

Resumen

El bulking es, probablemente el factor que más negativamente influye sobre la estabilidad de los procesos de fangos activados y, en consecuencia, sobre la eficiencia de los mismos.

Se presenta una revisión de sus causas y de las estrategias aplicables para su corrección y control, todo ello como introducción a la utilización de dispositivos selectores como medio eficaz para conseguir aquéllos.

A efectos ilustrativos, incluye un resumen sobre los resultados obtenidos en planta piloto mediante la inclusión de un selector anóxico en cabeza de un reactor de fangos activados.

Palabras clave:

Agua residual, Bulking, Microorganismos filamentosos, Selectores, Fangos activados.

Summary***Bulking in activated sludge systems.***

Activated sludge bulking is probably the factor that more negative influence exerts on the process stability and, hence, on effluent quality.

A review of the causes of bulking and the strategies applicable for its correction and control is presented as an introduction to the use of selectors as efficient systems for that purpose.

A summary of the results obtained in the operation of a pilot plant with the use of an anoxic selector is included.

Keywords:

Wastewater, Bulking, Filamentous microorganisms, Selectors, Activated sludge.

El bulking en sistemas de fangos activados

Fundamentos de la utilización de selectores

Por: **Juan de Dios Trillo Montsoriu**

Iñaki García del Campo

Asesoría Técnica y Control, S.A (ATC)

Córcega, 443-445 pral. 1ª

08037 BARCELONA

Tel. 459-14-16/459-09-31 - Fax: 459-18-91

1. Introducción

El bulking es un término de origen anglosajón que define una inestabilidad del fango activado caracterizada por una deficiente separación de la fase sólida de la líquida en la decantación secundaria, con el consiguiente deterioro de la calidad del efluente.

El bulking es un fenómeno que, ya sea de forma ocasional o permanente, se ha presentado en la inmensa mayoría de los sistemas de fangos activados y que, por razón de sus perniciosos efectos, ha sido objeto de extensa investigación y estudio.

Esta ocurrencia, casi universal, del fenómeno es debida a que los microorganismos filamentosos cau-

santes del mismo se encuentran en la práctica totalidad de los fangos activados (1) y (2) de forma que, cuando las condiciones ambientales les son favorables se acrecienta su crecimiento y se establecen en el sistema.

Las referencias (3) y (4) constituyen unos excelentes trabajos de recopilación de la investigación realizada en el campo de estudio del fenómeno.

En lo que sigue, se incluye un breve resumen sobre las tipologías del bulking, sus causas y sistemas utilizados para eliminar o reducir sus efectos, todo ello como material introductorio a las consideraciones sobre el uso de selectores como sistemas correctores del problema.

Cuadro 1

Principales causas de ocurrencia de bulking filamentosos

- BAJA CONCENTRACIÓN DE O.D. EN LA CUBA DE AIREACIÓN
- VALORES BAJOS DE LA CARGA MÁSCICA (F/M)
- CONDICIONES DE SEPTICIDAD EN LAS AGUAS RESIDUALES
- DEFICIENCIA DE NUTRIENTES (N y/o P)
- VALORES BAJOS DEL pH (< 6,5)
- ALTO CONTENIDO EN SULFUROS
- ALTO CONTENIDO EN SACÁRIDOS

Cuadro 2

Organismos filamentosos dominantes indicadores de condiciones causantes de bulking

Condiciones que posiblemente originan el fenómeno	Tipos indicativos de organismos filamentosos
O.D. BAJO F/M BAJO	Tipo 1701, S. natans, H. hydrossis M. parvicella, H. hydrossis, Nocardia sp. Tipos 021N, 0041, 0675, 0092, 0581, 0961, 0803.
CONDICIONES SÉPTICAS/ALTO CONTENIDO SULFUROS	Thiothrix sp., Beggiatoa y tipo 021N
DEFICIENCIA DE NUTRIENTES	Thiothrix sp., S. natans tipo 021N, y, posiblemente H. hydrossis y tipos 0041 y 0675
pH BAJO	hongos

Richard et al., (5); Strom and Jenkins, (6).

2. Causas del bulking filamentoso

Los estudios de correlación efectuados entre la aparición de proble-

mas de bulking, la presencia de determinados tipos de organismos filamentosos y los parámetros de operación de numerosas plantas de fan-

El hecho de que los organismos filamentosos están presentes en todos los sistemas de fangos

gos activados, han permitido comprobar que el fenómeno se presenta bajo una amplia gama de condiciones que se resumen en el **cuadro 1**.

En el **cuadro 2** se indican los microorganismos filamentosos dominantes asociados al bulking.

