



**B** Universitat de Barcelona

Departament d'Enginyeria Química i  
Química Analítica  
Facultat de Química  
Universitat de Barcelona  
Martí i Franquès, 1, 6ª planta  
08028 Barcelona  
Tel. 93 402 13 05  
Fax. 93 402 12 91

**Seguimiento prueba en la depuradora de Bellvís para la mejora de su operación y la reducción de la producción de fangos.**

Grup de Biotecnología Ambiental  
Profesor Joan Mata Álvarez

Barcelona, 21 de Julio de 2016

## **1. Antecedentes**

MANCAR Tecnologías, S.L (MANCAR) dispone de un aditivo compuesto por oligoelementos naturales, que según exponen reduce en un porcentaje elevado la producción de lodos en cualquier proceso biológico, que además reduce la suciedad de la instalación y que mejora la calidad de salida del efluente. En nuestro Grupo de Investigación se ha realizado una investigación previa a escala de laboratorio con dicho aditivo, denominado bioestimulante, que efectivamente ha demostrado una mejora en el proceso de eliminación de materia orgánica, mejores propiedades de sedimentación de los lodos y mayor limpieza en la instalación, así como la ausencia de toxicidad del aditivo para los lodos activos.

Para mostrar la efectividad de este aditivo a escala real, MANCAR desea realizar una demostración en una EDAR. Para ello MANCAR ha conseguido la colaboración de la Agència Catalana de l'Aigua (ACA) y la empresa explotadora (UTE DEPURPLA2) de la EDAR de Bellvís a fin de realizar en la planta una prueba del aditivo.

La EDAR de Bellvís tiene una capacidad de diseño para unos 3000 habitantes equivalentes, que corresponden a un caudal de diseño de unos 1140 m<sup>3</sup>/d y una concentración de materia orgánica biodegradable de diseño de unos 156 mg DBO<sub>5</sub>/L. Es una depuradora de tipo biológico (lodos activos) que cuenta con un pretratamiento, reactor de lodos activos de media carga y sedimentador secundario. En la línea de lodos hay un espesador seguido por una centrífuga para su deshidratación.

Los resultados que se reportan en este informe están referidos a esta EDAR y corresponden a los análisis que se realizaron en el laboratorio del Departament d'Enginyeria Química i Química Analítica de la Universitat de Barcelona.

## **2. Descripción de la prueba y adición del bioestimulante**

Se realizó una monitorización de la planta durante aproximadamente un mes, de acuerdo al plan analítico detallado en la sección 3 de este informe. A continuación, en función de los resultados obtenidos, MANCAR calculó cuál sería la cantidad necesaria de bioestimulante a adicionar al espesador de lodos y al reactor biológico. La adición de dicho bioestimulante, supervisada tanto por personal de UTE DEPURPLA2 como de la

UB, y con la colaboración técnica de personal de UTE DEPURPLA2, se realizó en el día 14 del experimento (20/05/2016) (Fotos 2.1 a 2.4). Se tendrá en cuenta que el muestreo correspondiente a dicho día se realizó **antes** de la adición del bioestimulante.



Foto 2.1. Adición de bioestimulante al reactor



Foto 2.2. Adición de bioestimulante al reactor



Foto 2.3. Adición de bioestimulante al espesador



Foto 2.4. Adición de bioestimulante al espesador

La monitorización continuó para comprobar los efectos del bioestimulante en la EDAR. El personal de MANCAR calculó que el bioestimulante mantendría su eficacia más o menos durante un mes, por lo que en el día 46 del experimento (21/06) se realizó una nueva adición del mismo (Fotos 2.5 y 2.6). Realizada dicha dosificación, la monitorización de la EDAR continuó durante casi un mes más.



Foto 2.5. Segunda adición bioestimulante      Foto 2.6. Segunda dosificación aditivo

### **3. Metodología Analítica**

En este informe se muestran los resultados de los análisis efectuados a las muestras suministradas por Mancar Tecnologías, S.L. Las muestras llegaban al laboratorio de Biotecnología Ambiental del Departament d'Enginyeria Química i Química Analítica en recipientes cerrados y convenientemente rotulados, y eran de un volumen aproximado de

500 mL. Algunas de las tomas de muestras fueron supervisadas directamente por personal del Departament, ya que de vez en cuando se visitaba la EDAR. El transporte de las muestras se efectuaba con algún sistema portátil de refrigeración para evitar su degradación.

