamento de Ingeniería Química. Facultad de Química. Universidad de Murcia. Campus de Espinardo, 30100, Murcia, España

Corresponding Author: maria.gomez@um.es

En la actualidad, los microplásticos y en especial los nanoplásticos (plásticos con dimensiones que se miden en nanómetros) se han convertido en un grave problema medioambiental, es por ello por lo que este estudio se ha centrado en la eliminación del compuesto tereftalato de monometilo (MMT) derivado del polietileno de teraftalato (PET) en aguas residuales. Se han utilizado dos membranas, NF99HF y NF-estándar, realizando la caracterización inicial de las mismas mediante un módulo de membranas plano.

El procedimiento experimental se ha estructurado en distintas etapas, inicialmente, se ha llevado a cabo el estudio de la permeabilidad al disolvente mediante la realización de ensayos con agua destilada. Seguidamente se ha analizado la selectividad inicial de las membranas por medio de disoluciones salinas de $MgCl_2$ para obtener los flujos másicos de permeado y los coeficientes de rechazo. Posteriormente se han realizado los ensayos con el compuesto contaminante (MMT), a distintas presiones de operación analizando la eficacia de separación de las membranas de nanofiltración.

Los ensayos han puesto de manifiesto que la membrana NF99HF es más eficiente en la eliminación de disoluciones acuosas de MMT a pH 7, ya que presenta mayor coeficiente de rechazo que la membrana NF-estándar, aunque el flujo másico está más limitado, debido a que la membrana NF99HF es más selectiva. Por otro lado, se ha observado que la presión aplicada es el parámetro que afecta de forma significativa a los flujos másicos de permeado, dado que éste aumenta con la presión hidráulica aplicada. Finalmente, al realizar la comparativa de ambas membranas se encuentra que ambas son capaces de separar el compuesto MMT con un alto coeficiente de rechazo, sin embargo, la membrana NF99HF obtiene unos flujos másicos más elevados al aumentar la presión de operación obteniendo unos buenos coeficientes de rechazo.

Palabras Clave: membranas, nanofiltración, nanoplásticos, monometil tereftalato

Solución innovadora para la reutilización de agua conforme al RD 1085/2024 mediante ultrafiltración y UV-LED: proyecto LIFE WARRIOR

E. de Vicente¹, E. Mena¹, A. Gadea¹ y E. Mundaray²

¹ Empresa Municipal de Aguas y Saneamiento de Murcia S.A. (EMUASA), Murcia, España

² Cetaqua – Centro Tecnológico del Agua, Barcelona / Santiago de Compostela, España

Corresponding Author: elena.devicente@emuasa.es eleana.mundaray@cetaqua.com

El incremento del estrés hídrico en regiones semiáridas y la reciente aplicación del Real Decreto 1085/2024, que regula la reutilización de aguas en España, requieren soluciones avanzadas capaces de garantizar la calidad del agua regenerada para riego agrícola. En este contexto, el proyecto LIFE WARRIOR (LIFE21-ENV-ES-101074367) demuestra un tren de tratamiento innovador basado en ultrafiltración (UF) y desinfección mediante tecnología UV-LED, como alternativa al tratamiento terciario convencional.

La planta piloto, ubicada en la EDAR Nueva Sucina (Murcia), ha sido operada en condiciones reales, evaluando su rendimiento mediante parámetros fisicoquímicos y microbiológicos clave. Los resultados obtenidos, expresados como valores promedio de operación, evidencian una mejora significativa de la calidad del efluente tras la etapa de UF, alcanzando turbideces medias de 1,17 NTU y concentraciones medias de sólidos en suspensión de 1,89 mg/L, con un 100% de las muestras cumpliendo los valores máximos admisibles (VMA). La DBO5 presenta un valor promedio de 3,78 mg/L, con un 94,44% de muestras en cumplimiento.

En términos microbiológicos, la combinación de UF y UV-LED permite una reducción muy significativa de *Escherichia coli*, pasando de un valor promedio de $2,16 \cdot 10^4$ UFC/100 mL en entrada a un promedio de 5,1 UFC/100 mL en el efluente final. El 94,64% de las muestras analizadas cumplen con los VMA establecidos. Asimismo, *Legionella* spp. no se detecta en ninguna de las muestras (100% de cumplimiento).

Globalmente, el sistema demuestra su capacidad para alcanzar, en términos promedio y con un alto porcentaje de cumplimiento de muestras, la calidad A.A. definida en el Real Decreto 1085/2024 para reutilización en riego agrícola. Desde el punto de vista operacional, se ha identificado la gestión del ensuciamiento de membranas y la optimización de las limpiezas químicas como factores clave para garantizar la estabilidad del proceso.

Los resultados obtenidos validan la integración de tecnologías de membranas y UV-LED como una alternativa robusta, eficiente y alineada con el marco regulatorio europeo (UE 2020/741), contribuyendo a la economía circular y a la resiliencia hídrica del sector agrícola.

Palabras Clave: Agricultura, Reutilización, Ultrafiltración, UV-LED, Water reuse

Agradecimientos: Financiado por el programa LIFE de la Unión Europea bajo el proyecto LIFE WARRIOR (LIFE21-ENV-ES-101074367).

Tracking dissolved organic matter transformations and membrane fouling processes in pilot-scale membrane photobioreactors using EEM fluorescence spectroscopy

E. Beltrán-Flores, E. Ferrera, I. Ortega, I. Ruigómez y L. Vera

Universidad de La Laguna. Departamento de Ingeniería Química y Tecnología Farmacéutica. Grupo de Investigación Tratamiento y reutilización de aguas (TyRA).

Corresponding Author: ebeltraf@ull.edu.es; luvera@ull.edu.es

Excitation–emission matrix (EEM) fluorescence spectroscopy is widely used to characterize dissolved organic matter (DOM) in natural waters and wastewater treatment systems. By identifying characteristic fluorophore regions, EEM analysis provides information on DOM origin, biodegradability and compositional changes during biological treatment processes (Li, L., et al. (2020). *Chemical Engineering Journal*, 381, 122676). In recent years, this technique has been increasingly applied to wastewater treatment monitoring to track soluble microbial products (SMP), extracellular polymeric substances (EPS) and other fractions directly involved in membrane fouling (Jacquin, C., et al. (2017). *Water Research*, 118, 82-92). In membrane photobioreactors (MPBRs), where algal–bacterial bioremediation and membrane separation occur simultaneously, EEM spectroscopy represents a particularly promising tool for investigating DOM evolution (Low, S.L., et al. (2016). *Chemical Engineering Journal*, 290, 91-102). In this study, EEM fluorescence spectroscopy was applied to characterize DOM composition at different sampling points of four pilot-scale MPBR systems treating real municipal wastewater at the Valle Guerra and Santa Cruz wastewater treatment plants (Tenerife, Spain), equipped with ceramic microfiltration and PVDF ultrafiltration membranes. Fluorescence datasets were corrected for inner filter effects and normalized using the Raman peak area to ensure comparability between samples. Results showed that influent wastewater was dominated by protein-like fluorescence (peaks B and T), which decreased after treatment in the algal–bacterial reactor together with a relative increase in humic-like regions, indicating preferential consumption of labile organic matter and progressive DOM transformation. Comparisons between membrane tank and permeate samples suggested that DOM attenuation was mainly governed by fouling-layer processes rather than nominal pore size, with the ceramic membrane showing stronger fluorescent DOM reduction than the PVDF membrane. These preliminary results confirm the potential of EEM spectroscopy as a practical monitoring tool to investigate DOM transformations and membrane fouling behavior in algal-bacteria MPBR systems.

Palabras Clave: Algal–bacterial MPBR; Dissolved organic matter; EEM fluorescence spectroscopy; Membrane fouling; Pilot-scale systems

Agradecimientos: This study was developed into the framework of the PID2021-125404OB-I00 project supported by MICIU/AEI/10.13039/501100011033 and FEDER/UE. The authors express their gratitude to BALTEN, Consejo Insular de Aguas de Tenerife (CIATF), SACyR, and TyRA and MAT4LL ULL research groups. Finally, E. Ferrera and I. Ortega acknowledge co-funding from ACIISI of Consejería de Universidades, Ciencia, Innovación y Cultura and from the European Social Fund Plus (FSE+) under the Integrated Operational Programme of the Canary Islands 2021-2027. Axis 3. Priority Theme 74 (85%).

**XVI CONGRESO ESPAÑOL
DE TRATAMIENTO
DE AGUAS**
MURCIA, 10-12 JUNIO 2026



8.- OTRAS ÁREAS TEMÁTICAS RELACIONADAS CON EL AGUA



XVI CONGRESO ESPAÑOL DE TRATAMIENTO DE AGUAS

MURCIA, 10-12 JUNIO 2026



8.- OTRAS ÁREAS TEMÁTICAS RELACIONADAS CON EL AGUA

Comunicaciones orales



Economía circular aplicada a la eliminación de nitratos en los procesos de agua potable: recuperación de sales y producción de hidrógeno

Miguel Capilla, Jaume Cotoí, Pedro Román, Silvia Bayarri, Stephanie Aparicio, Javier Sanchis-Carbonell y María Pedro

Aguas de Valencia S.A., Gran Vía Marqués del Turia, 19, 46005, Valencia, Spain.