3. Estrategias de control

El hecho de que los organismos filamentosos están presentes en todos los sistemas de fangos pone de manifiesto la proclividad de los mismos al desarrollo del bulking.

Lo ideal sería disponer de medidas preventivas, tanto a nivel de diseño como de operación, que evitaran el bulking y no tener que acudir a acciones curativas o correctoras una vez que se hubiera desarrollado el fenómeno.

Desafortunadamente la realidad es distinta. Por una parte, no se dispone de una receta de uso universal tal que su incorporación en el diseño de una planta, junto con unas especificaciones determinadas de operación de la misma, permitan asegurar que el problema, si se presenta, va a ser eliminado o reducido eficazmente y, por otra, el enorme número existente de plantas en funcionamiento en las que se está presentando el fenómeno implica que la utilización de acciones correctoras constituya el elemento más extendido de una estrategia de control.

En todo caso, conviene matizar que el hecho de no disponer de esa receta comentada, no quiere decir que no sea posible introducir en el diseño algunas disposiciones que permitan disponer de cierta acción preventiva o posibiliten la aplicación de acciones correctoras. Estos aspectos quedan puestos de manifiesto en lo que sigue y constituyen el fundamento para el empleo de selectores.

Jenkins (3) ha descrito una aproximación general de las estrategias de control a utilizar para remediar el fenómeno del bulking.

El elemento conceptual básico de la estrategia indicada, aplicable mayoritariamente a la corrección de problemas en plantas existentes, se fundamenta en la identificación de los microorganismos causantes del fenómeno mediante el examen microscópico del fango activado. Una vez conocidos los agentes, y disponiendo de la información relativa a las características del agua residual y de las condiciones de operación del sistema, a partir del **cuadro 2** se puede proceder a la identificación de la probable causa del bulking y a la aplicación de medidas correctoras.

En el diagrama adjunto se ha representado, de forma esquemática el procedimiento metodológico a seguir en la aplicación de la estrategia de control.

Básicamente, la aplicación de medidas correctoras puede seguir dos caminos que emplean dos tipos de métodos distintos, no específicos o específicos.

3.1. Métodos no específicos

Son consecuencia de la complejidad asociada a la aplicación de medidas correctoras. Efectivamente, el estudio del problema puede conducir a tener que efectuar cambios estructurales importantes y costosos (p.e. modificaciones de la configuración de las cubas de aireación, aumento de la capacidad de aireación, control de vertidos industriales, etc.) cuya puesta en marcha puede llevar mucho tiempo, o bien cambios operacionales que, la experiencia ha puesto de manifiesto, normalmente son de respuesta muy lenta (el tiempo necesario para eliminar un grupo determinado de población se estima superior a 3 veces la edad del fango en un sistema de mezcla completa (7), (8)).

Los métodos no específicos, cuya característica fundamental reside en la rapidez de su aplicación, reducido tiempo de respuesta y ataque del problema de forma global, no selectiva, pueden concebirse como sistemas de utilización inmediata, o primera fase de actuación, en tanto se ponen en marcha los métodos específicos o, en ciertos casos, como remedio frente la aparición puntual del bulking. Los métodos no específicos recomendables son los siguientes:

a) **Modificación del caudal de recirculación y de los puntos de entrada del agua residual en la cuba de aireación.** Esta actuación, basada en minimizar el efecto del bulking mediante la optimización del funcionamiento de la decantación secundaria, sólo es posible utilizarla si la planta dispone de la flexibilidad sufi-

ciente para poder efectuar esas modificaciones o bien cuando la carga contaminante afluyente es inferior a la prevista en el proyecto.

b) **Adición de productos químicos al líquido mezcla.** El objeto de la adición de productos químicos, normalmente polielectrólitos, es la mejora de las características de sedimentabilidad del fango sin eliminar o destruir los organismos causantes del problema. Evidentemente, este método tiene una vocación exclusivamente puntual y como medida de emergencia en tanto se obtenga una solución de carácter definitivo.

c) **Adición de productos bactericidas para la destrucción selectiva de los organismos causantes del bulking.** La adición de cloro al fango de retorno es una práctica de control del bulking cuyo uso se remonta al año 1936 y de la que se dispone de gran información y experiencia, habiendo demostrado fehacientemente su eficacia.

En ocasiones se ha utilizado peróxido de hidrógeno con la misma eficacia, aunque su coste es superior.

3.2 Métodos específicos

Los métodos específicos son estrategias de control dirigidas a la corrección de unas causas concretas.

