

# Proyecto INCOVER: Las aguas residuales producen bioproductos y bioenergía

Enrica Uggetti, María Jesús García Galán, Joan García  
GEMMA, grupo de investigación en Ingeniería y Microbiología del Medio Ambiente  
[Universidad Politécnica de Catalunya | www.gemma.upc.edu](http://www.gemma.upc.edu)

## INTRODUCCIÓN

El constante crecimiento de la población, así como la contaminación, el cambio climático y la sobreexplotación de los recursos de agua dulce son responsables de una progresiva presión

sobre el recurso hídrico. Por ello es necesario su preservación y uso de forma eficiente. A día de hoy, la Directiva Marco del Agua (Directiva 2000/60/CE, 2000), que preveía que en 2015 todas las masas de agua tuvieran un buen estado ecológico, sólo

se cumple en aproximadamente la mitad de los casos. Es necesario por tanto realizar un esfuerzo en el tratamiento de aguas residuales mediante soluciones técnica y económicamente viables. Por otro lado, la mayoría de las aguas tratadas se suelen verter al



Fotobiorreactores del campus Agrópolis

medio ambiente y no se aprovechan para otros usos. A pesar de que en los últimos años se esté promocionando cada vez más la reutilización agrícola o para el riego de parques y jardines, en realidad sólo un pequeño porcentaje de las aguas tratadas se reutilizan. En Cataluña, uno de los lugares de España y de Europa con más práctica de la reutilización, sólo unos 30 de los 700 hm<sup>3</sup> de aguas tratadas cada año se reutilizan para riego, limpieza de calles, usos ambientales y, en menor medida, usos industriales (ACA, 2016). Ciertamente un número bajo para el siglo XXI y con el cambio climático pisándonos los talones.

En este contexto, la solución a la creciente escasez del recurso hídrico reside en parte en la búsqueda y aplicación de nuevas alternativas de tratamiento del agua con costes limitados y capaces de generar aguas que se puedan reutilizar y que puedan generar nuevos materiales o recursos en

lugar de residuos. Así pues, el futuro de las plantas de tratamiento pasa necesariamente por su reconversión de elementos clave en el saneamiento actual a futuras unidades productivas capaces de generar bienes valorizables y eficientes energéticamente.

### EL PROYECTO INCOVER

La necesidad de cambio radical en el sector del agua ha impulsado el interés de la Unión Europea hacia la promoción de ideas innovadoras en el sector. Un ejemplo es el proyecto INCOVER, "Innovative Eco-Technologies for Resource Recovery from Wastewater" (<http://incover-project.eu/>), que pretende ofrecer una respuesta a la necesidad de nuevas soluciones técnicas para el tratamiento de agua residual que sean a su vez capaces de promover la reutilización y de generar nuevos recursos. El proyecto, coordinado por el centro tecnológico AIMEN,

tiene un presupuesto de 8 millones de euros y cuenta con la participación de 18 socios entre empresas, universidades y centros de investigación distribuidos en 7 países europeos. Las actividades de investigación se desarrollarán a lo largo de los próximos 3 años en plantas experimentales situadas en Barcelona, Almería, Cádiz y Leipzig (Alemania), donde participarán expertos en tratamiento del agua y residuos orgánicos, automatización, generación de bioproductos, análisis del ciclo de vida y marketing.

En el proyecto, a partir de las aguas residuales se obtendrá energía en forma de biometano, bioplásticos, fertilizante biológico, ácidos orgánicos y agua tratada para riego inteligente. Se utilizarán aguas residuales de origen urbano, industrial y agrícola. El proyecto pretende favorecer la economía circular, produciendo cero residuos y generando a su vez productos de valor añadido.

