

**XXXIII Jornadas Técnicas
Asociación Española
de Abastecimientos
de Agua y Saneamiento**

Aeas' 15



Burgos, 28, 29 y 30 de Abril de 2015

Índice de ponencias

(Haz click sobre el título para acceder a la ponencia)

UN BURGALÉS ADELANTADO A SU TIEMPO

Juan José González Reglero

GUÍA PARA LA ELABORACIÓN DE PLANES DE EMERGENCIA EN POBLACIONES MEDIANAS

Carmen Marta Soriano Roncero, Alejandro Martín de la Cruz, Íñigo Otaola Ormaetxea, Ramón Larrinoa Barreda, Pablo A. Alcocer Sánchez

CENSO DE ETAPS ESPAÑOLAS. ANÁLISIS DE PROBLEMÁTICAS,

LÍNEAS DE TRATAMIENTO Y COSTES DE EXPLOTACIÓN

Margarita Amado González, Javier Sanchis Carbonell, Javier García Castillo, Mikel Bartolomé Quintano, Julen Cabero García, Ángel Castillo González

CARBÓN ACTIVO. PRODUCCIÓN, APLICACIÓN Y REACTIVACIÓN

Margarita Amado González, Javier Sanchis Carbonell, Javier García Castillo, Mikel Bartolomé Quintano, Julen Cabero García, Antonio Alfonso García García, Ricardo García Lechosa

ELIMINACIÓN DE COMPUESTOS ORGÁNICOS EN AGUA POTABLE A PARTIR DE PROCESOS MIXTOS FENTON-FOTOCATALÍTICOS

Margarita Amado González, Juan Rubio Alonso, Javier Sanchis Carbonell, Javier García Castillo, Mikel Bartolomé Quintano, Julen Cabero García

EL ESTUDIO DE LA HUELLA DE CARBONO DEL AGUA DE GRIFO FRENTE AL AGUA EMBOTELLADA, PROCEDENTE DE UNA ETAP

Margarita Amado González, Javier Sanchis Carbonell, Javier García Castillo, Mikel Bartolomé Quintano, Julen Cabero García, Ángel Castillo González

MANUAL NACIONAL DE RECOMENDACIONES PARA EL DISEÑO DE TANQUES DE TORMENTA

José Ramón Barro, Pau Comas, Pere Malgrat, Joaquín Suárez, David Sunyer

CARACTERIZACIÓN DE LOS DESBORDAMIENTOS DE SISTEMAS UNITARIOS (DSU) DESDE TANQUES DE TORMENTA Y ANÁLISIS DE SU EFICIENCIA

J. Ramón Barro Bernaldo de Quirós, Pau Comas Pelegrí, Pere Malgrat Bregolat, Joaquín Suárez López, José Anta Álvarez, Jerónimo Puertas Agudo

DRENAJE URBANO: NUEVOS ENFOQUES DE GESTIÓN PARA PREVENIR LA CONTAMINACIÓN

Alejandra Puig Infante, Ester Ortega Busutil, Rocio Fernández Rodríguez

EVALUACIÓN DE LAS DSU DEL SISTEMA DEL AZARBE DEL NUEVO CAUCE DEL TURIA EN VALENCIA

Ignacio Andrés-Doménech, Juan Bautista Marco Segura

LA LUCHA CONTRA EL CAMBIO CLIMÁTICO EN EL SECTOR DEL AGUA

Álvaro Miranda Simavilla

SATISFACCIÓN DE DEMANDAS Y DMA: NUEVO ENFOQUE A LAS SOLUCIONES TRADICIONALES EN EL ABASTECIMIENTO A SEVILLA

Luis Luque García, Andrés Guerra-Librero Castilla

LA HUELLA HÍDRICA COMO HERRAMIENTA NECESARIA DE PLANIFICACIÓN: SU APLICACIÓN AL CASO DE CANTABRIA

Enrique Hernández Moreno, Silvia Díaz Alcaide, Pedro Martínez Santos, Bárbara Willaarts, M. Ramón Llamas

ESTACIÓN REMOTA DE TERMOLIMNOGRAFÍA (ERTLG-ON-LINE): MEDIDA EN CONTINUO DEL GRADIENTE TÉRMICO VERTICAL DE SIERRA BOYERA

Marta De La Cruz Vera, Fernando Cañete Rodríguez, J. Manuel Palero Sanz

COSTE TOTAL DE PROPIEDAD Y ANÁLISIS DE CICLO DE VIDA DE TUBERÍA DE FUNDICIÓN DÚCTIL

Miguel Ángel Pérez Navarro

FRAUDE, UN PROBLEMA TÉCNICO O LEGAL

Agustín Moreno García, Ibon Beguiristain Repáraz

EFFECTOS DEL CAMBIO CLIMÁTICO SOBRE LAS PRECIPITACIONES EXTREMAS EN LA COMUNIDAD DE MADRID

Antonio Lastra, Paula González, Beniamino Russo, Angel Redaño Xipell, Jaime Ribalaygua

EL PROCESO DE TRANSFORMACIÓN DE LA GESTIÓN DEL SERVICIO DE LIMPIEZA DE ALCANTARILLADO EN LA CIUDAD DE DONOSTIA-SAN SEBASTIAN

Fernando Pérez Rodríguez, José María Alberich Herrera

LA GESTIÓN AVANZADA DEL RIESGO DE INUNDACIONES PARA CIUDADES MÁS RESILIENTES FRENTE A LOS IMPACTOS DE CAMBIO CLIMÁTICO

Beniamino Russo, David Sunyer Roqueta, Marc Velasco i Droguet

GESTIÓN, OPTIMIZACIÓN Y REUTILIZACIÓN DE LOS RECURSOS BIOENERGÉTICOS EN LA EDAR DE QUART-BENÀGER

Vicente Fajardo Montañana, Gloria Fayos Miñana, Alberto Alberola Riera

ANÁLISIS DE LA INTEGRACIÓN DE UN VERTIDO INDUSTRIAL DE ALTA CARGA: VERTIDO DE VINAZAS DE LEVADURA DE AB MAURI EN LA EDAR LA GOLONDRINA (CÓRDOBA)

Joaquín Aguilar Jiménez

ESTUDIO MEDIANTE PLANTA PILOTO RECUPERADORA DE NUTRIENTES EN LA EDAR LA TABLADA (SEVILLA)