Se tomaron muestras en un período de casi dos meses y medio aproximadamente, entre el 6 de mayo y el 19 de julio de 2016.

Los análisis y frecuencias se muestran en la Tabla 3.1

**Tabla 3.1 Estrategia de muestreo y tipo de analítica. A partir del día 18 de muestreo, las muestras son en presencia de bioestimulante en la planta.**

	Día de muestreo	Entrada	Salida	Reactor biológico	Espesador	Lodo deshidratado centrífuga	Analítica de E/S/Reactor completa
06/05/2016	0	✓	✓	✓			✓
10/05/2016	4	✓	✓	✓			✓
12/05/2016	6	✓	✓	✓			✓
20/05/2016	14	✓	✓	✓			✓
24/05/2016	18	✓	✓	✓			✓
26/05/2016	20	✓	✓	✓	✓		✓
31/05/2016	25	✓	✓	✓	✓		✓
02/06/2016	27	✓	✓	✓			✓
07/06/2016	32	✓	✓	✓			✓
14/06/2016	39	✓	✓	✓	✓		✓
21/06/2016	46	✓	✓	✓	✓		
28/06/2016	53	✓	✓	✓		✓	
05/07/2016	60	✓	✓	✓	✓	✓	
12/07/2016	67	✓	✓	✓	✓	✓	
19/07/2016	74	✓	✓	✓	✓	✓	

A las muestras de Entrada de la EDAR, Salida de la EDAR y Reactor biológico, los primeros 40 días de operación se les realizó una analítica más completa a fin de tener una buena caracterización de la planta y también porque la dosificación del bioestimulante dependía de estos valores. Dicha analítica incluía pH; Sólidos Suspendidos Totales (SST) y Volátiles (SSV); Sólidos Totales (ST) y Volátiles (SV); nitrógeno amoniacal y en forma de nitrito y nitrato (solubles); y DQO particulada. A partir del muestreo realizado el día 21/06, no se consideró necesario continuar con esta analítica más completa y sólo se realizaron Sólidos Suspendidos Totales (SST) y Volátiles (SSV); Sólidos Totales (ST) y

Volátiles (SV); nitrógeno amoniacal (soluble); y DQO particulada. En el caso de las muestras del reactor biológico en algunos casos también se realizaron medidas de DQO soluble y de Índice Volumétrico de Lodos (IVL).

Con respecto a las muestras del espesador y del lodo deshidratado, su principal finalidad era monitorizar la concentración y la calidad de los lodos retirados de la planta. Por ello a estas muestras sólo se les realizaron medidas de ST y SV, así como, ocasionalmente IVL.

Todos estos análisis se realizaron de acuerdo con Standard Methods for Water and Wastewater (APHA, AWWA, WEF, 2012. Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 22nd ed. Washington DC, 2012).

Además de estos datos, este informe se basa en los datos amablemente aportados por operarios de la empresa explotadora UTE DEPURPLA2, especialmente en lo que respecta a alturas de lodos en distintas unidades de la EDAR y masas/volúmenes de lodos retirados para ser enviados a gestión de lodos.

## 4. Resultados y discusión

### 4.1. Entrada de la EDAR

La medida de sólidos a la entrada dio valores típicos para una EDAR municipal que también recibe algunas aguas agrícolas y de otras actividades (Figura 4.1).