Corresponding Author: micapllor@globalomnium.com

El último informe sobre el estado de las aguas europeas de 2018 indicaba que el 18% de la superficie total de las masas de agua subterráneas está contaminada debido a las actividades agrícolas intensivas. En este contexto, el proyecto LIFE ELEKTRA tiene como objetivo principal el desarrollo y validación a escala industrial de una tecnología basada en la desnitrificación electroquímica para la eliminación de nitratos y su posterior reutilización de corrientes acuosas ricas en este contaminante, como aguas subterráneas o corrientes de rechazo de planta de membrana. Esta tecnología se enfoca desde la perspectiva de la economía circular al permitir la valorización de sales disueltas y la recuperación de hidrógeno, complementado con energía solar fotovoltaica.

El proceso cuenta con varias etapas que optiman el tratamiento de eliminación de nitratos y la recuperación de productos de interés. La primera etapa del proceso supone una fase de ablandamiento mediante resinas de intercambio iónico, seguida de una etapa de ósmosis inversa. El reactor electroquímico permitió eliminar >99% del nitrato presente en la corriente de agua indicando la gran efectividad del tratamiento.

Tras lo cual se añadió una etapa de posfiltración para modular la composición salina del agua de salida. Así, se introdujo una etapa de doble filtración mediante resinas de intercambio iónico, lo que redujo la conductividad en un 99%. Además, la combinación de las soluciones de lavado de las etapas de ablandamiento y desmineralización da lugar a la precipitación de sales de calcio y magnesio en forma de carbonato. La recuperación de las sales disueltas en forma sólida permite introducirlas en la cadena de valor y recircular los residuos del proceso. Finalmente, se obtiene una corriente con una menor concentración de sal que puede utilizarse para otros fines, lo que da como resultado un proceso con un vertido de agua mínimo.

Palabras Clave: desnitrificación electroquímica, economía circular, hidrógeno, nitratos.

Agradecimientos: Este proyecto está cofinanciado por la Unión Europea a través del Programa LIFE (Exp. 101113771 - LIFE22/ENV/ES LIFE ELEKTRA).

Evaluación integrada del impacto odorífero en EDAR mediante olfatometría de campo y modelización CFD

M. Calzada¹, R. Quilis¹, J. Escudero¹ y J. Climent²

¹ Sacyr Agua, Dirección Técnica, Plantas Industriales. Murcia.

² Hydrens. Dirección Estratégica. Grupo Gimeno. Castelló de la Plana.

Corresponding Author: macalzada@sacyr.com

Este trabajo presenta la combinación de la olfatometría de campo y la modelización CFD como herramientas eficaces para la gestión preventiva y la mejora del ambiente odorífero en estaciones depuradoras de aguas residuales (EDAR). El estudio se desarrolló en las EDAR de Jumilla y Yecla (Murcia), gestionadas por Sacyr Agua, instalaciones que —aun sin presentar quejas por olor— mantienen un programa específico de control y mejora continua de la calidad del aire.

La olfatometría de campo mediante Nasal Ranger™ permitió cartografiar y caracterizar los niveles de olor ambientales, identificando focos difusos asociados principalmente a operaciones rutinarias (Cid-Montañéz, et al., 2008) (Cid-Montañéz, 2014). Estas mediciones, evaluadas bajo criterios de referencia internacionales, facilitaron la determinación del “peor escenario” y la priorización de actuaciones eficaces (GenCat borrador, 2012) (NER, 2004).

Complementariamente, la simulación fluidodinámica (CFD) permitió reproducir de forma detallada el comportamiento del aire y gases como el H₂S en los edificios críticos de pretratamiento y deshidratación (HYDRENS, 2024). A través de la solución tecnológica desarrollada por HYDRENS —modelos 3D a escala real integrados con herramientas CFD— se identificaron disfunciones en los sistemas de ventilación y extracción, y se diseñaron mejoras orientadas a confinar y captar gases de manera más eficiente. Su implementación redujo significativamente la presencia de gases nocivos, resultados que fueron confirmados por los mapeos posteriores.

Los hallazgos y la experiencia obtenida serán presentados en detalle para su análisis y discusión en este encuentro.

Palabras clave: olfatometría de campo, modelación CFD, gestión del olor, EDAR

Agradecimientos: Agradecemos a ESAMUR su apoyo institucional y su compromiso con la mejora continua de la gestión del olor en las instalaciones de saneamiento de la Región de Murcia. Asimismo, agradecemos a HYDRENS por su colaboración técnica y por el desarrollo e implementación de soluciones de simulación CFD que han permitido optimizar la calidad del ambiente odorífero en las EDAR estudiadas.

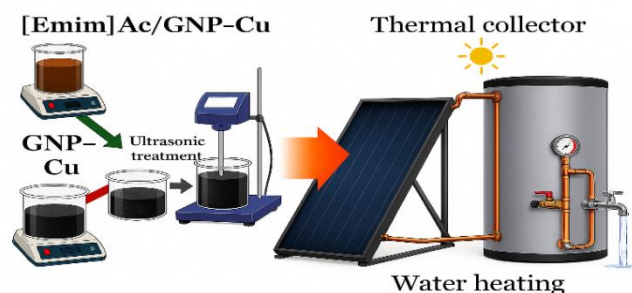
GNP–CuO/[Emim][Ac] ionic nanofluid as an advanced working medium for solar thermal water heating systems

J. León-García, I. Moulefera, J. J. Delgado-Marín, M.G. Lopez, I. Carnerero-Hinojosa, A. Cascales, M. G. Montalbán, G. Villora

Chemical Engineering Department, Faculty of Chemistry, CEIR Campus Mare Nostrum (CMN), University of Murcia, 30071 Murcia, Spain.

Corresponding Author: jesus.leong@um.es

The improvement of heat-transfer fluids for thermal collector technologies is essential to increase the efficiency and sustainability of domestic and industrial water-heating systems. Nanofluids have shown strong potential in this field, particularly when hybrid nanomaterials are used to further enhance thermal conductivity and stability (Pereira, A., et al. (2023). Appl. Sci, 13, 9568). Recently, ionic liquids have emerged as promising base fluids, enabling the development of highly stable ionic nanofluids with high thermal performance suitable for solar thermal applications. In this work, an ionic-liquid-based ionic nanofluid (INF) composed of graphene nanoplatelet–copper oxide (GNP–CuO) hybrid nanomaterials dispersed in the ionic liquid 1-ethyl-3-methylimidazolium acetate ([Emim][Ac]) was prepared and evaluated to enhance the thermo-physical properties required for thermal collector application. The nanoparticles, GNP and CuO, were added in a range of different concentrations into the ionic liquid through ultrasonication to ensure homogeneous dispersion and long-term colloidal stability (Scheme 1). The resulting INFs were systematically characterized in terms of particle size distribution, stability, density, thermal conductivity, specific heat capacity, and viscosity. A marked enhancement of thermal conductivity was observed, increasing from $0.244 \text{ W}\cdot\text{m}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$ for the GNP-based INF to $0.325 \text{ W}\cdot\text{m}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$ for the GNP–CuO INF. This improvement is attributed to the synergistic contribution of GNP's high phonon transport efficiency and the metallic conductivity of CuO nanoparticles within the [Emim][Ac] matrix. These findings demonstrate that GNP–CuO/[Emim][Ac] INF are promising candidates for stable, high-efficiency working fluid in next-generation thermal collector systems for water-heating applications.



Scheme 1. Synthesis of the GNP–CuO/[Emim][Ac] INF and its application as a heat-transfer fluid for water-heating systems

Keywords: ionic nanofluid, ionic liquid, nanoparticles, thermal collector, water-heating systems.

Acknowledgments: This work is part of the following research projects: Ref. PID2023-150761OB-C21 funded by MICIU/AEI/10.13039/501100011033 and by FEDER, UE and Ref. 22129-PI-22 funded by the research support program of the Seneca Foundation of Science and Technology of Murcia, Spain. J.J. Delgado-Marín and J. León-García acknowledge support from the Juan de la Cierva contract (Ref. JDC2023-052774-I) and FPI contract (Ref. PID2023-150761OB-C21), respectively, funded by MICIU/AEI/10.13039/501100011033 and the FSE+.

XVI CONGRESO ESPAÑOL DE TRATAMIENTO DE AGUAS

MURCIA, 10-12 JUNIO 2026



8.- OTRAS ÁREAS TEMÁTICAS RELACIONADAS CON EL AGUA

Pósteres



Estudio del efecto del tratamiento electromagnético en aguas de diferentes calidades mediante medidas de la tensión superficial a partir del ángulo de contacto

M.D. Saquete, N. Boluda-Botella, N. Miño y C. García-Montoro

Universidad de Alicante. Dpto. de Ingeniería Química. Grupo de Investigación: Equilibrio entre fases.