Juan Manuel Díaz, Fernando Estévez, Joaquin Suescun, Enric Roche Campos

PRINCIPALES INDICADORES PARA EL CONTROL DEL ANR. ENFOQUE PRÁCTICO PARA AYUDA EN LA GESTIÓN DE LAS REDES DE ABASTECIMIENTO

Andrés García Hernández, Joan Collet Fisa, Francisco Javier Fernández Delgado

SISTEMA AVANZADO PARA LA GESTIÓN Y CONTROL DE LA RED DE ABASTECIMIENTO DE CÓRDOBA

José Antonio Durán Molina, José Manuel de la Cruz Azor, Juan María Palomo Romero

GESTIÓN AVANZADA DE PRESIONES PARA REDUCIR EL ANR, EL OPEX Y EL ENVEJECIMIENTO DE INFRAESTRUCTURAS

Alejandro Aranguren Ostolaza, Manuel Rodríguez Quesada, Joan Collet Fisa

SISTEMA EXPERTO DE CALIDAD METROLÓGICA COMO PIEZA CLAVE EN LA GESTIÓN AVANZADA DEL PARQUE DE CONTADORES

Guillermo de Montis de Luget

MANTENIMIENTO PREVENTIVO DE TUBERÍAS Y ELEMENTOS DE RED

Diego Vicente Limones González, Félix Mendaza Martínez, Adriá Gomilá Vinent

MEDICIÓN AVANZADA PARA REDUCCIÓN DE AGUA NO REGISTRADA EN EL ENTORNO DE LAS SMART CITIES

Ramón López Farias, Kristian Rokkjaer

REDUCCIÓN DEL IMPACTO POR MOSQUITOS EN EL ENTORNO URBANO DE LA EDAR DE GALINDO. IMPLANTACIÓN DE MEDIDAS DE MITIGACIÓN INNOVADORAS

Alejandro De la Sota Zubillaga, J. Carlos Iturrodobeitia Bilbao, Elena Corral-Hernández

PRIMEROS RESULTADOS DE LA ENCUESTA REALIZADA POR EL GRUPO DE TRABAJO DE REUTILIZACIÓN EN ESPAÑA

José Suárez López, Fernando S. Estévez Pastor

LAS TOALLITAS HÚMEDAS Y OTROS TEXTILES EN LOS SISTEMAS DE SANEAMIENTO: PROBLEMAS Y SOBRECOSTES

Miguel Ángel Doval Aguirre

APLICACIÓN DE LAS NORMAS DE CALIDAD AMBIENTAL A LAS EDAR

Rafael Marín Galvín

COMPARATIVA DE SISTEMAS DE CONTROL DE LA AIREACIÓN POR SONDAS REDOX VS. SONDAS ISE AMONIO-NITRATO

Ignacio Pastor Carbonell, Francisco Valero Canals, Manuel Abellán Soler

REUTILIZACIÓN DE NUTRIENTES Y AGUAS MEDIANTE EL CULTIVO DE MICROALGAS EN SISTEMA DE DOBLE CAPA

Manuel Dios Pérez, Pablo López Torrico, José Manuel Seoane Santiago

RECHAZO DE COMPUESTOS ORGÁNICOS VOLÁTILES POR MEMBRANAS DE ÓSMOSIS INVERSA EN AGUA DE CONSUMO HUMANO

Joan Sanz Ataz, Ana Mogollón Gómez, Aurelio García Ruz

SISTEMA DE DETECCIÓN Y CUANTIFICACIÓN ON LINE DE LEGIONELLA VIABLE EN AGUAS

Carlos Ferrer Torregrosa, Marisa Jiménez Bono, Guillermo Rodríguez Albalat, Amilcar Arnau Ripolles

CRITERIOS DE APTITUD DE EQUIPOS Y COMPONENTES DE TRATAMIENTO DE AGUA DE CONSUMO HUMANO EN EL INTERIOR DE EDIFICIOS. LA NORMA UNE 149101

Joan Company Arpa, M^a Cinta Pastor Redondo, Eduardo Arozamena Ramos

AHORRO EN LA ELIMINACIÓN DEL NITRÓGENO PRESENTE EN RETORNOS DE LA LÍNEA DE FANGOS. CLEARGREENTM

Ane Sáez Azcona, Marcos Villamediana García

OPTIMIZACIÓN DE LOS COSTES DE OPERACIÓN EN EL PROCESO DE DESHIDRATACIÓN DE FANGOS. DEHYDRISTM TWIST

Ane Sáez Azcona, Rodrigo Moreira Rato

OPTIMIZACIÓN ENERGÉTICA DE LA AIREACIÓN DE MEMBRANA DE LA PLANTA DE ALMUÑÉCAR

Teresa De la Torre García, Marina Arnaldos Orts, Carlos Rodríguez López, Jorge J. Malfeito Sánchez

APLICACIÓN DE MICROONDAS A LA DIGESTIÓN ANAEROBIA DE LODOS ACTIVOS

Fernando Santos Estévez Pastor, Graciano Carpes Hortal, Carmelo García Santana

EL ANÁLISIS ORGANOLÉPTICO DEL AGUA UTILIZANDO MICROSENSORES

Marta Brull Fontserè, Manuel Gutiérrez Capitán, Celia Jiménez Jorquera

CRITERIOS PARA LA VALIDACIÓN DE LOS MÉTODOS DE ENSAYOS FÍSICO-QUÍMICOS Y MICROBIOLÓGICOS

Pedro Pablo Morillas Bravo

GENERACIÓN DE SUBPRODUCTOS DE DESINFECCIÓN EN EL PROCESO DE POTABILIZACIÓN DE AGUAS

Rafael Marín Galvín, Isabel Montesinos González, Mercedes Gallego Fernández

CIUDADANO 2.0: NUEVAS HERRAMIENTAS EN LA COMUNICACIÓN CON LOS USUARIOS

Mario Enrique Cuesta Ruiz

HERRAMIENTAS PARA LA EVALUACIÓN Y OPTIMIZACIÓN DE LA ECOEFICIENCIA EN EL CICLO URBANO DEL AGUA

Desirée Marín Navarro, María José Amores Barrero, Gumersindo Feijóo Costa, Joan Rieradevall i Pons, Montserrat Termes Rifé, Francesc Hernandez Sancho

SMARTLAND BAJO BIDASOA ¿POR QUÉ IMAGINAR LO QUE YA EXISTE?