De las causas de ocurrencia de bulking filamentoso indicadas en el **Cuadro 1**, todas ellas, excepto la atribuible a bajos valores de la relación F/M son susceptibles de identificación suficiente y, por tanto, es posible definir objetivamente la aplicación de medidas correctoras.

Causas bien identificadas

a) **Baja concentración de O.D. en la cuba de aireación.** Cuando se confirme que ésta es la causa del bulking, la solución aparentemente evidente es incrementar el nivel de O.D. Sin embargo, como quiera que se ha comprobado (7) que el factor que determina la su-

premacía de los organismos filamentosos sobre los formadores de flóculos es la tasa de utilización específica de O.D. ($\text{mg O}_2/\text{h/gr SSV}$) y no la concentración de O.D. en la cuba y aquélla crece cuando aumenta la relación F/M, se pueden adoptar dos medidas alternativas: incrementar el aporte de O_2 o reducir el valor de F/M.

La primera puede significar un incremento de coste de inversión o, si se dispone de equipamiento suficiente, del de consumo energético y probable inicio de nitrificación, mientras que la segunda puede suponer un incremento de MLSS que puede llegar a superar la carga de sólidos admisible en decantación secundaria y, así mismo, iniciar la nitrificación.

- b) **Agua residual séptica.** La medida adecuada para solucionar el problema es modificar la condición del agua residual mediante la cloración previa a su ingreso en el sistema de fangos activados.
- c) **Deficiencia de nutrientes.** La solución adecuada es la cuantificación de la deficiencia y la adición del o de los nutrientes necesarios.
- d) **Valores bajos de pH.** La medida adecuada es la corrección del pH del agua residual.
- e) **Alto contenido en sulfuros.** La medida adecuada es la preaireación del agua para la oxidación de los sulfuros presentes.

3.2.2. Causas insuficientes identificadas

Los factores causantes del bulking atribuible a sistemas con valores bajos de la relación F/M ($F/M < 0,3$) no son suficientemente conocidos y, en consecuencia, no se dispone de una doctrina coherente que explique satisfactoriamente el fenómeno sino un conjunto de evidencias que han permitido avanzar unas hipótesis que no están plenamente confirmadas pero que, en todo caso constituyen la base empírica para la

utilización de soluciones para controlar el fenómeno. Estas teorías son complejas y, a menudo, contradictorias, por lo que nos ha parecido más conveniente incluir unos comentarios sobre las evidencias demostradas que, en definitiva constituyen los pilares sobre los cuales se opera en la actualidad.

a) **Gradiente de concentración de sustrato soluble.**

Se ha constatado (9), (10), que cuando existe un gradiente de concentración de sustrato soluble en el reactor, el fango tiene un IVF inferior a cuando aquél no existe.

La razón puede residir en el hecho de que algunos organismos filamentosos son de crecimiento lento mientras que los formadores de flóculos son de crecimiento rápido. Sin embargo, cuando la concentración del sustrato es baja, el crecimiento de aquéllos puede ser superior al de estos últimos, probablemente porque la estructura de los organismos filamentosos es tal que presentan mayor superficie a través de la cual puede adsorberse y difundirse el sustrato.

En consecuencia, en condiciones de limitación de sustrato la población de filamentosos puede tener mayor desarrollo que la de formadores de flóculos. Ello explica por qué en sistemas de aireación prolongada con configuración de mezcla completa, donde la concentración de sustrato es baja y homogénea en la totalidad del reactor, suelen presentarse ciertos tipos de desarrollo filamentosos.

Por contra, si la concentración de sustrato es elevada, el desarrollo de filamentosos es muy inferior al de los formadores de flóculos. Básicamente, este es el principio en que se fundamenta el selector, ya que si se trata de conseguir que la concentración de sustrato disponible sea alta (cosa que podría pensarse en obtener manteniendo una alta carga másica de trabajo

en la totalidad de la cuba, pero que en la práctica no es posible porque en estas condiciones no se puede obtener un efluente de buena calidad), la solución es crear una zona en cabeza de la cuba de aireación en donde haya una gran concentración de sustrato (alta carga másica) que promueva el crecimiento de formadores de flóculos e interfiera o suprima el de los filamentosos y que, en principio, puede ser independiente de la composición del agua residual siempre que ésta no tenga componentes adversos.

b) **Capacidad de acumulación de sustrato de los microorganismos (AC)**

Los microorganismos que acumulan (o simplemente consumen) la mayor parte del sustrato en la zona de selección son los dominantes en el sistema de aireación siempre que el tiempo necesario para agotar el sustrato acumulado sea suficiente.