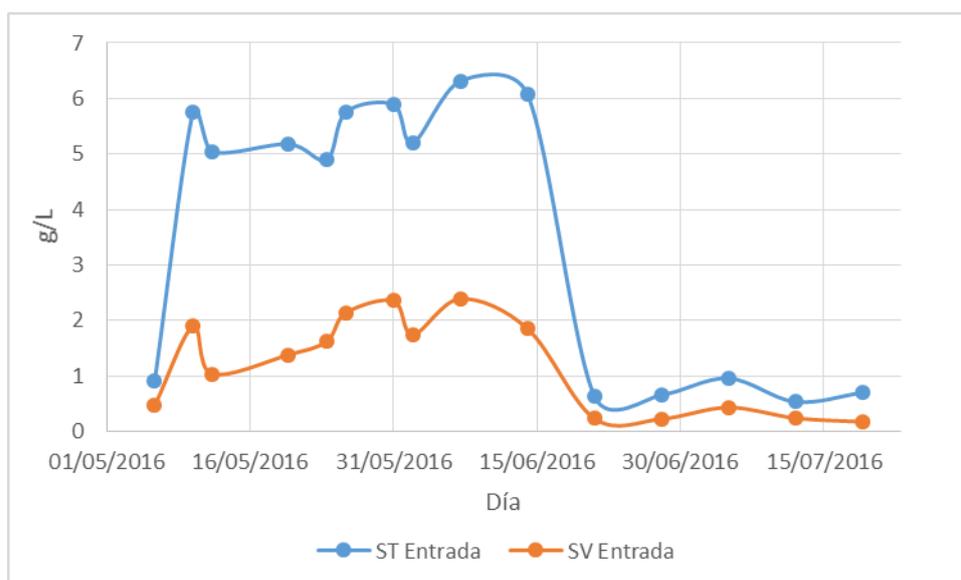


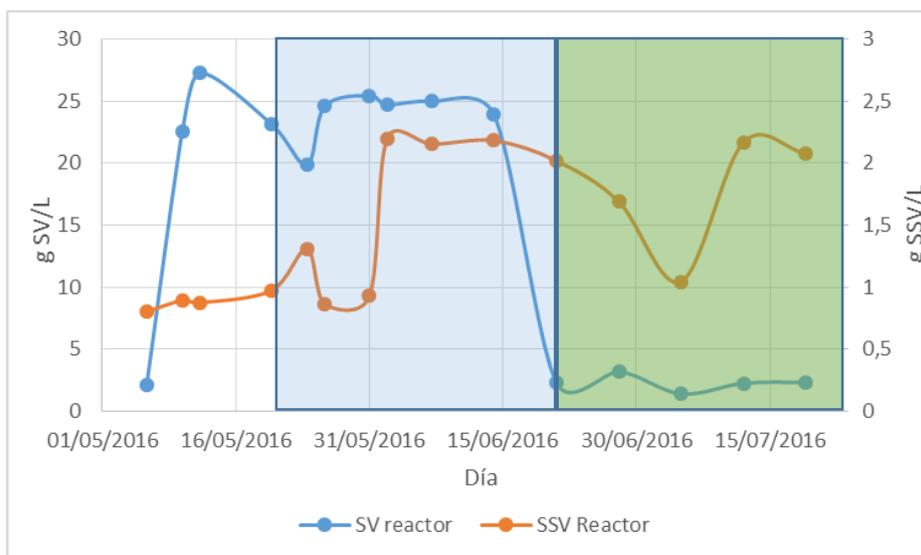
Figura 4.1. ST y SV a la entrada de la EDAR.

Es de resaltar que, como se verá en otros parámetros de entrada de la EDAR, los sólidos a la entrada se vieron afectados por una variabilidad importante. A partir de mediados de junio se observó un descenso importante en los valores de ST y SV, posiblemente debido a que la entrada de la planta consistía en agua más diluida.

Por otra parte, en lo que respecta a la DQO particulada a la entrada, se observaron valores entre 318 mg DQO/L y <20 mg DQO/L, con una media en el período de estudio de  $123 \pm 46$  mg DQO/L. En general son valores también habituales para este tipo de EDAR y nuevamente se observó una dispersión significativa de los mismos, con muestras de agua residual considerablemente más diluidas que otras. La concentración media de nitrógeno amoniacal disuelto fue de  $20 \pm 4$  mg  $\text{N-NH}_4^+$ /L, mientras que las concentraciones de nitrito y nitrato fueron despreciables, no llegando en ninguna de las muestras analizadas su suma a 4 mg N/L.

