



# Eliminación por decantación lastrada de microcontaminantes orgánicos en efluentes tratados

Las estaciones de tratamiento de agua residual presentan límites para la eliminación de microcontaminantes orgánicos. Cuando las concentraciones de éstos no permiten cumplir con los requerimientos de vertido o de su reutilización, el proceso basado en la decantación lastrada y adsorción sobre carbón activo en polvo puede ser una solución.

**J. Sanz Ataz, J.M. Ortega Díaz y J.C. Rodrigo Alonso** Veolia Water Solutions & Technologies

LA OPTIMIZACIÓN de la gestión del agua en la industria en las últimas décadas ha conllevado tanto la consideración de la reutilización de los efluentes obtenidos en la estación de depuración de aguas industriales (EDARI) propia como la regeneración de efluentes secundarios procedentes de estaciones de depuración de aguas residuales urbanas (EDAR), con el objetivo de obtener un recurso hídrico disponible para la industria. A su vez, las especificaciones de calidad de las aguas de vertido han sufrido un aumento en sus requerimientos, incluyendo todas las derivadas de las nuevas normativas consecuencia del desarrollo de la aplicación de la Directa 2000/60/CE conocida como Directiva Marco del Agua (DMA). El desarrollo de la DMA ha dado paso a la limitación de la concentración de trazas de compuestos químicos concretos recogidos en la normativa como sustancias prioritarias y sustancias preferentes (Real Decreto 60/2011 y Real Decreto 815/2013), que se suman a otros parámetros más genéricos como son la demanda química de oxígeno o las materias en suspensión. Junto a estas sustancias ya legisladas, ha ido apareciendo la preocupación por otros microcontaminantes orgánicos que engloban de forma general residuos farmacéuticos, productos de higiene y cuidado personal, drogas ilícitas y estrógenos ambientales, tanto desde el punto de vista de impacto ambiental como en la reutilización del agua. Asimismo, desde el punto de vista de tratamiento de las aguas residuales en la industria, también se ha ido sumando la posibilidad del tratamiento del agua de tormentas tanto para su adaptación al vertido como para su reutilización.

Tomando como símil la reutilización con fines urbanos donde empleamos los conceptos de reutilización potable indirecta y directa, también podemos considerar, a efectos de grado de tratamiento, la reutilización industrial indirecta (referida al uso del agua regenerada o reciclada en procesos

auxiliares como refrigeración, calderas, limpieza, riego) y la reutilización industrial directa (referida al uso en el proceso de producción o incorporándola al producto final).

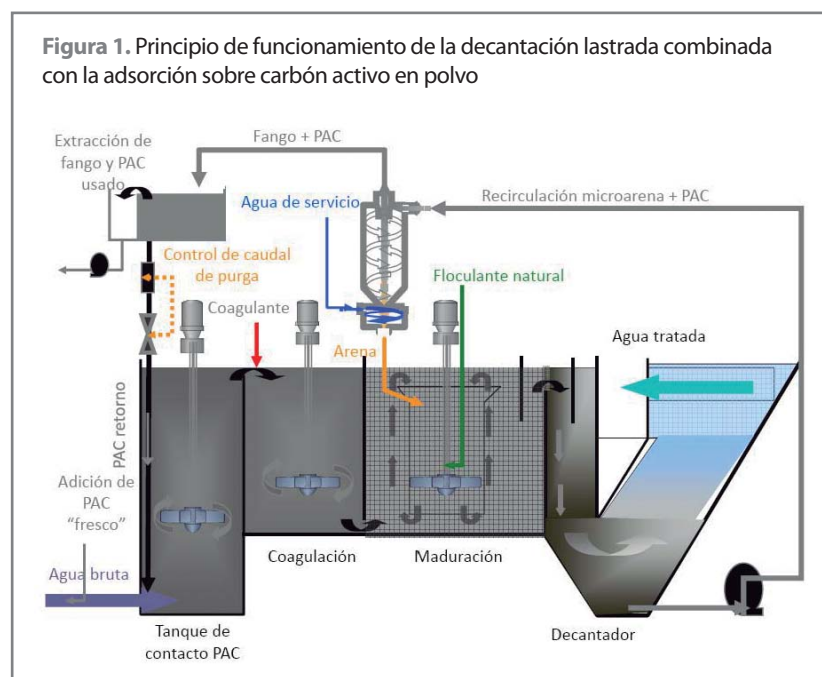
En todos estos escenarios (vertido, reutilización, agua de tormentas) podemos encontrar ciertos requerimientos de calidad del agua que impongan la implementación de una etapa de tratamiento orientada a la eliminación o reducción de la concentración de los microcontaminantes orgánicos.