La A.C. de los microorganismos es la capacidad que poseen para consumir parte del sustrato previamente a su uso para funciones de oxidación y síntesis (11) (12). La A.C. de los organismos filamentosos es baja mientras que la de los formadores de flóculos es alta.

Cuando estos últimos tienen la A.C. saturada, su eliminación de sustrato es mucho más baja que cuando está agotada y, consecuentemente, su tasa de crecimiento es mucho menor y puede ser del mismo orden que la de los filamentosos. Ello explica el por qué no puede asegurarse, como ha confirmado la experiencia, que un selector operado a carga másica muy alta con la correspondiente alta concentración del sustrato pueda no conseguir una selección adecuada de microorganismos.

c) **Reaireación del fango de retorno.** En los sistemas de aireación sin reaireación independiente del fango activado, todos los micro-

organismos tienen su A.C. totalmente disponible únicamente cuando la carga másica es baja.

Esta observación complementa la anterior para poner de manifiesto que un medio eficaz para favorecer el funcionamiento del sistema es la reaireación previa del fango de retorno para conseguir el agotamiento de la A.C. de los organismos no filamentosos y promover su tasa de crecimiento frente a la de los filamentosos. La reaireación del fango supone un incremento de la masa de fangos en el sistema, lo cual se traduce en la disminución de la F/M.

De hecho, diversos trabajos han permitido verificar la idoneidad de la reaireación del fango para la eliminación del bulking filamentosos (13) (14).

d) Utilización de sustrato en ausencia de oxígeno disuelto.

Está comprobado (15) que la materia orgánica soluble puede ser utilizada por microorganismos aerobios en ausencia de oxígeno disuelto, aceptándose que los microorganismos formadores de flóculos tienen una aparente habilidad para captar, almacenar y convertir sustrato en condiciones limitantes de O.D. muy superior a la de los filamentosos, lo cual implica que, en tales condiciones, se produce un mecanismo de selección que actúa a favor de los primeros.

Las condiciones limitantes de oxígeno se pueden presentar en ambientes con alta demanda específica de oxígeno ($\text{mg O}_2/\text{h/gr SSV}$) y baja concentración de oxígeno disuelto características de los selectores aerobios (oxígeno molecular aceptor de electrones), en ambientes sin oxígeno disuelto pero con nitratos presentes, característicos de los selectores anóxicos (nitrato aceptor de electrones) y en ambientes anaerobios, utilizados en los sistemas de extra-asimilación de fósforo (luxury uptake rate), donde se utiliza la hidrólisis de los polifos-

fatos para la adsorción de sustrato soluble y que constituyen, a su vez, los selectores anaerobios.

e) Configuración del reactor.

Se ha verificado que en reactores con configuración hidráulica del tipo flujo pistón, en general no presentan problemas bulking del tipo de F/M bajo, al contrario que los sistemas con configuración de tipo de mezcla completa (16), (17).

Básicamente, todas las evidencias indicadas previamente convergen en señalar que la existencia de una zona del reactor donde se produce una concentración alta de sustrato da lugar a fangos de buenas características de sedimentabilidad por efecto de selección de microorganismos.

Este hecho ha conducido a la utilización de diseños, o modificaciones en plantas existentes cuando ello es posible, en que se busca la máxima aproximación posible a un flujo pistón ideal, es decir relaciones longitud/anchura de reactor muy elevadas (selector integrado en el propio reactor), a la compartimentación del reactor con objeto de evitar la dispersión axial (selector incorporado como uno de los compartimentos del reactor) o a la utilización de una cámara externa donde se mezclan el agua a tratar y el fango de retorno (selector independiente).

La evidencia de ausencia de este tipo de bulking en sistemas de alimentación discontinua (batch) es una consecuencia de que, en éstos, la configuración es prácticamente la de un flujo pistón ideal. Así mismo, la primera etapa de los sistemas de fangos activados de doble etapa, donde existe una alta concentración de sustrato ejerce un efecto selector.

4. El uso de selectores para el control del bulking

En el apartado precedente se ha descrito someramente la existencia de unas evidencias empíricas y de

La eficacia de estos dispositivos selectores permite su utilización

unas posibles explicaciones al mecanismo de selección de microorganismos que tiene lugar en determinadas condiciones ambientales y de configuración hidráulica de los reactores.

Un aspecto que es interesante matizar es que la utilización del vocablo selector en el sentido que normalmente se encuentra en la literatura, es decir, una o varias cámaras independientes del propio reactor, es ciertamente restrictiva ya que sería más adecuado hablar de dispositivos selectores que incluirían, no sólo al anteriormente citado, sino a todo un conjunto de disposiciones (compartimentación del reactor, configuración de flujo en pistón, reaireación del fango de retorno, alimentación discontinua) que proporcionan un efecto selector.