Corresponding Author: md.saquete@ua.es

Los sistemas de tratamiento electromagnético (TEM) para evitar incrustaciones en redes de distribución de agua se plantean como una alternativa ecológica a los sistemas químicos de ablandamiento, ya que no modifican la composición química, aunque pueden modificar sus propiedades físicas entre ellas la tensión superficial del agua (Cho, Y.I., Lee, S.H. (2005) <https://doi.org/10.1016/j.icheatmasstransfer.2004.03.019>). En este estudio se empleó el método de la gota estática para la medición de la tensión superficial del agua, que consiste en medir el ángulo de contacto del líquido, con PTFE como material seleccionado y que presenta una baja energía superficial, empleando fotografías digitales y un software especializado. Se estudió el comportamiento de agua desmineralizada y de agua potable de una localidad de Alicante, usando un equipo comercial de TEM en un circuito de recirculación con distintos tiempos de exposición, comparando los datos con un control en paralelo sin el equipo TEM.

Mediante análisis de varianza (ANOVA) se encontraron diferencias significativas entre las muestras con tratamiento y el control, a partir de los 5 minutos de TEM. La tensión superficial se redujo a partir de los 15 minutos de exposición y alcanzó su menor valor con 1 hora de tratamiento, a partir de este momento se estabilizó y permaneció constante. Este efecto se registró en los dos tipos de agua usados, por lo cual, se puede concluir que la reducción de la tensión superficial se debe principalmente a la interacción de las moléculas de agua con los campos electromagnéticos siendo independiente de la cantidad de sólidos disueltos, pudiendo estar más bien relacionado con la modificación de los puentes de hidrógeno entre moléculas de agua (Ran, Cai., et al. (2009) <https://doi.org/10.1016/j.molstruc.2009.08.037>).

Palabras Clave: Ángulo de contacto, puentes de hidrógeno, tensión superficial, tratamiento electromagnético

Estudios previos de precipitación de carbonato cálcico por métodos mecánicos como pretratamiento para evitar incrustaciones en redes de distribución de agua potable

M.D. Saquete, N. Boluda-Botella, N. Miño y A. Romero-Haltermann

Universidad de Alicante. Dpto. de Ingeniería Química. Grupo de Investigación: Equilibrio entre fases.

Corresponding Author: md.saquete@ua.es

Uno de los problemas más frecuentes en el abastecimiento de agua es la formación de incrustaciones calcáreas en tuberías de distribución y hogares. En algunos municipios de la provincia de Alicante se ha implantado equipos de tratamiento electromagnético para evitar este problema, que no requieren mantenimiento ni generan residuos, siendo una alternativa económica y amigable con el medio ambiente (Alimi, F. (2024) <https://doi.org/10.3390/magnetochemistry10110083>). Sin embargo, en algunos casos estos equipos no son suficientemente eficaces para evitar las incrustaciones en tuberías, por lo que se busca un pretratamiento sencillo y económico. En este sentido se ha realizado un estudio preliminar utilizando agitación mecánica para provocar la precipitación de CaCO_3 en condiciones controladas. Se trabajó con 900 mL de agua que fue sometida a agitación continua durante 5 días bajo distintas condiciones: tipo de agitador (palas o imanes magnéticos) con diferente tamaño y forma a diversas velocidades de agitación. La evolución de la precipitación de los sistemas se estudió mediante titulación de dureza y alcalinidad y mediciones de pH y conductividad. Los resultados obtenidos permitieron calcular el Índice de Saturación de Langelier (ISL) y la presión parcial de CO_2 usando Phreeqcl. Se encontró que las mejores condiciones corresponden a agitación con el mayor imán magnético y 1600 rpm, se logró disminuir el ISL de 0.72 a 0.19, debido a la precipitación de carbonato cálcico con una disminución del Ca^{2+} disuelto del 72% siendo la variación de la presión parcial de CO_2 de $10^{-2.8}$ a $10^{-3.55}$ atm al final del experimento. Con lo cual se concluye que la agitación mecánica es un método sencillo que provoca la precipitación de carbonato cálcico en aguas con elevados ISL pudiendo servir como pretratamiento en plantas potabilizadoras o en pequeñas poblaciones con problemas de incrustaciones en sus redes de distribución.

Palabras Clave: Incrustación calcárea, Agitación mecánica, precipitación CaCO_3 , Índice de Saturación de Langelier (ISL)

Agradecimientos: Los autores agradecen al ayuntamiento de Benidoleig por su disponibilidad para proporcionar las muestras de agua utilizadas en los ensayos.

Huella olorosa y eficiencia de eliminación de contaminantes: Análisis quimiométrico comparativo de tecnologías de tratamiento para pequeñas comunidades

M.A. Martín^{1,3}, A. Ruiz-Muñoz^{1,3}, M.C. Gutiérrez^{1,3}, P. Márquez^{1,3}, M. Toledo^{1,3}, J.J. Salas^{1,2}, J.A. Siles^{1,3}

¹ Dpto. Química Inorgánica e Ingeniería Química, Universidad de Córdoba. Edificio Marie Curie.

² Centro de las Nuevas Tecnologías del Agua (CENTA). Carrión de los Céspedes, Sevilla, España

³ Instituto Químico para la Energía y el Medioambiente (IQUEMA), Universidad de Córdoba. Campus Universitario de Rabanales, Córdoba, España.

Corresponding Author: mc.gutierrez@uco.es

El Centro Experimental de Nuevas Tecnologías del Agua (CENTA), ubicado en Carrión de los Céspedes (Sevilla), constituye un escenario único para la validación de tecnologías de tratamiento de aguas residuales urbanas en pequeñas poblaciones, donde la sostenibilidad y el impacto social son críticos. En este estudio, se llevó a cabo una evaluación técnica exhaustiva de diversas líneas de tratamiento, predominantemente procesos extensivos, monitorizando simultáneamente su capacidad de depuración y su impacto odorífero en varias campañas de muestreo intensivo.

Las emisiones en fuentes pasivas se capturaron mediante una campana de flujo (1 m²) y un dispositivo CSD30, según las normas VDI 3880 y EN 13725, cuantificándose el olor por olfatometría dinámica (olfatómetro TO8). Los resultados físico-químicos confirmaron que todas las tecnologías evaluadas cumplen con los umbrales legales de vertido para materia orgánica, aunque se detectaron tasas de emisión de olor (OER) significativamente elevadas en sistemas anaerobios, alcanzando los 625 ou_E/s en lagunas anaerobias y valores notables en lagunas facultativas y fosas sépticas.

Para refinar la evaluación, se desarrollaron y aplicaron dos nuevos indicadores originales: el índice OGI_C, que relaciona la emisión de olor con la materia orgánica eliminada, y el índice OGI_{CN}, que integra además la eliminación de nitrógeno, revelando que tecnologías como los humedales de flujo libre presentan una "huella de olor" en relación con la masa de contaminante eliminada sorprendentemente alta (23.200 ou_E/g O₂). Finalmente, la aplicación de un análisis quimiométrico de componentes principales (PCA) permitió categorizar con éxito las tecnologías en función de su comportamiento operativo y ambiental, proporcionando así una herramienta científica robusta para el diseño de estaciones depuradoras que minimicen el rechazo social derivado de los malos olores.

Palabras Clave: Análisis quimiométrico; índice de generación de olor; olfatometría dinámica, pequeñas poblaciones; tratamientos extensivos.

Agradecimientos: CTM 2017-88723-R (MINECO, AEI and FEDER), PID2020-117438RB-I00 (MICINN, AEI and AEI), PDC2023-145916-I00 (MICINN, AEI and AEI), UCO-FEDER-1262384-R, AT21_00189 (Regional Government of Andalusia and FEDER) and the FPI predoctoral grant (PRE 2018- 084830, A. Ruiz-Muñoz).

Optimizing domestic hot water generation through alumina-ZnO hybrid nanofluids in PVT solar collectors

J. León-García, R. López-Bas, J. J. Delgado-Marín, I. Moulefera, I. Carnerero-Hinojosa, A. Cascales, M. G. Montalbán, G. Villora

Chemical Engineering Department, Faculty of Chemistry, CEIR Campus Mare Nostrum (CMN), University of Murcia, 30071 Murcia, Spain

Corresponding Author: jesus.leong@um.es

The optimization of domestic hot water (DHW) generation systems has become increasingly important in the context of growing energy demands, water resource management challenges, and the need to enhance the sustainability of residential and industrial infrastructures (Ortiz, D., et al., (2020). *Energies*, 13, 5370). In this sense, advancing integrated technologies capable of simultaneously producing electricity and supplying thermal energy offers a strategic pathway to meeting current sustainability goals while ensuring reliable access to hot water.

The present work explores the integration of a hybrid nanofluid as thermal transfer fluid in a commercial photovoltaic-thermal (PVT) solar panel designed for electricity production and DHW generation. The nanofluid, formulated with water as the base fluid and containing alumina and zinc oxide nanoparticles, has demonstrated improved thermophysical properties, particularly in thermal conductivity, colloidal stability, and heat-transfer performance when compared with conventional fluids such as water or single-oxide nanofluids. These enhanced properties position it as a promising candidate for hybrid solar-thermal systems where efficient heat extraction is crucial for both electrical and thermal performance. In the proposed PVT setup, the nanofluid flows beneath the photovoltaic layer, removing excess heat from the cells. This not only mitigates the drop in electrical efficiency caused by overheating but also allows the capture of low- to medium-temperature thermal energy. The extracted heat is subsequently delivered to a storage tank, where it is utilized to generate DHW via indirect heat exchange. The thermal performance of the nanofluid was evaluated, with particular attention to variables such as temperature increase, heat transfer coefficient, energy efficiency, electric power generation and exergy efficiency. From the results, it can be inferred that incorporating this hybrid nanofluid into a PVT system could substantially improve heat recovery and enhance the overall performance of solar installations for DHW production.

