



# El GBS conmemora los 100 años de estudio de los fangos activos

Resumen y conclusiones de las décimas jornadas de transferencia de tecnología sobre microbiología de fango activo organizadas por el GBS en Sevilla

**Elvira Reina** miembro del Grupo de Bioindicación Sevilla (GBS)

Coincidiendo con la celebración durante 2014 del centenario de los fangos activos, de los 50 años de la inauguración de la estación de tratamiento de agua potable (ETAP) Carambolo de Sevilla y de los 40 años de la creación de Emasesa como sociedad anónima, el Grupo de Bioindicación Sevilla (GBS) ha organizado sus 'Décimas Jornadas de Transferencia de Tecnología sobre Microbiología de Fango Activo' y un curso teórico-práctico sobre la misma materia en el que han reunido a los mejores especialistas europeos en esta materia. Las Jornadas de transferencia de tecnología, que se celebran desde 2004 de forma consecutiva en la ciudad de Sevilla, suponen uno de los acontecimientos más importantes en el estudio de los fangos activos en España, congregando a más de un centenar de profesionales procedentes de universidades, empresas y administraciones relacionadas con estos temas. La edición de 2014 recién celebrada, al igual que las anteriores, ha contado con el patrocinio y la colaboración de Emasesa Metropolitana, que apoya estas y otras actividades relacionadas con el fango activo, promoviendo cursos de formación con primeros expertos europeos y españoles, publicaciones de reconocido prestigio, ejercicios interlaboratorios, etc. En definitiva, labores que han conseguido que el nombre de Sevilla suene repetidamente en el panorama español del fango activo.



La edición de 2014 de las Jornadas GBS tuvo lugar el pasado 22 de octubre en la sede central de Emasesa. El evento se estructuró en sesión de mañana y tarde, comenzando con la entrega de la documentación y el acto de bienvenida y finalizando con una mesa redonda con activa participación de los asistentes. Entre la documentación facilitada es destacable un libro conmemorativo de este evento titulado *X Jornadas Transferencia de Tecnología sobre Microbiología de la depuración de las Aguas Residuales. Curso sobre Microbiología Aplicada del Fango Activo. 100 años de Fangos Activos*. Este ejemplar, editado por GBS, recoge todas las ponencias de los técnicos y expertos que con su oratoria exponen y comparten sus conocimientos a través de estas jornadas.

En primer lugar, y tras la entrega de la documentación y las credenciales a los asistentes, tuvo lugar el acto de apertura oficial del evento, que se llevó a cabo por Antonio Díaz, director general de Emasesa, y Natividad Fernández, presidenta de la Asociación GBS. Con el título de '50 años de la inauguración de ETAP Carambolo y 40 años de la creación de Emasesa', Díaz realizó una breve disertación sobre la historia de la empresa municipal en paralelo con la evolución de la gestión del ciclo del agua en la ciudad de Sevilla, y aprovechó también para reite-

rar la colaboración con la asociación científica GBS en el desarrollo de sus actividades. Por su parte, Natividad Fernández reconoció esta estrecha colaboración, que viene llevándose a cabo desde hace ya varios años, y trasladó el agradecimiento de todo el personal del GBS a los ponentes y asistentes a este evento.

### La gestión de las aguas residuales: una visión del pasado

Seguidamente, y continuando con una visión hacia el pasado de la gestión de las aguas residuales, Juan José González Reglero, perteneciente al Canal de Isabel II, mostró en su ponencia 'Antecedentes e inicios de la depuración biológica en España: Los casos de Madrid y Sevilla' cómo a mediados del siglo XIX ya empezaron a detectarse los problemas de contaminación del medio acuático. Este hecho es el punto de partida a numerosas reglas, normas y experiencias, encaminadas al mantenimiento de las condiciones óptimas del recurso hídrico. Posteriormente expuso los casos particulares de la evolución experimentada para la depuración de las aguas residuales en las ciudades de Madrid y Sevilla. Todo ello ilustrado con numerosas imágenes cartográficas, artículos de revistas técnicas, normativas y otros documentos de antaño.