IBM SWG, Smart Land Technologies, Servicios de Txingudi, Ayuntamiento de Irun, Ayuntamiento de Hondarribia

ESTRATEGIAS PARA EL DESPLIEGUE Y OPERACIÓN DE LA TELELECTURA

Víctor González Carbonell

OPTIMIZACIÓN PROCEDIMIENTO DE GESTIÓN DE RECLAMACIONES DE FACTURACIÓN APLICANDO LA METODOLOGÍA LEAN

Gabriel Aparicio Fernández

REGULACIÓN EN EUROPA. PRÁCTICAS TARIFARIAS

Mariano Blanco Orozco

DIEZ AÑOS DE PLAN DE GESTIÓN DE LA DEMANDA EN VITORIA-GASTEIZ: RESULTADOS Y ENSEÑANZAS

César Samperio Blanco, Ignacio Imaz Rodríguez, Javier González Ruiz de Zárate

WATER OPERATOR PARTNERSHIPS WOP, UN INSTRUMENTO DE COOPERACIÓN EMPRESARIAL A POTENCIAR EN LAS EMPRESAS DE AGUA

José Luis Martín Bordes, Darío Mauriño Morales, Graciano Carpes Hortal, Antonio García Heredia, Enrique Baquerizo Rodríguez, Moisés Roldán Rodríguez, Lucas Perea Gil, Joaquín Buendía

SOLUCIONES HÍBRIDAS Y RECARGA DE ACUÍFEROS

Elisenda Taberna Camprubí, Joan Sanz Ataz

CARACTERIZACIÓN DE BACTERIAS FILAMENTOSAS EN EDARS DE LA PROVINCIA DE CASTELLÓN MEDIANTE LA TÉCNICA FISH

Inmaculada Solís Andrés, M^a Carmen Ballester Pérez

MODELADO HIDRODINÁMICO Y BIOQUÍMICO 3D DE UN PROCESO BIOLÓGICO DE FANGOS ACTIVOS

Luis Basiero Catalá, Javier Climent Agustina, José María Santos Asensi

MERCADOS DE ELECTRICIDAD, CONTRATACIÓN DE SUMINISTRO DE ELECTRICIDAD EN EL CICLO INTEGRAL DEL AGUA

Fernando Arlandis Pérez, Federico Vallés Figueras

QUÉ APORTA LA IMPLANTACIÓN DE UN SISTEMA DE GESTIÓN ENERGÉTICA

Jaime José Castillo Soria, Gloria Fayos Miñana, Felipe Sanz Tárrega, Javier Sanchis Carbonell, Javier Macián Cervera, José Luis Delgado Izquierdo, Elisa Borrás Navarro

DÍA 29 DE ABRIL - tarde

Auditorio		Sala de Congresos	
Presentación	Ponente	Presentación	Ponente
16:00 Rechazo de compuestos orgánicos volátiles por membranas de ósmosis inversa en agua de consumo humano	Joan Sanz - VEOLIA WATER	16:00 Ahorro en la eliminación del nitrógeno presente en retornos de la línea de fangos. Optimización de los costes de operación en el proceso de deshidratación de fangos.	Ane Sáez - DEGRÉMONT
16:20 Sistema de detección y cuantificación on line de Legionella viable en aguas	Carlos Ferrer - IPROMA	16:20 Optimización energética de la aireación de membrana de la planta de Almufecar	Teresa de la Torre - ACCIONA AGUA SERVICIOS
16:40 Criterios de aptitud de equipos y componentes de tratamiento de agua de consumo humano en el interior de edificios. La norma UNE 149101.	Joan Company - KEMIRA IBÉRICA M ^o Cinta Pastor - LAB. DOCTOR OLIVER RODES	16:40 Aplicación de microondas a la digestión anaerobia de lodos activos	Fernando Estévez - EMASESA
17:00 Pausa café - 17:00 A 17:25			
17:30 El análisis organoléptico del agua utilizando microsensores	Marta Brull - AIGÜES DE TERRASSA Manuel Gutiérrez - INSTITUTO DE MICROELECTRÓNICA DE BARCELONA (IMB-CNM), CSIC.	17:30 Ciudadano 2.0: nuevas herramientas en la comunicación con los usuarios	Mario E. Cuesta - EMASESA
17:50 Criterios para la validación de los métodos de ensayos físico-químicos y microbiológicos	Pedro P. Morillas - CANAL DE ISABEL II GESTIÓN	17:50 Herramientas para la evaluación y optimización de la ecoeficiencia en el ciclo urbano del agua	Desirée Marín - CETAQUA
18:10 Generación de subproductos de desinfección en el proceso de potabilización de aguas	Rafael Marín -EMACSA	18:10 Smart land bajo Bidasoa	Leire Zubitur - SERVICIOS DE TXINGUDI
18:30 Fin sesiones de tarde			
20:00 Recital de guitarra en el Hotel NH Palacio de Burgos			
21:00 Cena oficial en el Hotel NH Palacio de Burgos			