Keywords: Hybrid nanofluid, DHW, PVT solar collector.

Acknowledgments: This work is part of the following research projects: Ref. PID2023-150761OB-C21 funded by MICIU/AEI/10.13039/501100011033 and by FEDER, UE and Ref. 22129-PI-22 funded by the research support program of the Seneca Foundation of Science and Technology of Murcia, Spain. J.J. Delgado-Marín and J. León-García acknowledge support from the Juan de la Cierva contract (Ref. JDC2023-052774-I) and FPI contract (Ref. PID2023-150761OB-C21), respectively, funded by MICIU/AEI/10.13039/501100011033 and the FSE+.

Pasteurización solar: una solución sostenible para el suministro de agua potable en escuelas de Brasil

Pequeno, Lucas Alves Batista¹, Santos, Whelton Brito dos² y Carvalho, Marilda Nascimento¹

¹ Universidade Federal Rural de Pernambuco. Dpto. Tecnología Rural

² Universidade Estadual da Paraíba. Dpto. Engenharia Sanitária e Ambiental.

Corresponding Author: lucas.pequeno@ufrpe.br

La calidad del agua consumida en establecimientos educativos de los municipios brasileños ha sido objeto de preocupación para los gestores escolares. Técnicas como la desinfección solar (SODIS) y la pasteurización solar (SOPAS) son métodos físicos que utilizan la radiación ultravioleta e infrarroja para el tratamiento del agua y representan una solución viable para producir agua segura para el consumo en comunidades vulnerables o remotas, generada por el efecto biocida que ejerce la radiación solar sobre los microorganismos (Chaúque, B. J. M., et al. (2023). <https://doi.org/10.1016/j.jece.2023.110074>).

El presente estudio tuvo como objetivo desarrollar una solución alternativa, basada en la radiación solar, para el tratamiento microbiológico complementario del agua tratada y transportada en camiones cisterna para el abastecimiento de una escuela pública en el estado de Pernambuco, Brasil, que, debido a condiciones adversas, puede llegar contaminada. El monitoreo de la calidad microbiológica del agua se llevó a cabo entre marzo y noviembre de 2023. Para el tratamiento adicional, se desarrolló y evaluó un sistema piloto compuesto por un colector solar plano con una placa absorbente de aluminio y reactores tubulares de policloruro de vinilo, recubiertos con pintura negra y con diferentes diámetros (25, 32, 40 y 50 mm). La cuantificación de microorganismos se realizó mediante el método del Número Más Probable (NMP), según el *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater* (APHA, 2017, 23ª ed.).

Los resultados del monitoreo evidenciaron contaminación por coliformes totales y *Escherichia coli* en todos los meses. Por consiguiente, el sistema SOPAS fue operado en régimen batch, presentando una tasa de desinfección más alta (aproximadamente 99% de inactivación de coliformes) al trabajar con tubos de diámetro 40 mm y 32 mm (ambos localizados en la porción central de la placa de aluminio). Este desempeño está asociado a la elevada reflectividad del aluminio pulido, que favorece la redirección de la radiación y la formación de zonas con mayor densidad de flujo energético, intensificando la transferencia de calor en el medio (Scarinci, A. L., Marineli, F. (2014). <https://doi.org/10.1590/S1806-11172014000100009>). El sistema alcanzó 49 °C para un tiempo de detención de 1 h, siendo suficiente para promover la inactivación de *E. coli*. De esta manera, el SOPAS demuestra potencial como tecnología descentralizada para el tratamiento de agua en puntos de consumo.

Palabras Clave: *E. coli*, radiación infrarroja, SOPAS, temperatura.

Pilas de combustible microbianas fotosintéticas para el tratamiento de purín y la recuperación de nutrientes mediante *Scenedesmus almeriensis*

A. Sánchez Zurano, A. Hernández Fernández, E. Aros Heras, E. Iniesta López, J. Quesada Medina, A. Pérez de los Ríos y F. José Hernández Fernández

Universidad de Murcia. Departamento de Ingeniería Química. Green Chemical Processes Engineering.

Corresponding Author: azurano@um.es

Las pilas de combustible microbianas fotosintéticas (PMFCs) se presentan como una alternativa prometedora para integrar el tratamiento de aguas residuales con la producción de energía y la recuperación de nutrientes (Wang, C. T., et al. (2025). Bioresource Technology Reports, 29, 102037). En este trabajo se estudió el funcionamiento de PMFCs que utilizan la microalga *Scenedesmus almeriensis* como biocatalizador en el cátodo y purín como sustrato en el ánodo, con el objetivo de evaluar su potencial para el tratamiento de residuos y la valorización de nutrientes.

Para ello, se desarrollaron nueve sistemas PMFC agrupados en tres tratamientos según el medio presente en el compartimento catódico: un medio nutritivo basado en fertilizantes (Fert-C), una solución tampón fosfato (PBS-C) y purín diluido al 30 % (Slurry 30 %-C). Durante la operación se analizaron parámetros electroquímicos, el crecimiento de las microalgas, la eliminación de contaminantes y la migración de nutrientes a través de una membrana Nafion que conecta ambos compartimentos.

Los resultados mostraron que el sistema PBS-C presentó el mejor rendimiento electroquímico, alcanzando una densidad de potencia máxima de $350 \text{ mW} \cdot \text{m}^{-2}$, debido a su mayor estabilidad química y conductividad iónica. A su vez, el tratamiento con purín diluido (Slurry 30 %-C) permitió obtener la mayor producción de biomasa en el cátodo ($1.7 \text{ g} \cdot \text{L}^{-1}$), aunque el elevado contenido orgánico favoreció fenómenos de fouling en los electrodos, lo que se tradujo en un aumento de la resistencia interna del sistema.

El balance de nitrógeno reveló una migración significativa de amonio presente en el purín desde el ánodo hacia el cátodo ($125\text{-}209 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$). Este nitrógeno fue consumido por *S. almeriensis* para su crecimiento, contribuyendo a eficiencias de eliminación de nitrógeno del 70–90 %. En conjunto, los resultados muestran que las PMFCs pueden funcionar como sistemas integrados capaces de tratar purines, recuperar nutrientes y generar simultáneamente biomasa microalgal y bioelectricidad, contribuyendo al desarrollo de tecnologías más sostenibles para la gestión de aguas residuales (Ullah, Z., et al. (2023). Journal of Water Process Engineering, 56, 104358).

Palabras Clave: bioelectricidad, microalgas, nitrógeno, sistemas bioelectroquímicos

Agradecimientos: Proyecto realizado con la Beca Leonardo de Investigación Científica y Creación Cultural 2024 de la Fundación BBVA. Los autores también agradecen al programa Agroalnext, financiado por el MCIU con fondos de la Unión Europea NextGenerationEU (PRTR-C17.I1) y por la Comunidad Autónoma de la Región de Murcia – Fundación Séneca. Adrián Hernández Fernández dispone de una ayuda predoctoral 21817/FPI/22 y Eduardo Iniesta López de la ayuda 22345/FPI/23, ambas concedidas por la Fundación Séneca.

**XVI CONGRESO ESPAÑOL
DE TRATAMIENTO
DE AGUAS**
MURCIA, 10-12 JUNIO 2026



9.- LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN



XVI CONGRESO ESPAÑOL DE TRATAMIENTO DE AGUAS

MURCIA, 10-12 JUNIO 2026



9.- LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN

Comunicaciones cortas



Evaluación de pilas de desalación microbianas fotosintéticas en el tratamiento de purines y generación de bioenergía

I. Alfaro Abarca, S. Cullay, A. Sánchez Zurano, E. Iniesta López, A. Hernández Fernández, A. Pérez Fernández, A. Pérez de los Ríos y F. José Hernández Fernández

Universidad de Murcia. Departamento de Ingeniería Química. Green Chemical Processes Engineering.

Corresponding Author: irene.alfaroa@um.es

En España, la desalinización de agua marina alcanza aproximadamente 5 millones de m³ diarios. No obstante, esta tecnología presenta limitaciones como su elevado consumo energético y coste, lo que restringe su aplicación generalizada (Martínez-Medina, M. À., Pérez-Martín, M. À. & Estrela, T. (2024). *Journal of Marine Science and Engineering*, 12, 859). Paralelamente, la gestión inadecuada de purines, ricos en nitrógeno y fósforo, provoca graves impactos ecológicos.