### La necesidad de identificar las bacterias filamentosas

Como segunda ponencia técnica de estas jornadas, el profesor Valter Tandoi, perteneciente al Water Research Institute IRSA-CNR de Italia, dio argumentos sólidos para justificar la necesidad de identificación de las bacterias filamentosas en los sistemas de tratamientos de lodos activos, todo ello en su oratoria denominada 'Filamentous bacteria; from identification and cultivation studies, to present bulking and foaming control strategies'. A lo

Inauguración de las jornadas GBS.



Ponencia sobre los antecedentes históricos de la depuración biológica.





La internacionalidad de las jornadas estuvo marcada por la presencia de los profesores Tandoi, en la imagen, y Eikelboom.

largo de dicha exposición, el profesor comentó cómo a pesar de la amplia difusión el uso de sistemas de lodos activados, esta tecnología puede sufrir problemas de disfunción operativa e inestabilidad en la eliminación de contaminantes, ya que son muchas y diferentes las poblaciones bacterianas que operan en estos sistemas. Estos microorganismos son importantes en términos de su función y de competencia con las bacterias filamentosas, que a menudo causan graves problemas en el proceso.

El conocimiento de la identidad y las propiedades de estas poblaciones es crucial para abordar adecuadamente cualquier estrategia dirigida a modificar la composición de la biomasa. La correcta identificación de las bacterias filamentosas es un procedimiento complejo, y durante muchos años se realizó la identificación de mucha de la población microbiana presente utilizando criterios morfológicos (es decir, la forma de la célula, las dimensiones, la tinción de Gram, etc.). Hoy en día, métodos precisos y rápidos, como la hibridación fluorescente *in situ* (FISH), están disponibles para algunas bacterias, pero la identificación morfológica es todavía necesaria y útil porque la información acerca de todas las poblaciones en el fango activo es aún incompleta.

### Discusión de paneles expuestos

Tras esta ponencia se realizó un receso para la discusión de los paneles expuestos, que fueron los siguientes:

- Ecología de los sistemas de biorreactores de membrana en el tratamiento de las aguas residuales (Universidad de Granada; y Bournemouth University, Center of Conservation Ecology and Environmental Science, Faculty of Science & Technology.

- Identificación de biomasa desnitrificante mediante FISH en sistema anóxico de lecho móvil (Sociedad de Fomento Agrícola Castellonense y Universidad de Santiago de Compostela).

- Basic protocol of BM respirometry measurements and applications for sludge process management and energy optimization (Surcis).

- Introducción y establecimiento de parámetros básicos de bioindicación en estaciones depuradoras de aguas residuales de la cuenta de los ríos Jarama y Henares (Canal de Isabel II Gestión).

- Activated sludge monitoring in a real scale MBR (Department of Mechanical and Industrial Engineering, University of Brescia).

Los asistentes tuvieron la oportunidad de ver los distintos trabajos expuestos y conversar con algunos de sus autores, favoreciendo así el intercambio de experiencias.

### Ventajas e inconvenientes de las técnicas convencionales versus FISH

Una vez finalizado el descanso fue el turno de Dick H. Eikelboom, profesor holandés autor de las claves taxonómicas de bacterias filamentosas más usadas por todos los técnicos dedicados a la bioindicación y que, a pesar de estar ya jubilado, continúa colaborando en jornadas y congresos como el del GBS. En esta ocasión, bajo el título de 'History identification of filamentous microorganisms. Conventional methods vs. FISH', el profesor Eikelboom mostró las ventajas e inconvenientes de las técnicas convencionales basadas en las características morfológicas y la respuesta a las distintas tinciones de las bacterias filamentosas, y los comparó con las técnicas FISH, cuya desventaja principal es la inexistencia de suficientes sondas. Para el análisis de las técnicas FISH el profesor solicitó proyectar un vídeo en el que se detallaba de forma muy ilustrativa el desarrollo de esta técnica.