DÍA 30 DE ABRIL

Auditorio		Sala de Congresos	
Presentación	Ponente	Presentación	Ponente
9:30 Estrategias para el despliegue y operación de la telelectura	Victor González - AGUAS DE VALENCIA	9:30 Soluciones híbridas y recarga de acuíferos	Elisenda Taberna - VEOLIA WATER
9:50 Optimización procedimiento de gestión de reclamaciones de facturación aplicando la metodología Lean	Gabriel Aparicio - CANAL DE ISABEL II GESTIÓN	9:50 Caracterización bacterias filamentosas EDAR provincia de Castellón mediante técnica FISH. Modelado hidrodinámico y bioquímico 3D de un proceso biológico de fangos activos	Inmaculada Solís - IPROMA Luis Basiero - FACSA
10:10 Regulación en Europa. Prácticas Tarifarias	Mariano Blanco - FCC AQUALIA	10:10 Mercados de electricidad, contratación de suministro de electricidad en el ciclo integral del agua	Fernando Arlandis, Federico Vallés - CANAL DE ISABEL II GESTIÓN
10:30 Diez años de plan de gestión de la demanda en Vitoria-Gasteiz: resultados y enseñanzas	César Samperio - AMVISA	10:30 Qué aporta la implantación de un sistema de gestión energética	Jaime Castillo - EMIVASA
10:50 Water Operator Partnerships WOP, un instrumento de cooperación empresarial a potenciar en las empresas de agua	Graciano Carpes - EMASESA José L. Martín -JUN-HABITAT	10:50 Mecanismos de acción social	AQUALOGY
11:10 Pausa café - 11:10 a 11:25			
Auditorio			
Sesión I+D+I			
Coordinador: Francisco Cubillo - CANAL DE ISABEL II GESTIÓN La voluntad Innovadora estrategias y barreras a la Innovación: Jaime Castillo - EMIVASA La Cosecha de Ideas y la Implicación Personal: Carmelo García - EMASESA Sistemas para la gestión de la Innovación: Miguel Gómez - CONSORCIO DE AGUAS BILBAO BIZKAIA Sistemas de Innovación competitivos: Ramón López - AQUALOGY De las Ideas a la aplicación: Frank Rogalla - FCC AQUALIA La calidad de la Innovación y la gestión de los proyectos de Innovación: Jorge Malfelto - ACCIONA AGUA SERVICIOS El salto al mercado. La protección de la propiedad Industrial: Carlos Ferrer - FACSA La Innovación en la Implantación de la Innovación, empresas tamaño medio: Álvaro Miranda - MANCOMUNIDAD DE LA COMARCA DE PAMPLONA Competitividad de las PYME: Alejandro Bermúdez - AMBLING INGENIERÍA Y SERVICIOS			
12:45 El papel de las sociedades estatales en la gestión del agua - Aránzazu Vallejo - ACUAES			
13:15 Entrega de los II Premios AEAS Redes Sociales y Periodismo			
13:30 Clausura			
13:45 Almuerzo típico en el Hotel Los Blasones - 13:45 a 16:00			

REUTILIZACIÓN DE NUTRIENTES Y AGUAS MEDIANTE EL CULTIVO DE MICROALGAS EN SISTEMA DE DOBLE CAPA

Dios Pérez, Manuel (Aguas de Córdoba)
López Torrico, Pablo (Aguas de Córdoba)
Seoane Santiago, José Manuel (Aguas de Córdoba)

SUMARIO

Las actividades humanas pueden tener un impacto negativo significativo sobre el medio ambiente, afectando especialmente a los ciclos biogeoquímicos del carbono, nitrógeno y fósforo. El suministro de agua a las zonas urbanas, el saneamiento posterior y los sistemas de tratamiento de aguas residuales pueden producir elevadas cargas de nitrógeno y de fósforo y su liberación al medio ambiente. Tal contaminación del agua conduce a la eutrofización, lo que resulta en una pérdida de especies de plantas y animales en el medio acuático, junto con impactos negativos sobre el agua para consumo humano y otros fines. Además, los ecosistemas marinos se ven afectados de manera similar por el exceso de nutrientes y por lo tanto el impacto de la eutrofización se extiende más allá de las aguas interiores. Por tanto, instalaciones avanzadas de tratamiento de aguas son fundamentales para eliminar estos nutrientes y cumplir el objetivo principal del tratamiento de aguas residuales urbanas, de acuerdo a la Directiva 91/271/CEE, la cual establece los requisitos mínimos para la recolección y tratamiento de aguas residuales dependiendo del tamaño de la aglomeración y las características de la zona de descarga.

El proyecto LIFE + TL-BIOFER tiene como objetivo abordar el problema de las aguas residuales producidas por aglomeraciones urbanas de pequeño y mediano tamaño. El proyecto tiene previsto demostrar en una planta de tratamiento de aguas residuales mediante el cultivo de algas en el sistema Twin-Layer (TL), una tecnología avanzada de eliminación de nutrientes basado en microalgas. Un segundo objetivo es producir y probar bio-fertilizantes derivados de las microalgas cultivadas, así como la reutilización del efluente líquido del sistema de tratamiento de aguas residuales. El fertilizante contará con altos estándares agronómicos, aptos para la agricultura sostenible, así como los requisitos de regulaciones futuras de la UE.

Se trabaja actualmente en la instalación de un prototipo para el cultivo de algas en doble capa (Twin-Layer) en una estación depuradora de aguas residuales en el Norte de la Provincia de Córdoba, para la depuración de 12 m³/día de aguas procedentes del tratamiento secundario. La experimentación se desarrollará a lo largo de dos años de operación con el objetivo de producir un efluente final apto para zonas sensibles tales como estuarios, embalses, zonas protegidas, etc.

Se pretende la absorción entre un 90% y 100% de nutrientes (nitrógeno y fósforo) de las aguas residuales objeto del tratamiento (contenido en nitrógeno total 38,3 mg/litro, contenido en fósforo total de 5,1 mg/litro en el agua residual) de la EDAR de El Viso-Villaralto que posee una autorización de vertido para zona sensible (con límites de 15 mg/litro para el nitrógeno total y 2 mg/litro para el fósforo total).

Finalmente, el proyecto permitirá desarrollar un proceso de transformación de las algas en biofertilizantes y la fabricación de 20.000 kg de fertilizantes comercializables en diferentes formatos; producto foliar, en polvo y microgranulado.

Se persigue así la captura de hasta 276 kg de Nitrógeno por microalgas durante el proyecto y la captura de hasta 36,5 kg de Fósforo.

PALABRAS CLAVE

Eliminación de nutrientes, algas, Twin-Layer, reutilización, biofertilizantes.

INTRODUCCIÓN

Con una población estimada de 500 millones de habitantes, el agua residual generada por la población de la UE es una fuente importante de contaminación. Diferentes reglamentos tienen por objeto prevenir este problema y contribuir a la protección del agua: La Directiva sobre el tratamiento de aguas residuales urbanas (91/271/CEE, transpuesta al ordenamiento jurídico español por el R.D. Ley 11/95 y R.D. 509/96, modificado por el R.D. 2116/98), define los principios básicos para el tratamiento, el requerimiento de tratamiento de aguas residuales con tratamiento secundario para todos las aglomeraciones de población equivalente superior a 2.000 habitantes, y establece criterios para identificación de las zonas sensibles, en las cuales se debe proporcionar un tratamiento más avanzado con eliminación de nutrientes. Otras directivas como la Directiva de nitratos procedentes de fuentes agrarias, (91/676/CEE) busca la reducción en la liberación de estos nutrientes a las aguas superficiales y subterráneas, la Directiva IPPC 96/61/CE de la prevención y control integrados de la contaminación, incide en emisiones industriales que pueden tener alta carga de fósforo y, en consecuencia, la eutrofización en el agua.