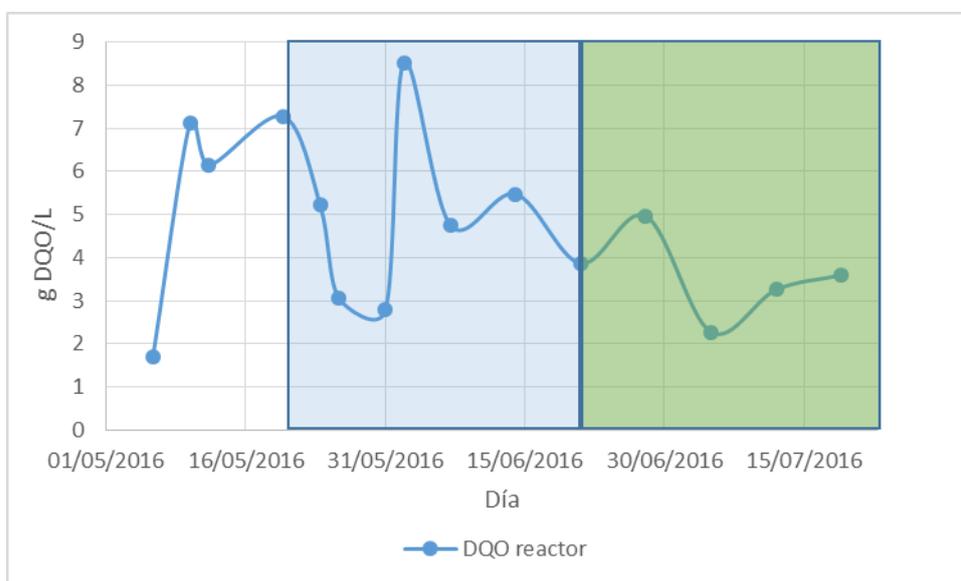
## 4.2. Reactor biológico

En la operación del reactor biológico se observó un importante efecto de la adición del bioestimulante sobre la concentración de SV en el interior del mismo (Figura 4.2). En concreto después de la segunda adición del aditivo, la concentración de SV descendió prácticamente en un 90%. Este descenso puede ser atribuido a la capacidad del bioestimulante para mejorar la limpieza de la instalación. Este hecho viene corroborado por la alta cantidad de lodos recogidos después de la adición (apartado 4.4).



**Figura 4.2. SV y SSV en el reactor biológico. La parte sombreada en azul corresponde a los efectos de la primera adición de bioestimulante y la sombreada en verde a los efectos de la segunda adición de bioestimulante.**

Por otra parte, ya desde la primera adición se observó un incremento en la concentración de SSV en el reactor (Figura 4.2). Ha de tenerse en cuenta que habitualmente la concentración de SSV es una buena medida de la cantidad de biocatalizador (biomasa) en los reactores de lodos activos para el tratamiento de aguas. Por lo tanto, se podría inferir que el bioestimulante hace su labor incrementando la cantidad de biocatalizador disponible en el reactor. Este hecho viene confirmado asimismo por el balance ligeramente negativo de sólidos que se comenta más adelante.



**Figura 4.3. DQO (particulada) en el reactor biológico. La parte sombreada en azul corresponde a los efectos de la primera adición de bioestimulante y la sombreada en verde a los efectos de la segunda adición de bioestimulante.**

Con respecto a la DQO particulada en el reactor biológico (Figura 4.3), aunque sufrió importantes fluctuaciones, sin duda influenciada por la propia variabilidad del influente, se puede observar una tendencia descendente a partir de la adición del bioestimulante. Por tanto, la influencia del aditivo fue también positiva en este aspecto.

Se realizaron también pruebas de sedimentabilidad con los lodos del reactor, que se comentan en su correspondiente sección (4.5).

### **4.3. Efluente de la EDAR**

Con respecto al efluente de la planta nuevamente hay que hacer mención a la significativa variabilidad que se observó. Sin embargo, durante toda la operación se constataron unos valores adecuados de DQO, nitrógeno amoniacal y nitritos y nitratos. Concretamente, la mediana de DQO particulada en la salida durante el período experimental fue de 65 mg/L. Se midió también DQO soluble en los dos últimos muestreos resultando un valor medio <20 mg/L, que cumple con la legislación vigente. Con respecto a nitrógeno amoniacal disuelto se obtuvo un valor medio prácticamente despreciable de <2 mg N-NH<sub>4</sub><sup>+</sup>/L, mientras que las concentraciones medidas de nitrito y nitrato fueron también despreciables (suma de ambos inferior o igual a 5 mg N/L).

Debido a que la calidad del efluente ya era buena antes de la adición del bioestimulante y las concentraciones de nitrógeno y materia orgánica muy bajas, no se ha podido observar un efecto significativo (ni positivo ni perjudicial) en este aspecto.

Señalar que todos los elementos de la planta experimentaron una mejora en su función y limpieza. De esta manera, la cantidad de lodos superficiales que aparecían en el sedimentador, se redujo en forma muy apreciable, lo que sin duda, contribuye a la ausencia de sólidos en suspensión a la salida del decantador.

Probablemente habría que probar el bioestimulante en una EDAR en la cual las concentraciones de materia orgánica y nitrógeno en el efluente fueran mayores y/o con problemas para mantener dichas concentraciones dentro de los límites de la legislación, para poder observar su posible capacidad de mejora de la calidad del efluente.