### Microorganismos filamentosos y condiciones operacionales

A continuación, Eva Ciriero, perteneciente a la Empresa Mixta de Aguas de la Costa Brava, mostró los resultados de su trabajo 'Variaciones en las poblaciones de microorganismos filamentosos en función de las condiciones operacionales'. En él se exponen los resultados y conclusiones de los estudios pormenorizados realizados al fango activo de dos de las 17 EDAR que la empresa explota, las cuales están sometidas a condiciones muy acusadas de estacionalidad y con condiciones de trabajo y calidades de efluentes muy diferentes.



## Pese a que la depuración biológica y el estudio de los fangos activos tiene ya un centenar de años, existe la necesidad de adaptar los índices biológicos a las nuevas técnicas de tratamientos, como por ejemplo los biorreactores de membrana, o la realización de estudios estadísticos para demostrar la relación entre la densidad de determinados grupos protistas y la calidad del efluente

Los análisis realizados son: la determinación del índice de fango, la determinación y cuantificación de la microfauna protozoaria, los metazoos y la microfauna filamentosa y el índice de Shannon (que evalúa la diversidad de especies existentes de protozoos y su abundancia). Se muestra de forma gráfica la evolución de estos aspectos a lo largo de los más de dos años que se mantuvo este estudio.

### Los ejercicios interlaboratorios como herramienta de aprendizaje

Seguidamente, Elvira Reina, miembro del GBS, organizador de este evento, mostró cómo una de las actividades más importantes que esta asociación viene desarrollando desde hace más de 10 años, los ejercicios interlaboratorios, son una excelente herramienta para el mantenimiento de la calidad en los análisis microbiológicos. Bajo el título 'Los ejercicios interlaboratorios de fangos activos como sistema de chequeo del personal técnico. Certificado de capacitación', la ponencia se inició con recomendación (y necesidad) por parte de las empresas de realizar capacitación del personal técnico como mejora de la productividad y beneficios para la misma, analizan-

do cómo deben planificarse, realizarse y evaluarse estas actividades. Seguidamente se mostró cómo los ejercicios interlaboratorios se definen como un método capacitativo, según la ENAC, se describieron sus fases de desarrollo. Para finalizar, se analizaron los resultados obtenidos en algunos de los ejercicios interlaboratorios realizados con anterioridad y se detallaron los errores cometidos por los participantes en el desarrollo de los procedimientos, así como las medidas correctoras tomadas por GBS y comunicadas a los analistas para evitar la reiteración de los mismos. Finalmente, se resume que la participación en estas actividades aporta conocimientos y aptitudes al personal técnico, además de aumentar y asegurar la calidad de los ensayos. Con esta ponencia finalizó la sesión de mañana.

### Los índices biológicos en las aguas residuales

La sesión de tarde se inició con la ponencia 'Evolución de los parámetros biológicos indicadores en el control de las depuradoras de aguas residuales con sistemas de fangos activos', de Susana Serrano, de la Universidad Complutense de Madrid. En su charla, la profesora Serrano realizó una revisión de todos los estudios de bioindicadores realizados, desde 1908, año en el que se emplearon por primera vez este tipo de herramientas para la evaluación del estado sapróbico de los ríos austriacos, hasta los más

Estudio de los fangos activos en las depuradoras de la Costa Brava.



La importancia de los ejercicios interlaboratorios como beneficio para técnicos y empresas.





Papel de las SPE en los sistemas de depuración biológica de las aguas residuales.

recientes. Todos ellos son buena muestra del gran esfuerzo realizado en la investigación sobre bioindicadores en las aguas residuales.

Algunos de los aspectos más destacables en esta exposición fueron la necesidad de adaptar los índices biológicos a las nuevas técnicas de tratamientos, tales como los MBR, o cómo es de necesario la realización de estudios estadísticos para demostrar la relación entre la densidad de determinados grupos de protistas y la calidad del efluente.

### SPF en los sistemas de depuración biológica

A continuación, Sergio Collado, de la Universidad de Oviedo, explicó el 'Papel de la sustancia polimérica extracelular (SPE) en los sistemas de depuración biológica de las aguas residuales', concluyendo que un profundo estudio de las sustancias poliméricas extracelulares es clave a la hora de conocer el funcionamiento de un sistema biológico de tratamiento de aguas residuales y de mejorar la eficacia de dicho tratamiento a través de la optimización de las variables operacionales.