La experiencia disponible sobre la eficacia de estos dispositivos selectores permite su utilización, tanto a nivel de medidas correctoras en plantas existentes, como a nivel de diseño para dotar a la instalación de la posibilidad de prevenir el desarrollo del fenómeno del bulking filamentosos asociado a condiciones caracterizadas por valores bajos de la relación F/M o, en su caso, hacer frente al mismo si éste se presenta.

Es importante señalar que, como consecuencia de la falta de una doctrina que proporcione una explicación adecuada de los mecanismos que controlan o suprimen el bulking, tampoco se dispone de la correspondiente información que per-

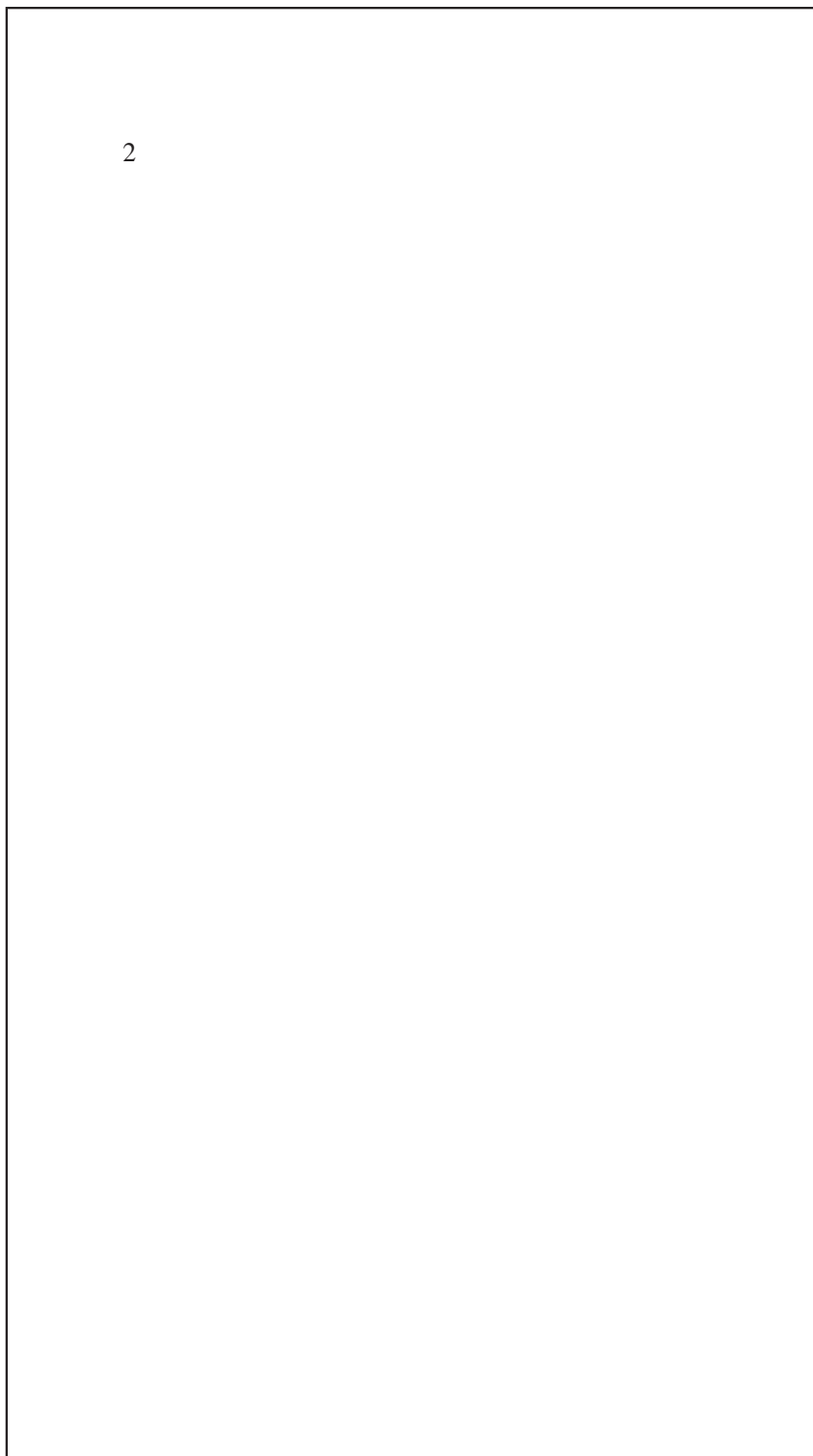


Figura 1.

mita el diseño fiable de los dispositivos de selección. En consecuencia, la única manera objetiva de atacar el problema es mediante la realización de pruebas con planta piloto que permitan la confirmación de la

idoneidad de cada configuración o grupos de configuraciones.