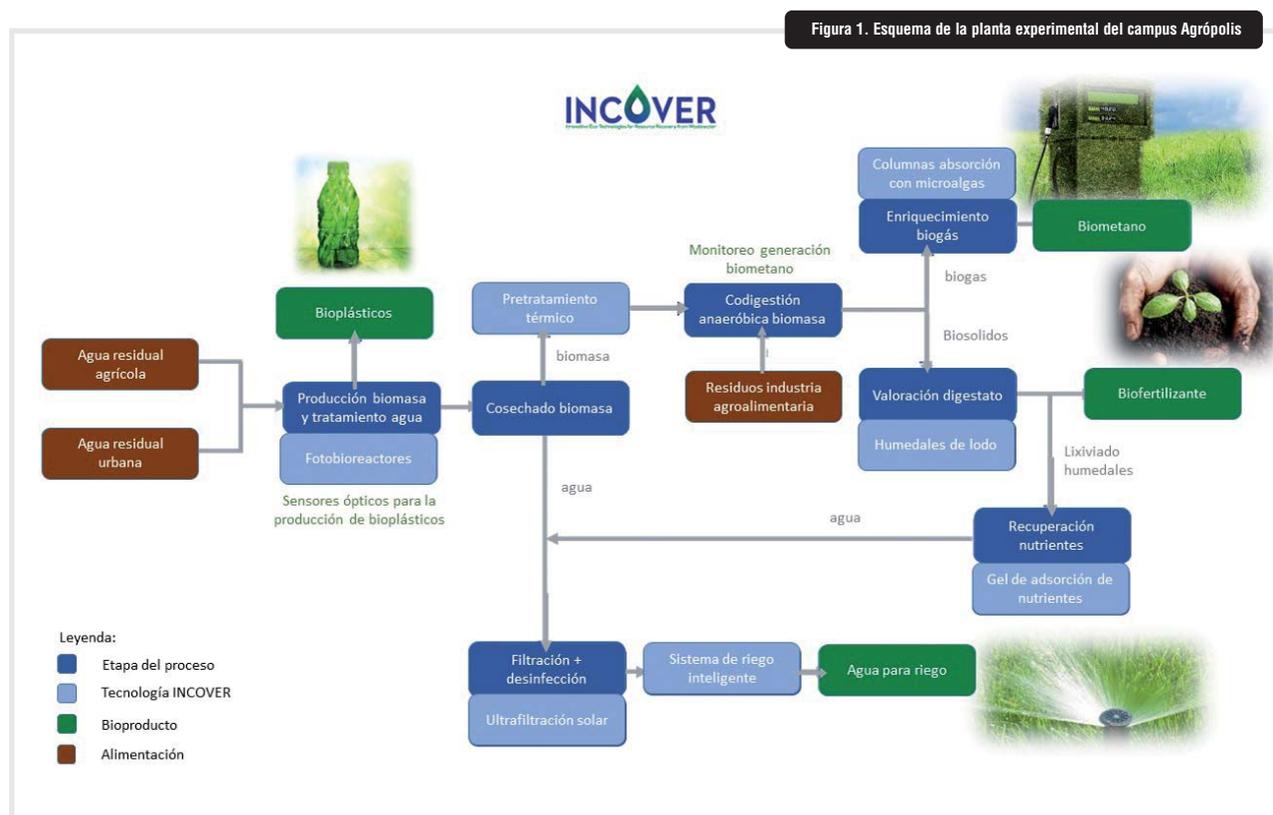


Figura 2. Imagen de uno de los fotobiorreactores del campus Agrópolis



## LA PLANTA EXPERIMENTAL DEL CAMPUS AGRÒPOLIS-UPC

En el marco del proyecto INCOVER, el grupo de investigación en Ingeniería y Microbiología del Medio Ambiente (GEMMA) de la Universidad Politécnica de Cataluña (UPC) está construyendo una planta piloto en el campus Agrópolis, en Viladecans (Barcelona) el cual forma parte de las instalaciones que tiene la universidad en Baix Llobregat.

En esta planta (Figura 1), una mezcla de agua residual doméstica y agrícola se tratará mediante cultivos mixtos de microalgas y bacterias. Se trata de reactores de paredes transparentes (fotobiorreactores tubulares horizontales) en los que las microalgas aprovechan la luz y los nutrientes presentes en las aguas residuales para desarrollarse y, a través de la fotosíntesis, generar oxígeno. Este oxígeno permite la degradación aeróbica por parte de bacterias de los contaminantes orgánicos presentes en el agua. Por tanto el sistema no requiere de aireación mecánica gracias a este oxígeno procedente de la fotosíntesis. La energía

que permite funcionar al sistema es la radiación solar.

## TRATAMIENTO DEL AGUA Y GENERACIÓN DE BIOMASA

En el campus Agrópolis, se están construyendo 3 fotobiorreactores con un volumen de 10 m<sup>3</sup> cada uno (Figura 2). Cada fotobiorreactor está formado por 2 colectores abiertos conectados entre ellos por 12 tubos de PVC transparentes por los cuales circula el líquido de mezcla (cultivo) con las microalgas y las bacterias. El movimiento del líquido en el fotobiorreactor es activado por unas ruedas de aspas situadas en los colectores, las cuales generan una diferencia de nivel piezométrico a cada lado del colector. Las aguas residuales domésticas y agrícolas se mezclan en un tanque de homogeneización, antes de alimentar a los 3 fotobiorreactores en paralelo y de forma semi-continua. El proceso se controla fundamentalmente a través del pH (inyección de CO<sub>2</sub>), la concentración de nutrientes y el tiempo de retención hidráulico.

El efluente de los 3 fotobiorreactores

pasará a un decantador lamelar, en el cual, gracias a la ayuda de un polímero natural, se lleva a cabo el proceso de coagulación-floculación y sedimentación de la biomasa. Dicho proceso permite separar de forma eficaz la biomasa contenida en el líquido de mezcla de los fotobiorreactores. El agua efluente del decantador será sometida a ultrafiltración y desinfección con radiación ultravioleta en un sistema alimentado exclusivamente por energía solar antes de ser reutilizada como agua de riego en cultivos presentes en el propio campus Agrópolis, mediante un sistema de riego inteligente. Por otro lado, la biomasa separada en el decantador será aprovechará en parte para producir bioplásticos y en parte para la generación de biogás.