## MATERIAL Y MÉTODOS

La decantación lastrada con microarena es un tratamiento altamente eficaz para la eliminación de sólidos en suspensión y, consecuentemente, de turbiedad, incluso en aguas de alta turbiedad aplicada tanto en aguas municipales, industriales [1] y agua de tormentas [2]. La decantación lastrada con microarena consiste en la utilización de ésta, además del empleo de coagulante y de floculante usados normalmente en los procesos de clarificación tanto de agua de proceso, potable o residual. Precisamente la microarena actúa, junto al floculante, como elemento fundamental en el lastrado de los flóculos, aumentando el rendimiento de la clarificación, siendo

así superior a cualquier sistema tradicional, permitiendo multiplicar por más de diez la velocidad de decantación de los sistemas convencionales. Se puede operar, en procesos de agua potable y agua de proceso, con velocidades específicas de hasta 60-80 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>.h, y, en el caso de aguas residuales, hasta 120 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>.h. Debido a la alta velocidad ascensional en la zona lamelar, el espacio de implantación se reduce extraordinariamente, hasta 20 veces menos de espacio ocupado por otros sistemas de sedimentación. Otras características esenciales y fundamentales de este sistema son: rápida velocidad de respuesta en arranques y/o cambios en la calidad del agua de entrada, fiabilidad de su funcionamiento, capacidad para tratar aguas con alta turbiedad (más de 1.500 UNF). La microarena se recupera continuamente por medio de un hidrociclón, que actúa como separador de la microarena y el fango, devolviendo la microarena, totalmente limpia, al sistema y el fango al desagüe por medio de la purga.

La decantación lastrada, combinada con la adsorción sobre carbón activo en polvo (CAP), es un avance importante y significativo, ya implementado en plantas de producción de agua potable o de proceso industrial para





**Figura 2.** Aspecto de la mezcla con carbón activo en polvo en el retorno al tanque de contacto



la eliminación de plaguicidas, olores y sabores presentes en el agua, así como reducciones importantes del carbono orgánico total [3]. En ocasiones también se puede utilizar, cuando el agua presenta alta turbiedad, detrás de la decantación lastrada con arena.

Este proceso para la utilización del CAP aúna las ventajas de la decantación lastrada mencionadas anteriormente con las propiedades de adsorción del carbón activo en polvo, maximizando las prestaciones del producto y minimizando sus desventajas al aprovechar al máximo, frente al carbón activo granular (CAG), su uso permanente, su superior superficie específica y su recirculación constante similar al propio de la decantación lastrada con microarena.

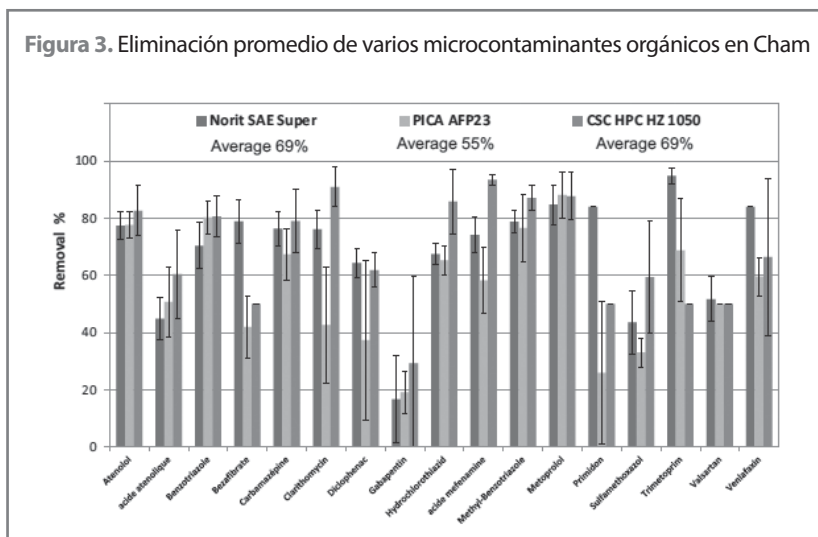
La Figura 1 muestra el proceso de decantación lastrada combinado con CAP. Se pueden diferenciar cuatro fases específicas: tanque de contacto, coagulación, maduración y decantación. Estas fases se complementan con la recirculación constante, el re-