Aunque la aplicación de estas Directivas ha progresado significativamente, la contaminación difusa y algunas fuentes puntuales de contaminación siguen siendo una amenaza importante para el buen estado de las aguas. De hecho, existe enriquecimiento nutrientes en el 30% de las masas de agua de 17 estados miembros.

El suministro de agua a las zonas urbanas y el posterior saneamiento, incluso si se cuenta el tratamiento convencional, producen enormes cargas puntuales de nitrógeno y fósforo al ambiente, llevando el agua a la eutrofización, causando cambios ecológicos que terminan en una pérdida de especies vegetales y animales, y en definitiva un impacto negativo en el uso del agua. El hecho es que la contaminación del agua causada por las aguas residuales persiste a pesar de tres décadas de esfuerzo y a pesar de los requisitos de las Directivas mencionadas. Las actuales concentraciones de ortofosfato y nitrato están todavía por encima de lo que podría ser considerado como “niveles de fondo” o los niveles naturales a excepción de los países europeos del Norte, y esto es debido en gran parte a que un elevado porcentaje de estos aportes todavía se vierte desde fuentes difusas. La conclusión es la importancia de las instalaciones de tratamiento avanzado de aguas residuales, y la eliminación de nutrientes en éstas.

El presente trabajo presenta los primeros avances en un proyecto financiado por el programa LIFE+ en su modalidad de Política y Gobernanza Medioambiental. Los objetivos del proyecto LIFE + TL-BIOFER abarcan:

- a) El problema de las aguas residuales producidas por aglomeraciones urbanas de pequeño y mediano tamaño mediante una tecnología avanzada de cultivo inmovilizado de microalgas (Twin-Layer o cultivo en doble capa), especialmente factible en poblaciones de hasta 2.000 hab-eq., que si bien solo requieren un “tratamiento adecuado” según la Directiva, dichos requerimientos se traducen en exigencias de tratamiento secundario y exigencias en cuanto a nutrientes cuando el vertido se realiza a zonas sensibles como es nuestro caso.
- b) Además, el proyecto pretende cerrar el ciclo biogeoquímico global del nitrógeno y fósforo, abordando al mismo tiempo que la descontaminación del agua, la sustitución de los fertilizantes minerales. Es decir la producción de bio-fertilizantes derivados de las microalgas cultivadas. El “perfil limpio” de las aguas residuales en estas poblaciones y depuradoras pequeñas o muy pequeñas con acentuado carácter urbano proporcionarán una “biomasa de microalgas limpia” adecuada para la producción de biofertilizantes. Se llevarán a cabo ensayos agronómicos en parcelas para dos cultivos distintos en el norte de Italia y cuatro cultivos diferentes en España.
- c) En tercer lugar, la reutilización del efluente líquido del sistema de tratamiento de aguas residuales.

El proyecto LIFE + TL-BIOFER representa claramente un tratamiento competitivo y más avanzado para cumplir con las Directivas, a fin de lograr un buen estado ecológico de los medios acuáticos, especialmente en áreas con exigentes objetivos medioambientales. El proyecto se llevará a cabo en la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales de “El Viso y Villaralto” que tiene las siguientes características:

- a) Situada en el norte de la provincia de Córdoba que recibe y trata las aguas residuales urbanas de una población de alrededor de 4.100 habitantes y el organismo que ejerce la vigilancia y control es la Confederación Hidrográfica del Guadiana.
- b) El diagrama básico de la EDAR consiste en una línea de agua y una línea de fangos. La línea de agua consta de un pozo de gruesos, tanque de pretratamiento consistente en un tamiz de gruesos (30 mm.), uno de finos y la operaciones de desengrasado y desarenado. El tratamiento secundario consta de dos contactores biológicos rotatorios (Bio-discos) y un clarificador o decantador secundario. También hay un tratamiento adicional para la eliminación del fósforo por vía química, se trata de la precipitación con cloruro férrico. El volumen máximo anual de aguas residuales tratadas de estas dos aglomeraciones es de 299.593 m³.

Como valor añadido, el presente proyecto ofrece un enfoque transnacional:

- a) *EMPROACSA*, fundada en 1985 por la Diputación Provincial de Córdoba, gestiona desde entonces el ciclo integral del agua en la Provincia de Córdoba.
- b) *Biomasa Peninsular*, trae al proyecto la experiencia en la participación de proyectos internacionales y el conocimiento en fabricación de compost y abonos orgánicos.
- c) *Bio-Logical Solutions* es una empresa joven formada por un equipo de expertos en biotecnología aplicada al Medio Ambiente.
- d) Por último, la *Universidad de Colonia*, a través del Laboratorio Melkonian, contribuye con

su amplia experiencia de más de quince años en el campo de las microalgas, fotobiorreactores y biotecnología, en la implantación de un innovador sistema de cultivo en doble capa (TWIN-LAYER).

DESCRIPCIÓN DE LA TECNOLOGÍA

Tecnología e innovación del proyecto

Son muchas las instalaciones que llegando al final de su vida útil requieren de una reconversión para alcanzar las exigencias actuales, otras en las que aun siendo relativamente recientes en su concepción no se tuvieron en cuenta criterios de vertidos industriales o cargas contaminantes no contempladas. Esto nos pone en situación de que la selección de tecnologías durante la fase de redacción del proyecto de una EDAR es clave para alcanzar una gestión y explotación exitosa. La tecnología que planteamos probar en este proyecto a escala piloto pretende, por un lado aportar soluciones a las poblaciones de pequeño tamaño que están obligadas a la depuración de nutrientes, y por otro lado, apoyar aquellas infraestructuras que requieran una reconversión de sus instalaciones y que por limitaciones en sus instalaciones son incapaces de abarcar los objetivos de eliminación de fósforo y sobre todo nitrógeno que requiere casi siempre la presencia de varias unidades de tratamiento con condiciones de aireación y cargas orgánicas muy diferentes entre sí.

La EDAR de El Viso-Villaralto ejemplifica esta situación, la eliminación de fósforo se aborda mediante la vía de precipitación química, con el consiguiente gasto de reactivo con sales de aluminio o de hierro (sulfatos y cloruros). La eliminación por vía biológica (bacterias asimiladoras de fosforo PAO), la cristalización, novedosas técnicas de electroprecipitación, atracción magnética y adsorbentes son otras alternativas mas complejas. (Morse *et al.*, 1998, Smil, 2000).