## PRODUCCIÓN DE BIOPLÁSTICOS

Para la producción de bioplásticos se seleccionarán en los fotobiorreactores un tipo de microalgas muy particular: cianobacterias. Estos organismos en condiciones de estrés almacenan el carbono inorgánico fija-

do a través del ciclo de Calvin en forma de polihidroxialcanoatos, mayoritariamente polihidroxibutirato (PHB). Se trata de poliésteres lineales con una amplia gama de aplicaciones, entre ellas los bioplásticos. Éstos tienen propiedades muy similares a las de los plásticos tradicionales que provienen de la industria petroquímica, y con la ventaja de que son totalmente biodegradables. Su principal salida es el mercado de los embalajes y envases, pero también se está investigando usarlos en biomedicina para fabricar prótesis.

En la actualidad la producción de bioplásticos con cianobacterias se hace mediante cultivos puros de agua dulce enriquecidos con nutrientes, lo cual encarece de forma innecesaria el proceso. La posibilidad de generar este producto a partir de aguas residuales permitiría una disminución sustancial de los costes de producción. Así pues, la producción de bioplásticos a partir de las cianobacterias cultivadas en agua residual es uno de los aspectos más novedosos y prometedores de este proyecto. Es por ello que las condiciones de operación de los fotobiorreactores se adaptarán para favorecer el crecimiento de las cianobacterias y crear las condiciones óptimas para la acumulación de bioplásticos.

### PRODUCCIÓN DE BIOMETANO

Parte de la biomasa generada en los fotobiorreactores será destinada a la producción de biogás, que se obtendrá a partir de un proceso de digestión anaerobia. En este caso, para poder mejorar las prestaciones del sistema, se implementará un pretratamiento térmico de baja temperatura de la biomasa, seguido por un sistema de codigestión de ésta con residuos de la industria agroalimentaria (por ejemplo melazas), puesto que la codigestión ha

demostrado ser más favorable que la digestión de biomasa sola.

El biogás producido será enriquecido hasta producir biometano mediante una columna de absorción alimentada con el mismo líquido de mezcla de los fotobiorreactores. En esta columna, el CO<sub>2</sub> contenido en el biogás se disuelve y es consumido por las microalgas de manera que ello permite obtener biometano enriquecido en más de un 99%. Por otro lado, el residuo sólido generado por la codigestión (digestato) se estabilizará en sistemas de humedales construidos para producir biofertilizante.

### OTRAS PLANTAS PILOTO DEL PROYECTO INCOVER

Las actividades del proyecto INCOVER también se desarrollarán en otras plantas experimentales. En Almería y Cádiz (Chiclana), la empresa Aqualia está realizando actividades con objetivos parecidos a las del campus Agrópolis, pero con la diferencia que el crecimiento de las microalgas se realiza en reactores abiertos tipo raceway (lagunas de alta carga). Por otro lado, los sistemas de desinfección se basan en oxidación anódica alimentada por energía solar y el tratamiento para obtener biofertilizantes no se hará en humedales, sino en sistemas evaporativos basados en la plantación de árboles (sauces entre otros). Esto permitirá poder comparar diferentes sistemas de cultivos y de post-tratamiento.

En la planta piloto de Leipzig, el Helmholtz Centre for Environmental Research (UFZ) está poniendo en marcha una planta piloto para tratamiento de aguas industriales mediante levaduras que generarán ácidos orgánicos. Estos ácidos son compuestos oxigenados derivados de los hidrocarburos que acostumbran a producirse en la industria petroquímica y se utilizan en alimentación, fármacos y productos quí-

micos. El residuo de las levaduras se procesará para obtener carbón biológico en vez de biometano, y carbones activos en lugar de fertilizantes biológicos.

### MONITOREO Y SISTEMA DE APOYO A LA DECISIÓN

La operación y el mantenimiento de las plantas será optimizado de cara a la producción de biomasa, bioplásticos, biometano y ácidos orgánicos mediante al diseño y la implementación de técnicas de monitoreo novedosas basada en sensores ópticos. El desarrollo de nuevos sensores *in situ* permitirá un monitoreo continuo de parámetros físico-químicos que conseguirá un mejor control y gestión del tratamiento, con una consecuente reducción de los costes energéticos del sistema.

Los datos generados a lo largo del proyecto se utilizarán para desarrollar el análisis del ciclo de vida de las soluciones tecnológicas propuestas. Finalmente, el proyecto INCOVER pretende desarrollar un sistema de soporte a la decisión para ayudar a la selección de un tratamiento de aguas viable y de bajo coste, favoreciendo un enfoque holístico para la gestión del agua. Se pretende además validar la viabilidad económica y ambiental del tratamiento para comunidades, granjas e industrias hasta aproximadamente 100.000 personas equivalentes, principalmente localizadas en climas áridos y con escasez de recurso hídrico.

### REFERENCIAS

- ACA 2016, Agencia Catalana del Agua, [http://aca-web.gencat.cat/aca/appmanager/aca/aca?\\_nfpb=true&\\_pageLabel=P1206654461208200604395&profileLocale=es](http://aca-web.gencat.cat/aca/appmanager/aca/aca?_nfpb=true&_pageLabel=P1206654461208200604395&profileLocale=es)
- Directiva 2000/60/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 23 de octubre de 2000, por la que se establece un marco comunitario de actuación en el ámbito de la política de aguas