### **4.4. Producción de lodos**

Personal de MANCAR, con los datos de concentración de ST proporcionados por los análisis realizados en la UB y los datos de caudales diarios de la EDAR y lodos purgados del espesador y de la centrífuga proporcionados por personal de UTE DEPURPLA2, realizaron un balance diario de ST a la planta. Para dicho balance se consideraron los ST que entran en el influente de la planta y los que salen en el efluente y en las purgas de

lodos y se realizó restando Salidas menos Entradas. Por lo tanto, los días que dicho balance resulta positivo, esto indica que la salida de sólidos de la EDAR es mayor que la entrada. Esto ocurrirá si hay lodos acumulados en las unidades de la EDAR que son purgados y salen del sistema. Por el contrario, cuando este balance es negativo la entrada de sólidos es mayor que la salida. Esto puede ocurrir cuando se están acumulando ST en las unidades de la planta y/o por la mineralización (conversión a CO<sub>2</sub>) de parte de la materia orgánica en el reactor biológico. En el funcionamiento ideal de la EDAR, este balance debería ser ligeramente negativo (no hay acumulación ni positiva ni negativa y sólo se observaría el efecto de la mineralización).



**Figura 4.4. Valores medios diarios del balance de ST realizado para distintos períodos de operación, en toneladas de ST por día. La parte sombreada en azul corresponde a los efectos de la primera adición de bioestimulante y la sombreada en verde a los efectos de la segunda adición de bioestimulante.**

Los resultados del balance (Figura 4.4) indican que en el período control, antes de la adición de bioestimulante, estaban saliendo más ST de la EDAR que los que entraban a la misma, muy probablemente por purga de ST acumulados en la planta. Seguidamente, tan pronto se añade la primera dosis de aditivo, la tendencia se invierte y hay desaparición neta de ST. Dicha desaparición se va haciendo poco a poco más pequeña y, en el último período antes de la segunda adición de bioestimulante, vuelve a producirse salida neta de ST de la EDAR. Se podrían hipotetizar varias razones para dicha salida, como que el efecto del bioestimulante haya cesado ya en esa etapa o que aún hubiera una acumulación

“excesiva” de ST en el sistema y que se purgaran en esta etapa. Lo que sí se puede afirmar es que, una vez realizada la segunda adición de bioestimulante y hasta el final del muestreo, el balance vuelve a dar valores ligeramente negativos o próximos al cero, que es lo que se espera de una EDAR que funcione adecuadamente. En este sentido se puede observar un efecto beneficioso en el funcionamiento general del proceso biológico con la adición del bioestimulante.

Utilizando los datos mencionados al principio de esta sección, se ha realizado un cálculo aproximado de la cantidad de lodos producida en el período experimental de Mayo a Julio. Según los datos aportados por personal de UTE DEPURPLA2, en el período mencionado el total de lodos retirados procedentes de la centrífuga fue el que se indica en la primera columna de la Tabla 4.1. La segunda columna indica los m<sup>3</sup> de lodos líquidos retirados en cubas (nótese que a partir de la segunda adición, ceso la retirada por esta vía). Teniendo en cuenta los valores de ST de los fangos deshidratados (F) y de los lódos líquidos (LL) suministrados por UTE DEPURPLA2 se calculan las toneladas de lodos secos retirados por ambos medios.

Como puede observarse en las últimas columnas, los lodos secos totales producidos mensualmente, aumentaron en el mes de Junio (debido al efecto de “limpieza” señalado anteriormente) y disminuyeron más de un 35% respecto al valor de Mayo, en el mes de Junio. El valor de 35% precisaría de confirmación, pues es un único estimado. Además algunos de los valores de ST son estimados, pues no se disponía del valor del día, pero el efecto de una notable reducción es indudable.