En este contexto, las Photosynthetic microbial desalination cells (PMDCs) representan una tecnología emergente capaz de integrar la desalación de agua, el tratamiento de residuos y la generación de bioenergía (Nadzri, N. A. A., Yasin, N. H. M., Bakar, M. H. A., Thanakodi, S., Salehmin, M. N. I., Takriff, M. S., Aznan, M. F. N. & Maeda, T. (2023). *International Journal of Hydrogen Energy*, 48(31), 11860–11873). En este trabajo se evalúa el uso de purín como sustrato en el ánodo y microalgas en el cátodo, comparando su desempeño con sistemas control con agua. Se emplearon seis MDC de tres cámaras separadas por membranas de intercambio iónico, operadas bajo condiciones controladas y sometidas a ensayos de polarización para determinar su rendimiento electroquímico.

Los resultados muestran que, aunque la eficiencia de desalación en la cámara intermedia fue limitada, el uso de microalgas en el cátodo favoreció su crecimiento estable y contribuyó a mejorar el rendimiento eléctrico del sistema. En concreto, las PMDCs con microalgas presentaron menores resistencias internas, así como mayores potencias máximas. Además, el desarrollo microalgal abre la posibilidad de valorización de biomasa y recuperación de nutrientes.

Estos resultados evidencian el potencial de las PMDCs como tecnología integrada para el tratamiento de purines y producción de bioenergía, aunque será necesario optimizar la desalación y reducir las limitaciones asociadas a las membranas para su aplicación a mayor escala.

Palabras Clave: bioenergía, microalgas, pila de combustibles, purines

Agradecimientos: Proyecto realizado con la Beca Leonardo de Investigación Científica y Creación Cultural 2024 de la Fundación BBVA. También los autores agradecen al proyecto PID2024-162882OB-I00, financiado por la Agencia Estatal de Investigación (AEI) en el marco del Programa Estatal para la Investigación y el Desarrollo Experimental. Adrián Hernández Fernández dispone de una ayuda predoctoral 21817/FPI/22 y Eduardo Iniesta López de la ayuda 22345/FPI/23, ambas concedidas por la Fundación Séneca.

Foto-biorrefinerías basadas en organismos fotosintéticos para recuperar nutrientes a partir de digestatos

J. González-Camejo, R.E. Atayupanqui Dueñas, G. del Puerto, I.B. Muñoz, P. Carrera, A. Galí, J. Llimós, Z.E. Blesa Marco, E. Vega, L. Mejías, L. Llenas, S. Ponsá

BETA Tech. Center. University of Vic - Central University of Catalonia (UVic-UCC), Ctra de Roda 70, 08500 Vic, Spain

Corresponding Author: josue.gonzalez@uvic.cat

BETA TC propone el desarrollo e implementación de foto-biorrefinerías sostenibles que combinan la digestión anaeróbica de subproductos animales con el tratamiento de digestato por parte de organismos fotosintéticos: bacterias fototróficas púrpuras (PPB) y microalgas verdes. La biomasa fotosintética se utiliza para generar bio-productos de valor para el sector agroindustrial, como biofertilizantes, bioestimulantes y proteína para alimentación animal, así como agua tratada con potencial de reutilización.

El impacto científico de esta línea de investigación radica en la necesidad de desarrollar soluciones sostenibles para la gestión de subproductos animales. La digestión anaeróbica establecido para tratar este tipo de residuos orgánicos y obtener biocombustibles renovables (biogás o biometano). De hecho, la implementación de plantas de biogás industriales es una realidad en Europa ([Home - European Biogas Association](#)). Sin embargo, un punto crítico de estas plantas es la gestión de los digestatos. La fracción sólida de los digestatos es relativamente fácil de gestionar, pero la fracción líquida se trata normalmente mediante procesos que consumen mucha energía y tienen una capacidad limitada para recuperar compuestos valiosos. El uso de organismos fotosintéticos en una “foto-biorrefinería” es una alternativa más sostenible que se enmarca dentro de la economía circular (Hernández-Cuenca et al., 2025; DOI: <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2025.132599>). En este esquema, los digestatos actúan como fuente de nutrientes de los cultivos fotosintéticos, lo que permite recuperar carbono, nitrógeno y fósforo en forma de biomasa generada.

Los objetivos de esta línea de investigación son: i) evaluar las etapas de pretratamiento más adecuadas para adaptar el digestato a las condiciones de cultivo de los microorganismos fotosintéticos; ii) generar conocimiento científico sobre los factores que afectan a la actividad metabólica y al crecimiento de PPB y microalgas; iii) optimizar los procesos de cultivo y recolección (“harvesting”); iv) desarrollar estrategias de producción de bio-productos sostenibles a partir de biomasa fotosintética; v) evaluar de la viabilidad legislativa del uso de los bio-productos obtenidos; vi) analizar el potencial medioambiental y tecnoeconómico de la ampliación de la foto-biorrefinería. Este trabajo se desarrolla en proyectos como SEMPRES-BIO (<https://sempre-bio.com/>), ALGA-GESTION ([Beta Tech Center — ALGA-GESTIÓN](#)), DEPURHOB ([Beta Tech Center — DEPURHOB](#)) y ALGAE-STATE ([Beta Tech Center — ALGAE-STATE](#)).

Palabras Clave: bacterias púrpuras, biofertilizante, biorrefinería, digestato, microalga.

Agradecimientos: Los autores agradecen a los proyectos HE-SEMPRES-BIO (101084297), CPP-ALGA-GESTION, DEPURHOB (demostrativo) y ALGAE-STATE (2023BP00222) por su apoyo en este trabajo.

XVI CONGRESO ESPAÑOL DE TRATAMIENTO DE AGUAS

MURCIA, 10-12 JUNIO 2026



UNIVERSIDAD
DE MURCIA



Facultad
de Química



COLQUIMUR
Colegio Oficial
de Químicos
Región de Murcia



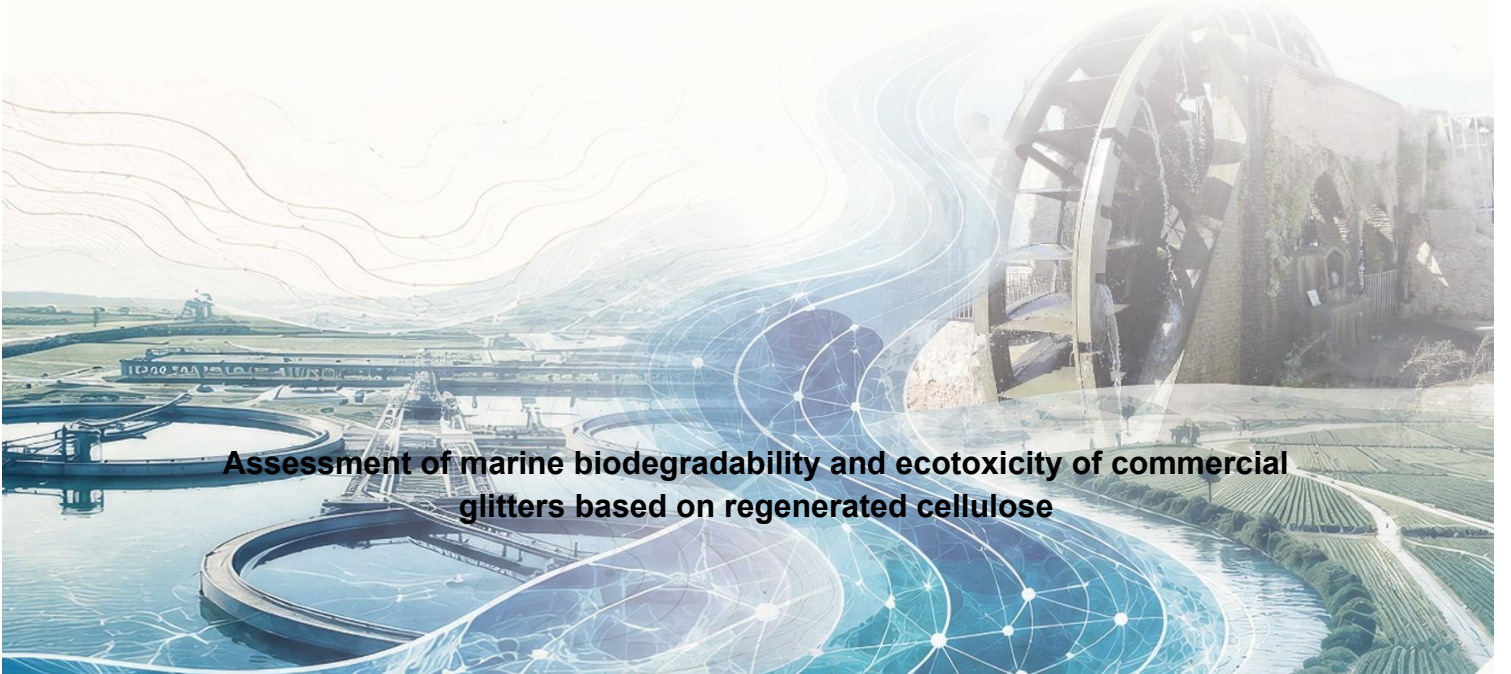
ASOCIACIÓN DE
QUÍMICOS DE MURCIA
Tu asociación



f SéNeCa (+)
Agencia de Ciencia y Tecnología
Región de Murcia

9.- LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN

Pósteres



Assessment of marine biodegradability and ecotoxicity of commercial
glitters based on regenerated cellulose

**Marta Doval-Miñarro¹, María Claudia Montiel², Javier Bayo¹, María Dolores Murcia², Ramón Pamies³,
María Gómez², Cristian Sánchez-Rodríguez³, Salvadora Ortega-Requena²**

¹ Universidad Politécnica de Cartagena. Departamento de Ingeniería Química y Ambiental. Grupo de Investigación: Ingeniería Ambiental

² Universidad de Murcia. Departamento de Ingeniería Química. Grupo de Investigación: Análisis y Simulación de Procesos Químicos, Bioquímicos y de Membrana

³ Universidad Politécnica de Cartagena. Departamento de Ingeniería Mecánica, Materiales y Fabricación. Grupo de Investigación: Ciencia de Materiales e Ingeniería Metalúrgica.