Por otra parte, la eliminación del nitrógeno es difícilmente alcanzable en un sistema de biodiscos. Existen numerosas opciones cuando se considera la eliminación biológica de nitrógeno: Bardenpho, Sharon, Anammox, Wuhrmann, Ludzack-Ettinger, etc (Carey y Migliaccio, 2009). Sin embargo, estos procesos se basan generalmente en procesos biológicos secuenciales de “nitrificación / desnitrificación” que son difícilmente alcanzables en una planta de biodiscos que cuenta con escasa versatilidad. En cualquier caso, la eliminación del nitrógeno presentan diferentes limitaciones en su complejidad, con importantes consumos energéticos en la etapa de nitrificación y demanda de una fuente de carbono durante la desnitrificación.

Las microalgas pueden asimilar una cantidad significativa de nutrientes debido a que requieren altas cantidades de nitrógeno y fósforo para proteínas (45-60% en peso seco de microalgas), ácidos nucleicos y fosfolípidos de síntesis. Las ventajas del uso de microalgas pueden resumirse como sigue:

- a) Los nutrientes pueden ser eliminados de manera más eficiente.
- b) La contaminación secundaria en el producto causada por aditivos químicos se evita, por lo que no genera contaminación adicional.
- c) Cuando se cosecha la biomasa, obtenemos un reciclaje de los nutrientes.
- d) El sistema es menos costoso.

La mayoría de las investigaciones se han centrado en las microalgas que crecen en suspensión. La separación de éstas sigue siendo uno de los principales obstáculos para el procesamiento a escala industrial debido al pequeño tamaño de las células de las algas y el bajo contenido de biomasa (200-600 mg/litro), lo que requiere que grandes volúmenes de agua tienen que ser procesados (Olgúin, 2003). Por esta razón, en los últimos años, ha habido un mayor interés de la utilización de microalgas inmovilizada ya que esta tecnología puede evitar costes excesivos de la recolección. El atrapamiento en matrices de gel de polisacárido natural o la inmovilización en una matriz polimérica natural (esponja vegetal) o sintética como poliuretano (Garbisu et al., 1991), o polivinilos (Urrutia et al., 1995) han sido ampliamente las opciones más estudiadas experimentalmente. Sin embargo, estos métodos presentan serias desventajas: la dificultad para realizar el procesamiento, además de ser un procedimiento fácilmente reversible y donde la contaminación de efluentes es probable (Moreno-Garrido, 2008).

Para resolver estos problemas, el presente proyecto hará uso de la tecnología TWIN-LAYER (TL), una novedosa técnica de inmovilización celular. En el sistema TL (Figura 1), las microalgas se inmovilizan por auto-adherencia en húmedo, sobre un sustrato microporoso y ultrafino (la capa de sustrato). Sobre estas capas subyace la capa de sustrato, una segunda capa, que consiste en una estructura fibrosa macroporosa (la capa de origen) que ofrece y distribuye el medio de crecimiento (Nowack et al., 2005).

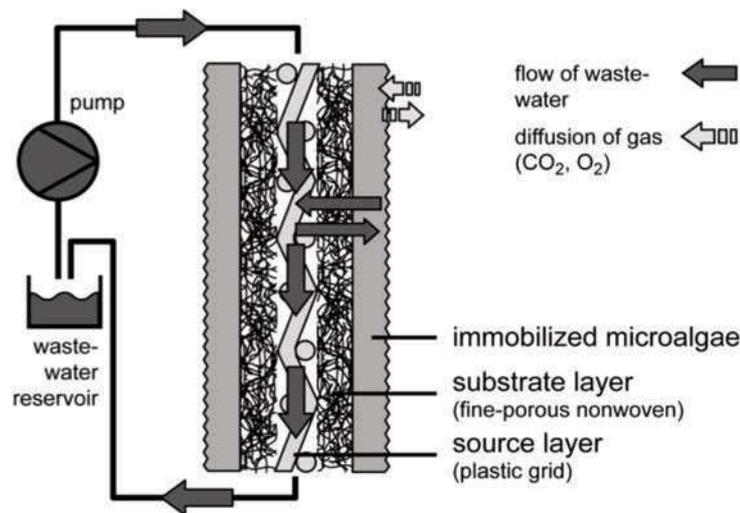


Figura 1: Sección del modelo en doble capa o Twin-Layer (Shi, J., 2009).

Los aspectos innovadores en cuanto el cultivo de microalgas (en comparación al cultivo en suspensión) son:

- El método es más eficaz y rentable para el cultivo de microalgas (hasta 75 g de materia seca por. m² y día). Hasta ahora, el 75% de más de 500 cepas de algas ensayadas en Europa podría establecerse con éxito en la tecnología en el TL de nuestra región. Esto permite explotar todo el potencial de la diversidad de microalgas. Como contraste, son menos de 20 cepas las que actualmente se emplean biotecnológicamente en el cultivo en suspensión.
- Un suministro óptimo de luz, que se realiza por una gran superficie de crecimiento.
- Bajo coste de la construcción fotobiorreactor.

- d) No hay consumo de energía para la transferencia del agua.
- e) Bajo consumo de energía durante el cosechado (sin centrifugación requerida).
- f) Bajo consumo de energía para el bombeo.
- g) Bajo riesgo de contaminación por separación del cultivo de microalgas.
- h) Muy simple de realizar la inmovilización celular por auto-adhesión al sustrato.
- i) Gran versatilidad y flexibilidad, permite tratar vertidos de diferentes orígenes con contaminantes.
- j) Además, la propuesta combina dos campos, que son; la producción sostenible de biomasa y la recuperación/tratamiento de aguas residuales, donde la tecnología TL puede ofrecer claras ventajas competitivas en comparación con otras tecnologías.

El contenido natural típico en macronutrientes de microalgas secas es NPK 7-1-1,4, por lo que sólo con este contenido, el producto podría ser clasificado como “fertilizante orgánico” ya que por sí solas ya representan un recurso altamente valioso para aplicación en el suelo. Basados en esta premisa se desarrolla el segundo objetivo, el de producción sostenible de productos a partir de microalgas.