La producción de sustancias poliméricas extracelulares suele ser específica de cada tipo de microorganismo, aunque por lo general es máxima durante la fase exponencial del crecimiento y si se emplean concentraciones de oxígeno altas. Por lo general, aquellas situaciones que provocan estrés a la biomasa, tales como la presencia de tóxicos, la escasez de nutrientes, las temperaturas extremas o los esfuerzos cortantes, aumentan la producción de SPE. El efecto de parámetros como el tiempo de residencia o la relación F/M aún no está claro, aunque se cree que ambos presentan un valor óptimo con un mínimo de producción de SPE.

Por lo general, las sustancias poliméricas extracelulares están compuestas por proteínas y polisacáridos y, en menor medida, ácidos húmicos y nucleicos. Según su cantidad y tipo, las sustancias poliméricas extracelulares, ya sean solubles o ligadas a las células, definen en gran medida las propiedades de los agregados microbianos, floculos o biopelículas, al actuar como agentes estructurantes y condicionar la hidrofobicidad, la filtrabilidad, la electronegatividad, la capacidad de adsorción, la biodegradabilidad y la sedimentabilidad de estos agregados.

### Gránulos de reserva microbianos en procesos de fangos activos

Al hilo de la exposición anterior y profundizando aún más en el comportamiento de los microorganismos frente a las distintas condiciones del medio, Meritxell Mas, de Hydrolab Microbiológica, transmitió a los asistentes sus conocimientos sobre el 'Papel de los gránulos de reserva microbianos en el proceso de fangos activos. Competencia interespecífica'. Con la premisa de que los conocimientos actuales sobre la síntesis de productos de almacenamiento por parte de los microorganismos de los sistemas de depuración es muy limitado, por lo general, se ha establecido que los microorganismos tienden a sintetizar sustancias de reserva cuando se ven sometidos a ambientes con concentraciones cambiantes de fuente de carbono, acumulando reservas en condiciones de exceso de sustrato y utilizando dichas reservas en momentos de carencia de fuente de carbono, sin necesidad de la existencia de otras limitaciones externas, como pudiera ser deficiencias nutricionales o de receptores de electrones.

Más también describió que los mecanismos de acumulación de reservas no se limitan ni a microorganismos filamentosos ni a bacterias floculantes. Parece ser que las bacterias floculantes son más eficientes que los microorganismos filamentosos en la acumulación de reservas cuando la concentración de fuente de carbono en el medio es elevada, pero en condiciones de carencia de alimento prolongadas, los microorganismos filamentosos son más eficientes, lo que lleva a problemas de esponjamiento del fango y de espumas en sistemas que operan con cargas másicas bajas, como los sistemas con eliminación de nutrientes.

### Mesa redonda y clausura final

Como colofón a las ponencias de estas décimas jornadas de transferencia de tecnología, se procedió al desarrollo de una mesa redonda, abierta al diálogo interactivo con todos los asistentes de la sala. Para ello, y a fin de centrar el tema a debate, Natividad Fernández y Eva Rodríguez,



En la mesa redonda final se analizaron diversos casos prácticos con todos los asistentes.



ambos miembros del GBS, expusieron varios casos prácticos de procesos de *bulking* viscoso. Se describieron tres situaciones distintas causantes de este tipo de *bulking*: de un lado, un *bulking* viscoso provocado por una situación de desequilibrio nutricional; otra situación en la que el desencadenante del *bulking* son las variaciones de biodegradabilidad y toxicidad de influente; y un último caso, en esta ocasión en una EDAR industrial, en la que la sobrecarga orgánica es el desencadenante. En todos los casos expuestos se aportó toda la información necesaria sobre las instalaciones objeto de estudio, y se analizaron de forma detallada las características del fango activo, antes, durante y después de episodio descrito. Igualmente, se comentaron en cada caso las medidas correctoras tomadas con el fin de solventar la problemática.