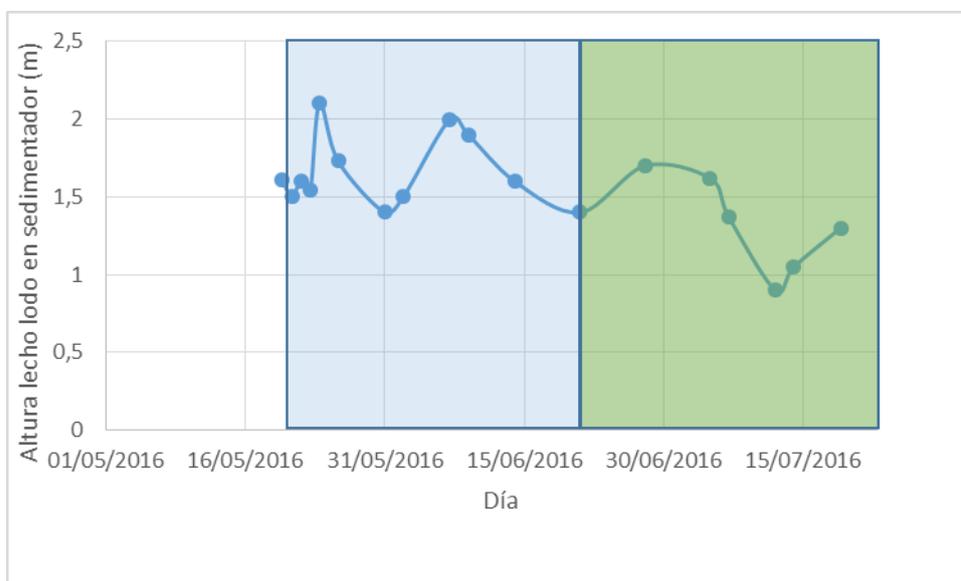
FECHA	FANGOS	LODOS	PRODUCCIÓN LODOS SECOS				PROD. MENSUAL	
	Humedos (t)	Líquidos (m3)	%ST F	%ST LL	t fangs secs	t lodos secs		
09/05/2016	3,460		12,52		0,43			
13/05/2016		45,00		2,04		0,92		
25/05/2016	3,260		12,42		0,40		<b>Mayo</b>	<b>1,76</b>
06/06/2016			12,42					
14/06/2016		30,00		2,95		0,89		
17/06/2016	3,920		12,42		0,49			
29/06/2016	3,670		14,46		0,53		<b>Junio</b>	<b>1,90</b>
08/07/2016	3,500		13,81		0,48			
28/07/2016	3,250		19,83		0,64		<b>Julio</b>	<b>1,13</b>

**Tabla 4.1. Valores de los lodos (líquidos y deshidratados retirados de la planta) y de su concentración en sólidos totales. Las dos últimas columnas señalan el total de lodos secos producidos en los tres meses de la prueba.**

### 4.5. Propiedades de los lodos

Se realizaron varias medidas de IVL con muestras procedentes del reactor biológico y se observaron unas propiedades de sedimentación muy malas. De hecho, al cabo de los 30 minutos de la prueba no se pudo observar la interfase entre el lodo sedimentado y el sobrenadante, por lo que no se podía dar un valor de IVL. Solamente fue posible dar dicho valor en la última de las medidas de IVL, realizada con la muestra del 19/07/2016. En ese caso fue de 273 mL/g. Es un valor que corresponde a un lodo que no sedimenta muy bien, pero tanto cuantitativamente como cualitativamente se puede inferir una mejora en las propiedades de sedimentación del lodo.

Por otra parte, personal de UTE DEPURPLA2 realizó medidas de la altura del lecho de lodos en el sedimentador secundario de la planta (Figura 4.6) observándose un progresivo descenso de dicha altura.



**Figura 4.6. Altura del lecho de lodo en el sedimentador secundario.**

Aunque la tendencia descendente observada se podría deber tanto a una disminución de la cantidad de lodo presente en el sedimentador como a una mejora de sus propiedades de sedimentación (de acuerdo con lo que se ha comentado anteriormente), no es posible con

los datos de que disponemos decir cuál de los dos mecanismos ha sido el principal, puesto que no se dispone de medidas de concentración/cantidad de lodo en el sedimentador secundario. Por la experiencia de los autores de este informe, lo más probable seguramente haya sido una combinación de ambos efectos.

## **5. Conclusiones**

- Se realizó una prueba de unos dos meses de duración con un producto bioestimulante en una EDAR diseñada para 3000 habitantes equivalentes.
- Se ha observado que la adición del bioestimulante no era perjudicial para la operación de la planta y la calidad del efluente. Dicha calidad se mantuvo perfectamente satisfactoria durante toda la prueba.
- Se ha estimado una reducción de la purga de lodos elevada en presencia del bioestimulante. Un primer estimado de un valor de más del 35%, pero la cifra precisaría confirmación.
- El bioestimulante ha sido capaz de mejorar otros aspectos de la operación de la planta como su limpieza, las propiedades de sedimentación del lodo o la biomasa potencialmente disponible en el reactor biológico.
- La adición de bioestimulante produce asimismo unos lodos más fácilmente deshidratables.