Por otra parte los medios de cultivo para la selección de las mejores cepas y el prototipo ofrece la oportunidad de adaptarse a cada situación específica: las características de las aguas residuales, la calidad deseada de efluentes, las condiciones climáticas del sitio y los biofertilizantes a producir. Esta especificidad es otro aspecto innovador relevante del proyecto.

Los medios en los que se cultiva biomasa de microalgas (agua residual) limita su uso como alimento y forraje al ganado, pero no debería representar un problema para obtener en la mayoría de los casos fertilizantes de alta calidad con baja concentración de contaminantes debido al tamaño y carácter de los núcleos de población en los que se instalaría (zonas rurales y semi-rurales, EDARs lejos de zonas industrializadas).

Descripción del prototipo

El prototipo está formado por 20 módulos TL con dimensiones de 1,2 m de ancho, 1 m de profundidad y 1,80 de altura. El marco de cada módulo será de acero inoxidable y las hojas que contienen el inmovilizado de microalgas están colgando de ella. Las dimensiones de una hoja son 1 m de ancho y 1,5 m de altura. Cada hoja contiene inmovilizada microalgas en ambos lados, por lo que el área total de cultivo o crecimiento es de 3 m² por hoja. La distancia de separación estimada entre las hojas es de 20 cm para una disponibilidad óptima de la luz, lo que nos da una composición de 5 hojas por módulo TL, es decir, 15 m² por cada módulo. Dado que se instalaran 20 módulos, la superficie total de cultivo será de 300 m² en un área total de apenas 24 m². El agua residual se bombea a un dispositivo de filtración (1 mm. de luz de poro) para pasar a continuación a la instalación TL: En la parte superior se distribuye el agua de forma homogénea en el canal de agua y el vertido se difundirá desde la “capa fuente” a la “capa sustrato”. Un esquema de un diseño del módulo TL se muestra en la Figura 2.

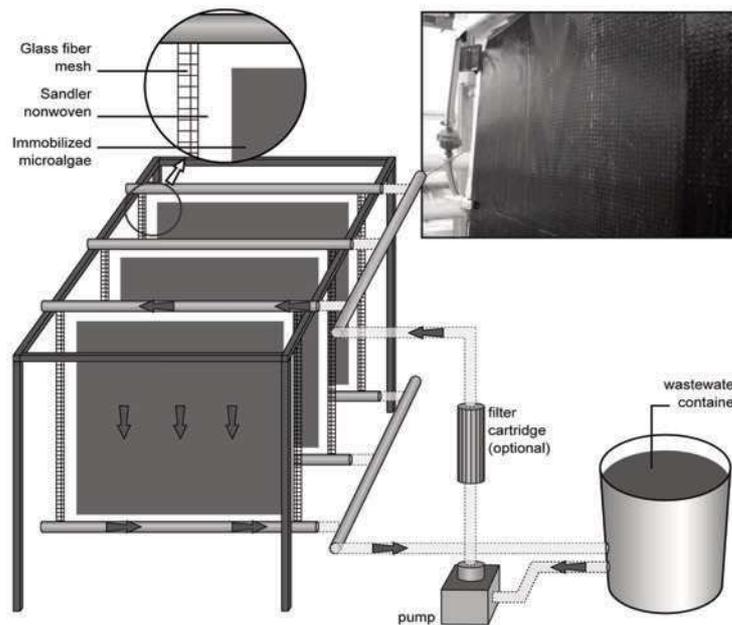


Figura 2: Modulo Twin-Layer para el tratamiento de aguas residuales (Shi, J., 2009 modificado).

ACCIONES A ACOMETER

El proyecto se estructura en las siguientes acciones:

Acciones preparatorias:

La planificación general del proyecto, revisión inicial de detalles.

Acciones de Implantación:

- a) La selección por aislamiento de cepas del lugar de implantación, pre-selección y pruebas de la capacidad de absorción de nutrientes.
- b) Demostración de la viabilidad y el potencial del prototipo TWIN-LAYER para la eliminación de nutrientes (N y P) a través de:
 1. Diseño, construcción e instalación del prototipo en la EDAR.
 2. Operación, mantenimiento y optimización del prototipo durante dos años.
 3. La validación de los resultados obtenidos y la emulación del potencial tecnológico TWIN-LAYER para replicación y despliegue en la UE y en otras áreas geográficas.
- c) La elaboración de biofertilizantes de la biomasa de microalgas cosechadas:
 1. Después de la cosecha, secado y acondicionamiento, la caracterización analítica completa de la biomasa de microalgas para evaluar su potencial como biofertilizante.
 2. Evaluación de diferentes microalgas biofertilizantes formulaciones: prueba de laboratorio, prueba de macetas en invernadero y pruebas de campo.
 3. Diseño y producción de pruebas de nuevos biofertilizantes a base de microalgas (al menos 3 nuevos productos) basados en los resultados obtenidos en la caracterización anterior y pruebas agronómicas.

Comunicación y difusión del proyecto:

Este proyecto llevará aparejado una importante labor de difusión de resultados y comunicación a la sociedad para la transferencia de resultados. Se desarrollarán actividades tales como un plan de difusión a la población y agentes implicados, el diseño del logotipo del proyecto, tabloneros de anuncios, página web específica, informes Layman, comunicados a los medios de comunicación, la participación en conferencias, artículos científicos, organización de talleres, etc.

También se ha elaborado un plan de Gestión y Seguimiento del Proyecto, que incluye; una planificación cuidadosa, un plan de trabajo claro y conciso de las actividades de control y supervisión y el desarrollo de un plan de contingencia para hacer frente a los imprevistos que puedan presentarse durante la marcha del proyecto.

RESULTADOS

Resultados esperados

El proyecto tiene un desarrollo de tres años a partir de Julio de 2014. Durante esta primera anualidad ya se han desarrollado las acciones preparatorias y comenzado las acciones de implantación, de comunicación y de gestión del proyecto.

Así por ejemplo, la selección por aislamiento de las cepas autóctonas ya ha sido llevado a cabo y se ultiman los detalles de la construcción e implantación del prototipo en la EDAR. Las acciones experimentales se desarrollarán durante el segundo y tercer año, por lo que en esta fase solo podemos exponer los resultados esperados.