En la **figura 1** se representa esquemáticamente algunas configuraciones típicas de dispositivos selectores.

4.1 Plantas existentes

Como se ha señalado previamente, la introducción de modificaciones en plantas existentes encaminadas a proporcionar elementos de control de bulking pueden ser complicadas y costosas, según la configuración de cada planta.

En el caso de que el reactor tenga configuración de mezcla completa, no es posible introducir modificaciones sin tener que acudir a la construcción de nuevas estructuras externas, ya sean tanques de reaireación del fango o cámaras selectoras independientes.

Cuando el reactor tenga configuración de flujo en pistón, una vía de modificación no demasiado costosa es extremar las características de esa configuración con objeto de reducir al máximo el efecto de dispersión axial, mediante la construcción de tabiques que configuren compartimentos dentro del propio reactor e introducir las modificaciones necesarias en el sistema de alimentación de aire con objeto de poder disponer de un mecanismo de control del oxígeno disuelto en cada zona del reactor.

4.2. Plantas en proyecto

En esta situación puede contemplarse la adopción de uno o varios de los dispositivos selectores comentado y dotar a la planta de la máxima flexibilidad posible.

5. Un comentario a la evolución de los sistemas de fangos activados

Albertson (18), en su trabajo de repaso histórico sobre la evolución de los métodos de control del bulking, incluye unas matizaciones acerca de la efectividad de determinadas modificaciones del sistema de fangos activados que, por su interés, se resumen y comentan en lo que sigue.

El fenómeno del bulking, inicialmente descrito como “fenómeno de inestabilidad de fango” cuando todavía no existía un conocimiento de sus causas, aparece cuando el siste-

ma originalmente ideado por Arden y Lockett en 1914 basado en la operación discontinua del sistema (batch) se transforma en un sistema de operación continua. Sesenta años después, el reactor secuencial discontinuo (SBR) se presenta como una tecnología dotada de diversas ventajas, entre ellas, la ausencia de bulking en el sistema.

En los años sesenta se pone especial énfasis, fundamentalmente en USA, en las ventajas de los sistemas con configuración de reactores de mezcla completa, especialmente en los aspectos relativos a la homogeneidad de la carga contaminante en el reactor y consecuente capacidad para hacer frente a descargas puntuales y a la uniformidad de la demanda de oxígeno en el seno del reactor que evita los problemas de transferencia que se presentan en la cabeza de los reactores de flujo en pistón donde se desarrolla un gradiente notable de demanda de oxígeno. Como consecuencia de estas ventajas, el número de plantas construidas en todo el mundo es muy importante.

Sin embargo, todas las evidencias comentadas ponen de manifiesto las ventajas asociadas a la adopción de configuraciones del tipo de flujo en pistón como sistema de selección para combatir el bulking y la tendencia contraria en las de mezcla completa.

Aproximadamente, durante el mismo período se desarrollan unas modificaciones del sistema convencional de fangos activados de configuración de flujo pistón (alimentación escalonada, alimentación escalonada del fango de retorno) con objetivos similares al indicado anteriormente, es decir, laminar las diferencias de la demanda de oxígeno a lo largo de los reactores. Estos sistemas son, así mismo, contraproducentes para la supresión del bulking.

Durante muchas décadas ha persistido la obsesión por mantener niveles de oxígeno disuelto del orden de 2 mg/l en la totalidad del volumen de las cubas de aireación. Co-

mo se ha comentado previamente, la compartimentación de las cubas y la creación de zonas con distintos niveles controlados de OD ha demostrado su capacidad para combatir el bulking.

Como puede observarse, a lo largo de los años, el proceso de fangos activados ha sido objeto de continuado estudio y, como resultado, se han desarrollado y aplicado un conjunto de modificaciones o innovaciones que, si bien es cierto que han dado lugar a determinadas mejoras, no siempre han supuesto un avance en la línea de superación del, posiblemente, mayor problema que aquél presenta y que es el de su estabilidad, la cual depende en gran medida de la ausencia o control del fenómeno del bulking.

6. Un caso práctico de utilización de un selector

La Junta de Sanejament de la Generalitat de Catalunya tiene contratado con ATC la realización de pruebas, a escala de planta piloto, cuyo objeto básico es establecer los parámetros de diseño de los tratamientos biológicos de EDARs que, solamente constan de tratamiento fisicoquímico. Hasta la fecha se han llevado a cabo pruebas en las plantas de Terrassa, Sabadell, Igualada

y, en la actualidad, están en curso las correspondientes a la EDAR de Abrera.