A continuación y siguiendo la misma sistemática, Meritxell Mas, de Hydrolab Microbiología, mostró una problemática de deficiencia nutricional en aguas residuales industriales, pero, en esta ocasión, las posibles medidas correctoras fueron aportadas por los participantes, de forma que se abrió un animado y enriquecedor debate entre los asistentes en el que se analizó la situación de la instalación y se valoraron las distintas medidas propuestas.

Para finalizar las jornadas, Fernando Estévez Pastor, jefe del Departamento de Aguas Residuales de Emasesa y miembro de honor de la Asociación Científica GBS, clausuró el evento. Esta oportunidad fue aprovechada por Estévez para mostrar su agradecimiento a todos los asistentes, especialmente a los ponentes, que una vez más han sido capaces de abandonar sus quehaceres diarios para compartir con todos sus conocimientos y, cómo no, a GBS y Emasesa, que hacen posible que esta reunión anual de técnicos sea fijada en las agendas de todos los asistentes año tras año. 🌿

**Capture este código con su dispositivo móvil para acceder al video de las jornadas de depuración biológica para aguas residuales organizadas por el GBS**



## Curso sobre microbiología aplicada del fango activo

Como celebración a las efemérides citadas, el GBS organizó los días 23 y 24 de octubre, también en Sevilla, el 'Curso sobre microbiología aplicada del fango activo'. En él, numerosos los técnicos de reconocido prestigio a nivel internacional mostraron una vez más sus conocimientos y comentaron sus experiencias propias, intentando transmitir todo ello a los asistentes.

### Control de fangos activos

Como pistoletazo de salida a esta acción formativa y tras la entrega de documentación y recogida de acreditaciones por parte de los participantes, Pedro Martín de la Vega, profesor de la Universidad de Extremadura, con su excelente oratoria sentó las bases de los 'Conceptos generales de la eliminación de la materia orgánica en fangos activos'. Seguidamente, Eva Rodríguez, miembro del GBS, expuso 'El flóculo. Problemas de separación sólidos-líquido. Procesos de *bulking* y *foaming*', ponencia en la que habló sobre el proceso de formación flocular, causas y consecuencias de desviaciones y mal funcionamiento del mismo. Wilhelm Foissner, perteneciente al Institute of Zoology de la University of Salzburg (Austria), protistólogo de reconocido prestigio en el campo de la taxonomía, compartió sus conocimientos sobre la misma con su ponencia 'Bioindication with protists in the activated sludge process: solution of the taxonomic impediment'.

Tras la breve pausa para el café, la sesión fue retomada por otro de los expertos internacionales venidos

a Sevilla para la ocasión, en este caso el profesor Dick H. Eikelboom, quien con su ponencia 'Improving process stability by microscopic sludge control' definió la visualización microscópica del fango activo como una estupenda herramienta para el control, mejora y mantenimiento del proceso de depuración. Una vez definidos estos análisis microbiológicos del fango activo fue el profesor Paolo Madoni, de la Universidad de Parma, Italia, quien expuso, mediante su ponencia 'Sistemas de acreditación en análisis biológicos de fangos activos', las necesidades de aseguramiento de la calidad de estos ensayos y los procedimientos llevados a cabo en Italia para ello.

### Los fangos activos y casos concretos

Iniciando la sesión de tarde del día 23, Fernando Estévez, con su ponencia 'La formación sobre fangos activos. Los fangos activos en Emasesa', volvió a realizar un breve repaso a la historia de los fangos activos, pero en esta ocasión centrándose en las experiencias de Emasesa con este tipo de procedimientos. A continuación, Humbert Salvadó, de la Universidad de Barcelona, se centró nuevamente en la bioindicación propiamente dicha con su ponencia 'Interpretación ecológica de los procesos de fangos activos en función de la comunidad de protistas presentes', cuyo objetivo era aportar más información para la interpretación ecológica de los fangos activos. Para ello, insistió en que la optimización del proceso o procesos de fangos activos requiere de un conocimiento de los microorganismos implicados, y que la bioindicación no debe limitarse a la calidad del efluente, sino a dar el máximo de información ecológica del sistema.