- a) El proyecto tiene un carácter puramente demostrativo, tratando en torno a 12 m³ / día de aguas residuales procedentes de un tratamiento biológico con biodiscos. Total: 7.300 m³ de aguas residuales tratadas durante el proyecto a escala piloto.
- b) Cumplir con los estrictos requisitos de zonas sensibles de acuerdo con la Directiva 91/271 / CEE del Consejo, esto es reducir la concentración de nitrógeno y fósforo a 15 mg/litro para el nitrógeno total y 2 mg/litro para el fósforo total (valor medio de analíticas previas: 38,33 mg/litro de nitrógeno total, y 5,07 mg/litro de fósforo total).
- c) Alcanzar las directrices generales de la Organización Mundial de la Salud en la reutilización del agua y el Real Decreto 1620/2007 sobre la reutilización del agua (nematodos, *Escherichia coli*, Sólidos Totales en suspensión, turbidez, Nitrógeno total y fósforo).
- d) La fijación de entre 248 y 276 Kg de nitrógeno por microalgas durante el proyecto y de 32,9 a 36,5 Kg de fósforo capturado por microalgas.
- e) Desarrollo de un protocolo para la transformación de microalgas en biofertilizante comercializable.
- f) Formulación y producción de biofertilizantes a partir de microalgas en dos temporadas, compatible con alta normas agronómicas de la agricultura sostenible y regulaciones actuales y futuras de la UE (*biowaste*, *End of Waste*, nueva regulación de fertilizantes para Agricultura Orgánica y reglamentos como la Ecoetiqueta 2006/799/CE para enmiendas orgánicas, Reglamento 2007/64/CE por el que se concede la ecoetiqueta para sustratos y sustratos de cultivo, o el Reglamento

834/2007/CE de fertilizantes y el suelo aptos para la agricultura ecológica de la UE. La producción total de biofertilizante estimada será de 20.000 kg y al menos tres nuevos productos se formularán a partir de microalgas para los siguientes tipos de formatos.

1. 300 L para Suspensiones / producto foliar
2. 100 Kg de producto en polvo
3. 50 Kg para el producto micro-granulado Evaluación Agronómica

g) De las microalgas obtenidas en las dos temporadas se realizarán pruebas de laboratorio y de invernadero, así como ensayos de campo en parcelas (2 cultivos en el Norte de Italia y 4 cultivos diferentes en España).

h) Se realizará una comparativa entre la producción ecológica, integrada y convencional (con las materias químicas y de pesticidas tradicionales).

Minimización de la huella de carbono

El proyecto representa un reto significativo en comparación con otras opciones por diferentes razones:

A pesar de que el gas de efecto invernadero más significativo es el dióxido de carbono, hay otros gases que son parte de este grupo como el óxido nitroso. El sistema de capa doble evita la generación de este gas de nitrógeno presente en las aguas residuales, como sucede con otras opciones de tratamiento, con la generación de amoníaco.

El sistema tiene una base biológica, las microalgas son biodegradables, aún más, las microalgas producidas tienen un alto valor añadido como fuente de nutrientes para el crecimiento vegetal.

Las microalgas son consumidoras de dióxido de carbono natural. Como dato a tener en cuenta, utilizando el TWIN-LAYER durante 2 años 1.620 Kg de CO₂ serán capturados para formar 900 Kg de biomasa de microalgas.

Por último, se tendrá en cuenta la minimización de las emisiones indirectas (desplazamientos en vehículo o criterios de conducción eficiente, buenas prácticas en el uso del papel, correcta gestión de residuos, consumibles, climatización, etc.).

CONCLUSIÓN

El desarrollo de una técnica innovadora de crecimiento de algas se plantea como alternativa a los sistemas tradicionales de eliminación de nitrógeno y fósforo, mostrándose competitiva para las estaciones depuradoras de aguas residuales de pequeño tamaño (inferior a 2000 hab-eq.). La tecnología se considera muy interesante para su implantación en estaciones depuradoras que necesitan elevar sus rendimientos de depuración, ya sea por cambios en las exigencias legales del vertido o por cambios en el influente. Muestra considerables ventajas también sobre las tecnologías de cultivo de algas en suspensión, que radican principalmente en el sistema de cosechado y de limpieza. El crecimiento y el consiguiente cosechado, que se realiza a un coste drásticamente inferior que el cultivo suspendido convierten a esta tecnología en una forma de cerrar el ciclo bioquímico de los nutrientes mediante su conversión a biofertilizantes de última generación.

REFERENCIAS

- Carey, R.O. & Migliaccio, K.W. (2009). Contribution of wastewater treatment plant effluents to nutrient dynamics in aquatic systems: A review. *Environmental Management*, 44: 205-217.
- Garbisu, C., Gil, J.M., Bazin, M.J., Hall, D.O. & Serra, J.L. (1991). Removal of nitrate from water by foam-immobilized *Phormidium laminosum* in batch and continuous-flow Bioreactors. *Journal of Applied Phycology*, 3: 221-234.
- Moreno-Garrido, I. (2008). Microalgae immobilization: Current techniques and uses. *Bioresource Technology*, 99: 3949-3964.
- Morse, G.K., Brett, S.W., Guy, J.A. & Lester, J.N. (1998). Review: Phosphorus removal and recovery technologies. *Science of the Total Environment*, 212: 69-81.
- Nowack, E.C.M., Podola, B. & Melkonian, M. (2005). The 96-well twin-layer system: A novel approach in the cultivation of microalgae. *Protist*, 156: 239-251.
- Olguín, E.J. (2003). Phycoremediation: Key issues for cost-effective nutrient removal processes. *Biotechnology Advances*, 22: 81-91.
- Shi, J. (2009). Removal of nitrogen and phosphorus from municipal wastewater using microalgae immobilized on twin-layer system. Thesis. Universität zu Köln.
- Smil, V. (2000). Phosphorus in the environment: Natural flows and human interferences. *Annual Review of Energy and the Environment*, 25: 53-88.
- Urrutia, I., Serra, J.L. & Llama, M.J. (1995). Nitrate removal from water by *Scenedesmus obliquus* immobilized in polymeric foams. *Enzyme and Microbial Technology*, 17: 200-205.

CONTACTO

Manuel Dios Pérez
Empresa Provincial de Aguas de Córdoba (EMPROACSA)
Avenida del Mediterráneo s/n. Córdoba. 14011.
Teléfono: (+34) 957 211 358. FAX: (+34) 957 211 380.
Email: mdios@aguasdecordoba.es