La planta piloto es propiedad de la Junta de Sanejament y está dotada de gran versatilidad ya que permite el tratamiento físicoquímico mediante sus correspondientes instalaciones de mezcla rápida, coagulación, floculación y decantación primaria (diámetro de 1,0 m) y el biológico mediante un reactor que dispone de 6 cámaras compartimentadas que permiten su utilización en una gran variedad de configuraciones (volumen total disponible de 9,7 m³) y un decantador secundario de 1,0 m de diámetro. El conjunto va montado sobre un contenedor transportable de 6,0 m de longitud y 2,3 m de anchura.

Las pruebas de la EDAR de Sabadell-Riu Sec se iniciaron en fecha 1 de Julio de 1994 (19). La línea de tratamiento estudiada en primera fase consistió en decantación primaria y fangos activados convencionales con carga másica de 0,3 kgDBO₅/d / kg SSLM.

La concentración de SSLM en el reactor se mantuvo aproximadamente en 2.500 mg/l y la edad del fango entre 5 y 6 días. El caudal de tratamiento fue constante, de 0,4 m³/h (9,6 m³/día) y las característi-

Fig. 2. Aspecto general de la planta piloto.

cas promedio del agua residual decantada fueron las siguientes:

DBO ₅	:	315 mg/l
DQO	:	534 mg/l
MES	:	170 mg/l
T	:	20 °C
pH	:	7,3

A lo largo de 2,5 meses se observó un esponjamiento permanente del fango y un incremento progresivo del IVF hasta superar el valor de 400 ml/g, lo que se tradujo en una ineficaz separación de fase en el decantador secundario y consiguiente aumento del contenido de MES en el efluente.

A mediados del mes de Septiembre se incorpora a la línea de tratamiento un selector anóxico, intercalado entre el decantador primario i la cuba de aireación, al que se alimenta con el agua decantada y la recirculación de fangos.

Al mismo tiempo, se inicia una colaboración con el "Departament de Biologia Animal de la Universitat de Barcelona" para la realización de observaciones microscópicas del fango activado de la planta piloto, con objeto de conocer la evolución de las poblaciones de protozoos y

microorganismos filamentosos existentes.

Durante los veintidós días siguientes a la incorporación del selector se mantuvieron los I.V.F. próximos al valor anterior de 400 ml/g. La investigación microscópica puso de manifiesto la existencia de microorganismos filamentosos de los tipos 1701, 0961, *Microthrix parvicella* y, especialmente 021N como especie claramente predominante sobre todas las demás, cuya abundancia se calculó en valores entre 375 y 400 m/ml (20). A partir de esa fecha se empezó a registrar una progresiva disminución, tanto en los valores de I.V.F. como en la longitud del filamento medida en las observaciones microscópicas. La duración de esta fase de transición del orden de 3,5 - 4,2 veces la edad del

fango del proceso, confirmando lo indicado en (7) y (8).

Transcurrido ese período se registró una estabilización del proceso de fangos activados, que permaneció hasta finalizar el estudio a principios del mes de Noviembre. En este período el I.V.F. se mantuvo entre 75 y 120 ml/g/l, y la longitud del filamento tipo 021N se redujo a menos de la mitad de la registrada en el momento de la instalación del selector. En la **Figura 3** se indica la evolución registrada de los valores del I.V.F.

Las características y los parámetros de funcionamiento del selector anóxico experimentado fueron las siguientes. **Cuadro 3**.

7. Conclusiones

1. La mayoría de sistemas de fangos activados son proclives al desarrollo del fenómeno del bulking filamentosos.
2. El concepto básico de cualquier estrategia para controlar el bulking se basa en la investigación e identificación microscópica de los agentes causantes de aquél.
3. Las estrategias de control de bulking pueden consistir en combatir el problema de forma rápida y no selectiva o actuando selectivamente en función de las causas del fenómeno.
4. Las causas que originan el bulking asociado a sistemas que operan a cargas másicas bajas no son suficientemente conocidas.
5. Los dispositivos selectores constituyen un arma eficaz para combatir y controlar el bulking.
6. La operación de una planta piloto dotada de un selector anóxico ha

Cuadro 3

• Volumen útil	0,4 m ³
• Caudal medio efluente primario	0,4 m ³ /h
• Caudal de recirculación de fangos	0,4 m ³ /h
• Tiempo de estancia del agua residual	0,5 h
• Carga másica en el selector	3,0 - 4,25 kg DBO ₅ /d/kg SSLM

Fig. 3. Evolución del I.V.F. con la instalación del selector.

resultado eficaz para la reducción del IVF del sistema.