Corresponding Author: marta.doval@upct.es

The environmental footprint of microplastics in cosmetic and decorative applications has catalyzed the market for alternatives labeled as "biodegradable." Among these, glitters composed of modified regenerated cellulose have gained prominence as eco-friendly substitutes. However, there is a critical knowledge gap regarding their actual degradation behavior and chemical safety when reaching natural aquatic ecosystems, which often differ significantly from controlled industrial composting conditions or wastewater treatment plants.

This study presents a comprehensive evaluation of a commercial "biodegradable" glitter. Initially, a robust physicochemical characterization was conducted using Field Emission Scanning Electron Microscopy (FESEM) for surface morphology, Energy Dispersive Spectroscopy (EDS) for surface elemental composition, Fourier-Transform Infrared Spectroscopy (FTIR) for functional group identification, and thermal analysis through TGA and DSC to establish stability profiles. Subsequently, a biodegradability assay was performed in natural seawater over a 2-month period. Following the trial, the residual material underwent a second round of characterization to detect structural alterations. Furthermore, the potential environmental risk was assessed by conducting toxicity tests on the resulting leachates using the Microtox® bioluminescence system.

After 60 days of marine exposure, the degree of biodegradation remained remarkably low. This persistence was corroborated by post-assay characterization, which revealed only minor surface erosion while the core structural integrity remained intact.

Despite its commercial labeling, the studied glitter exhibited high persistence in the marine environment. These findings emphasize the urgent need for longer-term monitoring and highlight the potential ecological risks of materials certified under standards that do not reflect real-world marine conditions.

Keywords: glitter, marine biodegradation, microplastics, modified regenerated cellulose.

Acknowledgements: This work has been funded by University of Murcia and Technological University of Cartagena within the framework of "Proyectos Semilla" (Campus Mare Nostrum actions); and by the Cátedra de Medio Ambiente Autoridad Portuaria de Cartagena Campus Mare Nostrum (CMA_APC_CMN) (ref. 8761/25IQA).

Desarrollo y validación de un sensor electroquímico para la monitorización del complejo Fe^{3+} -EDDS en procesos foto-Fenton a pH neutro para el tratamiento avanzado de aguas residuales

S. Miralles-Cuevas¹, P. Sierra², C.J. Venegas³, F. Tamayo², J.A. Sánchez-Pérez¹, A. Cabrera Reina¹

¹ Universidad Almería. Dpto. de Ingeniería Química. Centro de Investigación en Energía Solar (CIESOL)

² Universidad Tecnológica Metropolitana (UTEM). Instituto Universitario de Desarrollo Tecnológico (IDT).

³ Universidad de Chile. Departamento de Química Inorgánica y Analítica, Facultad de Ciencias Químicas y Farmacéuticas

Corresponding Author: sara.miralles@ual.es

La monitorización del complejo Fe^{3+} -EDDS durante la aplicación del proceso foto-Fenton a pH cercano a la neutralidad resulta crítica, ya que la estabilidad del quelato determina la disponibilidad del catalizador y, por tanto, la eficiencia del proceso. De la madurez técnica de este proceso que aboga por el estudio de su escalado, nace la necesidad del desarrollo de sensores robustos que faciliten la automatización. La determinación analítica del Fe^{3+} -EDDS se basa habitualmente en técnicas cromatográficas como UHPLC/DAD, que presentan elevados costes operativos y, sobre todo, limitaciones para la monitorización en tiempo real.

En este trabajo se desarrolla y valida, por primera vez, un sensor electroquímico específico para la determinación directa de Fe^{3+} -EDDS en matrices acuosas complejas. El sensor se basa en un electrodo de carbono vítreo modificado con nanotubos de carbono multi-pared (GCE/MWCNT por sus siglas en inglés), optimizado mediante voltametría de pulso diferencial. El sistema mostró una respuesta lineal en el rango 0,01–0,10 mM ($R^2 = 0,992$), con una sensibilidad de 29,4 $\mu\text{A}/\text{mM}$ y un límite de detección de 0,006 mM. La estabilidad del sistema se mantuvo durante más de 100 días al utilizar dispersiones almacenadas.

El sensor fue validado en matrices de distinta complejidad (agua ultrapura, efluente sintético y efluente real de EDAR), observándose una ligera atenuación de la señal en matrices reales, lo que puede estar asociado al efecto de la materia orgánica presente y a la turbidez. La comparación estadística con UHPLC/DAD mostró una alta correlación ($r > 0,91$; $R^2 > 0,95$) y diferencias en el análisis cinético inferiores al 7%. Estos resultados confirman la fiabilidad del método propuesto para el seguimiento de la degradación del complejo durante el proceso foto-Fenton, aplicado a la degradación de un contaminante modelo en un reactor piloto UVA-LED.

El análisis tecno-económico reveló una reducción del 78% en el coste respecto a UHPLC/DAD, con un coste por muestra estimado de 0,80 USD (sensor) frente a 3,50 USD (cromatográfico). Estos resultados posicionan al sensor desarrollado como una herramienta robusta, rápida y económicamente viable para la monitorización operativa de procesos avanzados de oxidación en EDAR.

Palabras Clave: Complejo de hierro; Foto-Fenton; monitoreo, sensor electroquímico

Agradecimientos: El Dr. Alejandro Cabrera Reina agradece al proyecto CNS2024-154926. La Dra. Sara Miralles Cuevas agradece el contrato RYC2023-042474-I, financiado por MCIU/AEI/10.13039/501100011033 y FSE+. La Dra. Paulina Sierra agradece al proyecto FONDECYT/ANID 1231258. La Dra. Constanza Venegas agradece al proyecto FONDECYT 11240700.

Impacto de eventos socioculturales masivos en la presencia de microplásticos en aguas residuales urbanas: El caso del Carnaval de Cartagena

Marta Doval-Miñarro, Daniela Angulo Páez, Javier Bayo

Universidad Politécnica de Cartagena. Departamento de Ingeniería Química y Ambiental. Grupo de Investigación: Ingeniería Ambiental

Corresponding Author: marta.doval@upct.es

Los microplásticos (MPs) representan un contaminante emergente de preocupación global, siendo las estaciones depuradoras de aguas residuales (EDAR) uno de sus principales vectores de transporte. Este estudio evaluó el impacto de la celebración del Carnaval en la carga y caracterización de MPs primarios y secundarios en la EDAR Cabezo Beaza (Cartagena, España). Se realizaron dos campañas de muestreo (Carnaval y post-Carnaval) analizando muestras de agua y lodo en diferentes etapas del tratamiento.

La metodología incluyó la separación por densidad con NaCl para muestras líquidas y la digestión oxidativa con H₂O₂ y KOH para lodos, seguida de caracterización mediante estereomicroscopía y espectroscopía FTIR. Los resultados mostraron una eficiencia de remoción global superior al 97% en todos los periodos. Aunque la concentración total no mostró variaciones significativas entre ambos periodos ($p > 0,05$), el Carnaval se distinguió por una mayor diversidad cromática y una morfología más heterogénea de los MPs, con un incremento relativo de fragmentos y películas (films) en comparación con la predominancia habitual de fibras. Este cambio sugiere la entrada de productos plásticos efímeros vinculados a disfraces, decoraciones y maquillaje de un solo uso, frente al perfil más estable y típicamente doméstico asociado a las fibras procedentes del lavado de ropa u otras actividades rutinarias. El análisis FTIR identificó polietileno (PE), polipropileno (PP), tereftalato de polietileno (PET) y poliestireno (PS) como los polímeros mayoritarios. Cabe mencionar que no se detectó purpurina, sugiriendo un aporte marginal o una elevada dilución en el sistema.

Los hallazgos confirman que la mayor parte de los MPs quedan retenidos en los lodos primarios, convirtiéndolos en un reservorio crítico de contaminación plástica para suelos agrícolas. Este trabajo aporta evidencia sobre cómo las festividades urbanas alteran cualitativamente la contaminación por microplásticos, subrayando la necesidad de gestionar los lodos como sumideros de contaminantes emergentes.

Palabras Clave: aguas residuales, carnaval, lodos de depuradora, microplásticos.

Agradecimientos: This work has been funded by the Cátedra de Medio Ambiente Autoridad Portuaria de Cartagena Campus Mare Nostrum (CMA_APC_CMN) (ref. 8761/25IQA).