Posteriormente, Janusz Fyda, perteneciente a Jagiellonian University y al Institute of Environmental Sciences de Polonia, mostró en su ponencia 'The use of leech rotifers for control bulking in activated sludge - a case study' las conclusiones de llamativos estudios en los que se emplean rotíferos para el control del *bulking* filamentoso, ya que estos individuos impiden el crecimiento de bacterias filamentosas y disminuyen el volumen de los lodos. Por tanto, es previsible que los rotíferos se planteen como una alternativa a compuestos químicos empleados actualmente para el control de las bacterias filamentosas causantes del aumento de volumen en los fangos activos.





### Visualización de muestras

Para concluir la primera jornada de este curso, y con una sesión de carácter más práctico, el profesor W. Foissner realizó la visualización de varias muestras de fangos activos de diversas estaciones depuradoras. Estas visualizaciones se realizaron a través de microscopio óptico y con proyección en la sala, de forma que los asistentes pudieron ver la técnica empleada por el profesor e identificar de forma simultánea las especies que se encontraban.

De igual forma dio comienzo la jornada del día 24, pero en esta ocasión la visualización de muestras fue liderada por Susana Serrano, quien nombró su intervención como 'Diferencias prácticas en las comunidades protistas en diferentes sistemas de depuración'. Al igual que el profesor Foissner, realizó una sesión práctica para mostrar a los asistentes las claves identificativas de los microorganismos que se observaron.

Seguidamente y como segunda intervención de este último día de curso, Paolo Madoni hizo partícipe de sus conocimientos con 'Case studies of ecological interpretation of the activated sludges process according to the present community of protists', aportando claves para la correcta asociación entre el análisis y estudio de la microfauna presente en el medio con las características y condiciones de trabajo del sistema.

### Monitorización en EDAR

Tras un breve receso para un café, Juan Ramón Ortiz y Jiri Snaidr, ambos pertenecientes a Microplanet, hicieron una demostración práctica de una técnica novedosa y que ellos comercializan. En su ponencia, con el título de 'Aplicación de VIT para la implementación de sistemas de alerta temprana en plantas de tratamiento de aguas residuales', mostraron las ventajas de trabajar con estas sondas VIT, que permiten por primera vez el análisis directo de microorganismos en el proceso. Ambos técnicos mostraron cómo se puede implementar eficazmente un sistema de alerta temprana VIT y expusieron ejemplos y consejos para la integración de este sistema de monitorización en los análisis de rutina diaria de una EDAR.



### Control de *Microthrix parvicella*

Como broche final a la parte técnica de este curso, Valter Tandoi trasladó a los asistentes su experiencia y trabajos realizados para el control de una especie de bacteria filamentosa, *Microthrix parvicella*. La elevada presencia de esta bacteria ha sido la causante de diversos episodios de *bulking* en algunas estaciones depuradoras de Italia. En ese país, los exhaustivos ensayos y análisis realizados para el conocimiento de la pauta de comportamiento de esta especie en dichas instalaciones han permitido establecer un procedimiento para el control de la población de este filamento. Todos estos argumentos quedaron recogidos en la ponencia 'Microbiological studies on activated sludge microbial components: case studies about *Microthrix parvicella*'.

### Clausura

Realizado todo este intercambio de conocimientos, Fernando Estévez, en representación de Emasesa (empresa anfitriona y patrocinadora del evento), y Natividad Fernández, como presidenta de GBS, coincidieron durante la clausura del curso en mostrar nuevamente su agradecimiento a todos los asistentes, ponentes, organizadores, personal de traducción, personal de sonido, personal de apoyo en sala y todos y cada uno de los que hicieron posible que estos tres días de acción formativa (los dos del curso más el de la jornada técnica GBS) hayan sido provechosos. Desde el GBS se mostró la gratitud al seguimiento de las actividades que organizan y que se convierten en ganas de promover, innovar y crear nuevas actividades con la única finalidad de divulgar los conocimientos sobre la microbiología del fango activo.