Bibliografía

1. Eikelboom D.H. (1975): "Filamentous organisms observed in activated sludge". *Water Re*, 9, 365-388.
2. Sezgin M, Jenkins D. and Parker D.S. (1978): "A unified theory of filamentous activated sludge bulking". *J. Wat. Polln. Control Fed.* 50, 362-381.
3. Jenkins D. Richard M.G. and Daigger G.T. (1984): "Manual on the causes and control of activated sludge bulking and foaming" Prepared for the Water Research Commission, Pretoria, South Africa.
4. Chambers, B. and Tomlison, E.J. (Eds), (1982): "Bulking of activated sludge: Preventative and Remedial Measures". *Elis Horwood Lts. Publishers*, Chichester, England.
5. Richard M.G., Jenkins D., Ho O, Shimizu, G. (1982): "The isolation and characterization of filamentous microorganisms from activated sludge bulking". Report N° 81-2, Sanitary Eng. and Env. Health Res.Lab., Univ of Calif., Berkeley, C.A.
6. Strom, P.F. and Jenkins, D (1984): "Identification and significance of filamentous microorganisms in activated sludge." *J.Wat. Poll. Cont. Fed.* 56-52.
7. Palm, J.C. Jenkins, D. and Parker (1980): "Relationship between organic loading, dissolved oxygen concentration and sludge settleability in the complete mixed activated sludge process." *J.Wat. Poll. Cont. Fed.* 52, 2.484.
8. Wheeler, M, Jenkins, D. and Richard, M.G. (1983) "The use of selectors for bulking control at the Hamilton, Ohio, U.S.A. *Wat Polln. Cont. Facility*". Proceedings, Workshop on design and operation of large wastewater treatment plants, Intl Assoc. for Wat. Polln. Res. and control, Viena, Austria.
9. Chudoba J, Grau P. and Ottová V (1973): "Control of activated sludge filamentous bulking - II. Selection of microorganisms by means of a selector". *Wat. Res* 7, 1.389 - 1.406.
10. Lee S.E. et al (1982): "The effect of aeration basin configuration on activated sludge bulking at low organic loading." *Wat. Sei. Technol.* 14, 311-319.
11. Dohanyos M, Grau P. and Chudoba J. (1970): "Kinetic assessment of glucose removal and saccharide accumulation capacities in activated sludge." *Proc. of the 5th Inst. Wat. Polln. Res. Conference San Francisco.*
12. Cech J. and Chudoba J. (1983): "Influence of accumulation capacity of activated sludge microorganisms on kinetics of glucose removal." *Wat. Res.* 17, 659-666.
13. Ulrich A.A. and Smith M.W. (1957): "Operation experience with activated sludge bio-sorption at Austin, Texas". *Se-wage and Ind. Wastes* 29, 400-413.
14. Chudoba J, Dohanyos M. and Gran P. (1982): "Control of activated sludge filamentous bulking - IV. Effect of sludge regeneration". *Wat. Sci. Technol.* 14, 73-93.
15. Heyde, B.A. and Pasveer, A, (1973): "Oxidation ditch: Prevention and Control of filamentous sludge". *Water (Neth.)*, 7, 373.
16. Chudoba et al (1973): "Control of activated sludge filamentous bulking - I. Effect of the hydraulic regime or degree of mixing in an aeration tank". *Water Res.* 7, 8, 1.163.
17. Rensink et al (1982): "The influence of feed pattern on sludge bulking". *Elis Horwood Ltd. Publishers*, Chichester, England.
18. Albertson, O.E. (1987) "The control of bulking sludges: From the early innovators to current practice". *Journ. Wat. Polln. Control Fed.* 59, 4, 172-182.
19. Asesoría Técnica y Control, S.A. (1994). "Informe sobre l'estudi de tractament biològic amb planta pilot de les aigües residuals de l'E.D.A.R. de Sabadell-Riu Sec." *Junta de Sanejament.*
20. Salvadó H. (1990). "Método rápido para el control del bulking. Técnica simple y rápida de conteo de microorganismos filamentosos". *Tecnología del Agua*, 67.

EQUIPOS PRODUCTOS INDUSTRIALES

27.000 ejemplares distribuidos gratuitamente
entre el sector industrial

Control OJD - Distribución nominativa

Solicite información y un ejemplar de muestra

ELSEVIER PRENSA. Av. Paral·lel, 180 - 08015 Barcelona