La importancia de estar colegiado para los profesionales del agua

^{1,2}F. Máximo, ²J. Zaragoza, ^{1,2}M.I. Aguilar

¹ Universidad de Murcia. Dpto. de Ingeniería Química

² Colegio Oficial de Químicos de la Región de Murcia.
Corresponding Author: fmaximo@um.es

Actualmente, son muchos los profesionales que con distintas titulaciones trabajan en el sector del agua. Aportan sus conocimientos, habilidades y competencias para abordar la resolución de los problemas planteados ya desde que surge la preocupación por el deterioro del medio ambiente y su incidencia sobre la salud humana. Trabajan en ámbitos diferentes, abordando diversos temas como la contaminación del agua y su tratamiento, calidad requerida del agua para distintos usos y más recientemente, gestión, aprovechamiento y reutilización.

En un contexto donde la importancia del agua en la salud pública, la seguridad alimentaria, la seguridad industrial y el estado del medio ambiente no se puede ignorar, es necesario señalar el papel crucial que juegan químicos, ingenieros químicos, bioquímicos, biotecnólogos y tecnólogos de los alimentos. Y además del título universitario correspondiente, es fundamental el respaldo de un colegio profesional, que garantice el acceso a recursos formativos, asesoramiento, actualizaciones legislativas y un entorno ético y responsable.

La colegiación no es un trámite burocrático, sino una garantía. Permite verificar que quien firma un informe o supervisa un producto es realmente un profesional cualificado, sometido a control deontológico, con seguro de responsabilidad civil y en formación continua. Es un escudo de protección para la sociedad, las empresas y el propio profesional. En sectores, como es el caso del agua, donde una mala práctica puede tener consecuencias para la salud, el medio ambiente o la reputación personal y empresarial, la colegiación es un elemento de seguridad y confianza imprescindible.

La identificación de un profesional que interviene en un trabajo técnico, por parte de su colegio, garantiza la trazabilidad profesional y permite a cualquier administración, empresa o particular identificar al responsable y verificar su cualificación. Es una forma de asegurar que quien participa en un proceso con implicaciones sanitarias, medioambientales o de seguridad cumple con los requisitos legales y está sometido a control ético y profesional. Este requisito no solo protege a la sociedad, sino también al propio profesional y a la empresa que contrata sus servicios.

Actualmente no existe control sistemático, por parte de las administraciones o de las empresas, de que los profesionales que firman análisis, informes. o actúan como responsables técnicos en empresas químicas y afines en la toma de decisiones, estén debidamente colegiados. Cuando un ciudadano consume agua potable, debe saber que detrás hay profesionales cualificados y responsables. Y eso solo se puede asegurar exigiendo la colegiación (Ley 2/1974, de 13 de febrero, sobre Colegios Profesionales). Administraciones, empresas y sociedad deben estar alineadas en este compromiso por la seguridad y la legalidad.

Palabras Clave: colegiación, seguridad, responsabilidad.

Líneas de investigación del grupo de ingeniería y microbiología del medio ambiente (GEMMA-UPC)

E. Uggetti, I. Ferrer, J. Puigagut, M. Garfí, C. Eskicioglu, E. Morais, F. Passos, E. Gonzalez-Flo, E. Rueda, A. Ortiz y J. García

Universitat Politècnica de Catalunya. Departamento de Ingeniería Civil y Ambiental. Grupo de Ingeniería Ambiental y Microbiología

Corresponding Author: enrica.uggetti@upc.edu

El Grupo de Ingeniería y Microbiología del Medio Ambiente (GEMMA) de la Universidad Politécnica de Cataluña (UPC) aborda los desafíos de la transición energética, ambiental y verde integrando investigación fundamental, desarrollo tecnológico y evaluación de la sostenibilidad. Nuestra actividad se centra en el despliegue de soluciones basadas en la naturaleza para la regeneración de agua y la recuperación de recursos, potenciando la resiliencia frente a la sequía mediante.

En el ámbito de la transición energética, el grupo impulsa el desarrollo de sistemas de bioenergía y soluciones energéticas limpias basadas en la valorización de biomasa y corrientes residuales. Entre ellos se encuentran los procesos anaerobios para la producción de biometano y biohidrógeno, junto con el desarrollo de rutas termoquímicas como la licuefacción hidrotermal, orientadas a la obtención de biocrudo y otros productos de valor añadido. Estas tecnologías se integran con procesos biológicos y fermentativos para maximizar la recuperación de energía y recursos.

En relación con la mitigación y adaptación al cambio climático, el grupo trabaja en el desarrollo de sistemas robustos de regeneración de agua combinando infraestructuras convencionales con soluciones basadas en la naturaleza para aumentar la resiliencia frente a sequías y eventos extremos. Asimismo, se desarrollan herramientas de predicción de la calidad del agua y alerta temprana basadas en biología molecular y *machine learning* para mejorar la gestión de los recursos hídricos.

En el marco de la bioeconomía circular, la investigación se orienta a la recuperación de nutrientes y a la producción de bioproductos de alto valor, como bioplásticos, pigmentos, fertilizantes y bioestimulantes.

De forma transversal, estas actividades se apoyan en la modelización y optimización de bioprocesos y en evaluaciones integradas de sostenibilidad ambiental, social y económica, incluyendo análisis de ciclo de vida, con el objetivo de maximizar su contribución a la economía circular.

Palabras Clave: modelización, recuperación de recursos, regeneración de agua, soluciones basadas en la naturaleza, sostenibilidad.

Líneas de investigación del grupo RNM271-UCOGREENING

M.A. Martín, J.A. Siles, M.C. Gutiérrez, M. Toledo, I. Bellido, M.L. López y A.F. Chica

*Universidad de Córdoba, Departamento de Química Inorgánica e Ingeniería Química, RNM-271 UCOGREENING.
Córdoba*

Corresponding Author: ig2masam@uco.es

El Grupo de Investigación RNM271-UCOGREENING, se creó en los años 80 por el Prof. Dr. Antonio Martín (con la denominación de Ingeniería Química), y, actualmente está liderado por la Prof. Dra. M^a Ángeles Martín. En la última década, 5 Profesores estables (Martín, Siles, Gutiérrez, Toledo y Chica) y 2 Técnicas de Laboratorio (Bellido y López), han desarrollado una intensa labor de investigación, transferencia y formación de investigadores, muchos de ellos Doctores hoy en día e incorporados al mercado laboral (en docencia, empresa e investigación).

Desde el principio, fue el objeto de interés del Grupo el tratamiento y la valorización de residuos (aguas contaminadas, urbanas e industriales, y lodos orgánicos, principalmente), aunque también han sido objeto de estudio el seguimiento de la calidad de aguas naturales. Siempre se han mantenido en vigor proyectos del Plan Nacional, autonómicos e incluso alguno de carácter internacional. Por otra parte, en los últimos 27 años, el convencimiento en la importancia de la transferencia ha llevado al Grupo a firmar unos 80 Contratos art. 83 o art. 60, con más de 50 empresas de nuestro entorno y hasta 14 Proyectos Colaborativos caracterizados por la transferencia y la innovación aplicada.

Actualmente el Grupo mantiene la línea de investigación de impacto odorífero en la gestión de los residuos municipales (sólidos y líquidos), basado tanto en la medición y control de concentración de olor como en estudios de dispersión e impacto del caudal de emisiones en EDARs, incluyendo sistemas sensorizados, digitalizados, olfatometría de campo y modelos computacionales para determinar el transporte másico en la atmósfera. También siguen muy activas la bioconversión de residuos agroalimentarios y urbanos en fertilizantes, tras su compostaje o gestión con insectos, y su transformación en biogás, mediante una digestión anaerobia mejorada, en ambos casos profundizando en las potencialidades complementarias del biochar. Se continúa con el impulso a las colaboraciones sinérgicas con otros grupos de investigación de la UCO y con la cercanía al territorio, mediante un intercambio continuo de conocimientos e iniciativas con empresas del entorno, por ejemplo, optimizando el tratamiento de sus aguas residuales, la valorización de sus lodos o el impacto sobre poblaciones cercanas de sus emisiones a la atmósfera. Así mismo, se ha asesorado sobre el mejor enclave de nuevas instalaciones, previo a la construcción de EDARs.

Palabras Clave: Biochar; Biometanización; Compostaje; Olor; Impacto Odorífero

Agradecimientos: Los integrantes del Grupo de Investigación UCOGREENING agradecen la ayuda a su investigación obtenida mediante la financiación de los siguientes proyectos: PID2024-156093OB-I00, MICINN, PDC2023-145916-I00, Plan de Recuperación, Transformación y Resiliencia; OLIVE4FUTURE, GOPO-CO-23-0006 y THINK-IN-AZUL, PCM_00121, Junta de Andalucía; y de Contratos con empresas, como COVAP, ECOENERGÍA DE LOS PEDROCHES, COVIDESA SCA, IBERANDALUS, SADECO, EMACSA Y EPREMASA.

Líneas de investigación en el laboratorio de tecnologías ambientales integradas del grupo TEQUIMA (Universidad de Castilla La Mancha)

A. Ramírez, E. López, M. Muñoz, F.J. López-Bellido, J. Llanos, F.J. Fernández, L. Rodríguez, J. Villaseñor.

Departamento de Ingeniería Química, Instituto de Investigación en Tecnología Química y Ambiental, Universidad de Castilla-La Mancha, Av. Camilo José Cela, Ciudad Real, 13071, España

Corresponding Author: jose.villaseñor@uclm.es

El Laboratorio de Tecnologías Ambientales Integradas (o grupo “Earth”, acrónimo derivado de sus siglas en inglés, <https://earth.web.uclm.es/>) pertenece a su vez al grupo TEQUIMA (Tecnología Química y Medioambiental) de la Universidad de Castilla La Mancha. El grupo Earth trabaja desde el año 2021 en proyectos de investigación centrados en el tratamiento y valorización de aguas residuales, residuos sólidos, lodos y suelos contaminados mediante la combinación de diferentes tecnologías, siendo la combinación de tecnologías biológica y electroquímica la más habitual. En el periodo 2021-2025 ha desarrollado investigación en tratamiento de drenaje ácido de minería mediante sistemas bioelectroquímicos (Proyecto “Bio-electro MineR2”) o mediante barreras reactivas permeables (Proyecto “E-BIORE2MIN”). En dichos proyectos además se estudian otras técnicas de descontaminación de residuos sólidos contaminados con metales pesados, como los relaves, fondos de balsas o escombreras de zonas mineras abandonadas. Desde finales de 2022 se estudia el tratamiento de carbonización hidrotermal de plantas contaminadas con metales debido a que previamente fueron utilizadas en procesos de fitodepuración de aguas o fitorremediación de suelos (Proyecto “CENIT”). Desde finales de 2023 se trabaja en un nuevo Proyecto orientado a la biometanización de biomasa vegetal contaminada, y se pretende utilizar el digestato obtenido como materia prima para la generación de materiales electrónicos con diferentes aplicaciones en tratamiento de aguas residuales (Proyecto “INSPIRE”). En todos los casos, se presta especial atención a la sostenibilidad de las tecnologías estudiadas y al aprovechamiento o recuperación de materiales a partir de las mismas.

Palabras Clave: tratamientos bioelectroquímicos, fitorremediación, carbonización hidrotermal, electrohidrólisis, biometanización.

Agradecimientos: Los autores agradecen el apoyo financiero de (1) el proyecto PID2022-141265OB-I00 financiado por MCIN/AEI/10.13039/501100011033 y FEDER, UE; (2) el proyecto 2025-GRIN-38454 de la Universidad de Castilla La Mancha-FEDER, y (3) el proyecto SBPLY/23/180225/000143 financiado por EU a través de ERDF y la Junta de Comunidades de Castilla-La Mancha (JCC- INNOCAM).

Uso de radiación UVC-LED para la inactivación de bacterias y fitoplancton en aguas de lastre

L. Romero-Martínez¹, J. Moreno-Andrés¹, E. Nebot¹ y I. Moreno-Garrido²

¹Universidad de Cádiz (UCA). Instituto Universitario de Investigación Marina (INMAR). Departamento de Tecnologías del Medio Ambiente. Puerto Real (Cádiz)

²ICMAN-CSIC

Corresponding Author: leonardo.romero@uca.es

Las aguas de lastre de los buques son actualmente uno de los mayores vectores de introducción de especies potencialmente invasoras en los ecosistemas marinos. Por ello, la Organización Marítima Internacional (IMO) adoptó el Convenio Internacional sobre Aguas de Lastre (BWMC), que establece una serie de estándares en relación a la concentración de organismos viables, que deben ser cumplidos en la descarga de agua de lastre. Para cumplir con los estándares del BWMC, los buques deben equipar un sistema de tratamiento de aguas de lastre (BWTS). Aproximadamente el 50% de los BWTSs aprobados usan radiación ultravioleta (UV) como tecnología germicida para prevenir la reproducción de los organismos descargados en las aguas de lastre. En los años recientes, los diodos emisores de luz en el rango UV-C (UVC-LEDs) han experimentado un importante avance tecnológico, y se espera que en un futuro puedan sustituir a las fuentes tradicionales de luz UV-C basadas en vapor de mercurio.

Se ha llevado a cabo una serie de experimentos de desinfección usando LEDs con emisión a 265 y 275 nm, y se comparó su eficacia con experiencias previas empleando lámparas convencionales con emisión a 254 nm.

En los ensayos con bacterias, se obtuvo una inactivación de cuatro órdenes de magnitud con 16.3 mJ cm⁻² en *Escherichia coli*, y con 11.4 mJ cm⁻² en el caso de *Enterococcus faecalis* con irradiación a 275 nm. Las bacterias potencialmente patógenas *Vibrio alginolyticus* y *Vibrio parahaemolyticus* fueron inactivada en dos órdenes de magnitud con 6.85 y 2.89 mJ cm⁻² respectivamente a 275 nm. En los ensayos con fitoplancton, se cumplieron los estándares del BWMC con dosis de 100 mJ cm⁻²; sin embargo, la aplicación de dosis limitó efectivamente el recrecimiento de los organismos que sobrevivieron o se recuperaron tras el tratamiento. En todos los casos, la eficacia usando LEDs a 265 o 275 nm fue igual o mayor que la eficacia con lámparas tradicionales de vapor de mercurio.

Palabras Clave: aguas de lastre, bacterias, desinfección ultravioleta, diodos emisores de luz, fitoplancton.

Agradecimientos: Este estudio es parte del proyecto ECOTRANSEAS (Ref.: TED2021–130994B-C31) financiado por MCIN/AEI/10.13039/501100011033 y por la Unión Europea NextGenerationEU/PRTR, y del Proyecto MOBILE (Ref. PCM_00015) Consejería de Universidad, Investigación e Innovación de la Junta de Andalucía y por la Unión Europea a través de los fondos Next Generation EU del Plan de Recuperación, Transformación y Resiliencia. C.17, I1.

Valorización electroquímica de biomasa lignocelulósica para aplicaciones en electrólisis y tecnologías de tratamiento de aguas

J. Comendador, E. López-Fernández, Á. Ramírez-Vidal, J. Villaseñor-Camacho, J. Llanos

*Universidad de Castilla La Mancha. Departamento de Ingeniería Química. Facultad de Ciencias y Tecnologías Químicas. Camilo José Cela, 13071 Ciudad Real, España.
Corresponding Author: Jorge.Comendador@uclm.es*

La valorización de biomasa residual lignocelulósica procedente de campos mineros o humedales permite su transformación en materiales carbonosos funcionales con alto valor añadido. Estos materiales se emplean como electrodos en distintas aplicaciones basadas en la electrólisis del agua y en procesos electroquímicos asociados. En particular, han demostrado una actividad hasta cuatro veces superior frente a un negro de carbono convencional en la producción sostenible de hidrógeno (Comendador, J., Llanos, J., Ramírez, A., Muñoz-Morales, M., López-Fernández, E. (2025) <https://doi.org/10.1021/acs.energyfuels.5c02282>) y se han utilizado de manera exitosa en la detección no enzimática de glucosa mediante oxidación electroquímica, alcanzando bajos límites de detección y alta sensibilidad (Comendador, J., López-Fernández, E., Caballero, C., Villaseñor-Camacho, J., Llanos, J., (2026) <https://doi.org/10.1016/j.biombioe.2025.108895>). Además, estos materiales también han sido utilizados con éxito en la generación electroquímica de peróxido de hidrógeno, ampliando su potencial en aplicaciones ambientales, concretamente en la aplicación de procesos electroquímicos de oxidación avanzada en el tratamiento de efluentes contaminados (Ramírez, Á., Muñoz-Morales, M., Fernández-Morales, F. J., Llanos, J. (2023) <https://doi.org/10.1016/j.electacta.2023.142383>). Debido a su elevada área superficial y destacadas propiedades electroquímicas, también presentan gran potencial en procesos de desionización capacitiva, contribuyendo a la desalación y tratamiento avanzado de aguas, tecnología que está siendo evaluada en la actualidad.

Como conclusión, la biomasa empleada procede de sistemas naturales utilizados en fitorremediación, donde las especies vegetales contribuyen a la depuración de aguas mediante la captación de contaminantes. La posterior valorización de estos residuos vegetales cierra el ciclo del tratamiento, integrando procesos de remediación ambiental y tecnologías electroquímicas avanzadas.

Palabras Clave: Electrólisis del agua, Humedales, Materiales de Carbono, Valorización de Residuos.

Agradecimientos: Se agradece el apoyo económico del proyecto PID2022-141265OB-I00 financiado por MICIU/AEI/10.13039/501100011033 y FEDER, UE. Este trabajo forma parte del proyecto de investigación SBPLY/23/180225/000143, financiado por la UE a través del FEDER y por la Junta de Comunidades de Castilla-La Mancha (JCCM) a través de INNOCAM.

XVI CONGRESO ESPAÑOL DE TRATAMIENTO DE AGUAS

meta.

Mesa Española de Tratamiento de Aguas

10-12 JUNIO
MURCIA 2026