torno de microarena y CAP y la purga de lodos. Las velocidades de trabajo pueden alcanzar hasta los 40 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>.h. La Figura 2 muestra el aspecto de la mezcla de recirculación con CAP que retorna al sistema para obtener la máxima eficiencia en la eliminación de los microcontaminantes orgánicos y el mínimo consumo del CAP.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La aplicación del proceso de decantación lastrada con microarena combinado con CAP ha sido evaluada en dos instalaciones de depuración biológica: Cham (Lucerna, Suiza) y Avranches (Francia) [4,5], centrándose más en los residuos farmacéuticos en el primero y en los estrógenos ambientales en el segundo. En la primera el tratamiento de la EDAR está constituido por fangos activados, decantación secundaria y filtración terciaria. En la segunda EDAR el tratamiento es un reactor biológico de membrana. En estos dos proyectos de demostración se han empleado como unidad de tratamiento un equipo móvil a escala industrial con caudales desde 50 hasta 100 m<sup>3</sup>/h, operando los siete días de la semana, 24 horas al día y durante seis meses en el caso de Cham y cinco días a la semana durante un año en Avranches. En Cham las dosis de CAP fueron de 10 mg/L, 40 mg/L de coagulante (cloruro férrico 41% en peso) y 0,5 mg/L de floculante. La evaluación de los resultados en Cham [6] incluyó el empleo de tres tipos diferentes de carbón activo para conocer la influencia en la eficiencia de eliminación de cada tipo de carbón activo disponible. Los resultados mostrados en la Figura 3 corresponden a rendimientos medios del 69% para dos de ellos y del 55%

**Figura 3.** Eliminación promedio de varios microcontaminantes orgánicos en Cham



para el tercero en la eliminación de residuos farmacéuticos.

En estos dos proyectos se consideró también el empleo de ozono como oxidante de los microcontaminantes orgánicos, debido a su alta eficiencia en la eliminación de los mismos. Una cuestión crítica relativa a este oxidante, y también a otros oxidantes fuertes, es la formación de subproductos que pueden generarse en las reacciones de oxidación en las aguas residuales. Uno de los objetivos de los dos proyectos de demostración fue la evaluación de la eficiencia de la combinación de ozono y la decantación lastrada con CAP desde este punto de vista. La dosis de ozono empleadas eran del orden de 0,5 – 1 mg/L en la entrada al tanque de contacto. En el caso de Avranches, la ganancia neta en la eliminación de estrógenos ambientales fue en promedio del 10-15%, y, en el caso de Cham, la eliminación de residuos farmacéuticos alcanzó valores promedio

de 85-95%, comparada con el 69% mostrado en la Figura 3.

## CONCLUSIONES

La decantación lastrada con microarena, combinada con la adsorción sobre carbón activo en polvo, actúa como un reactor químico que permite abordar de forma eficiente la eliminación o reducción de la concentración de microcontaminantes orgánicos presentes en los efluentes de depuración biológica. Como etapa de pulido del tratamiento del agua residual o del tratamiento del agua de tormenta con presencia de microcontaminantes orgánicos, facilita tanto el cumplimiento de los requerimientos de vertido como la reutilización posterior del agua.

La combinación con tratamientos previos como el ozono da lugar a un aumento de la eficiencia en la separación y una mejora de la calidad del agua tratada, al eliminar la presencia posterior al tratamiento de subproductos.

## Bibliografía

- [1] Plum, V., Dahl, C.P., Bentsen, L., Petersen, C.R., Napstjert, L., Thomsen, N.B., 1998. "The Actiflo method". *Water Science and Technology*, vol 37, n.1, 269-275.
- [2] Rodrigo, J.C., Gómez, L., Sanz, J., 2013. "Actiflo para tratamiento de aguas de tormenta". En: F.J. Vallés, I. Andrés-Doménech, I. Escuder-Bueno, P.Amparo López, J.B. Marco, III Jornadas de Ingeniería del Agua, Vol. 2, Ed. Marcombo, Barcelona, 163-170.
- [3] Gaid, K., Sauvignet, P., Tazi-Pain, A., Houssais, B., 2007. "Les réacteurs à CAP Multiflo/Actiflo : un plus pour l'élimination des pesticides et matières organiques". *L'eau, l'industrie, les nuisances*, 307, 51-58.
- [4] Gaid, K., Sauvignet, P., Bourdon, F., Rigot, M., Ingrand, V., 2012. "Les réacteurs à CAP Multiflo/Actiflo : la solution pour l'élimination des perturbateurs endocriniens et substances dangereuses". *L'eau, l'industrie, les nuisances*, 353, 68-75.
- [5] Gaid, K., Sauvignet, P., 2013. "High rate PAC reactor combined with ozone oxidation for enhanced micro-pollutants removal from urban waste water". 8th IWA Specialized Conference on assessment and control of micropollutants and hazardous substances in water, Zurich, 16-20 June 2013, 208-209.
- [6] Boelher, M., Brocker, S., Kobler, S., Le Goaziou, Y., Moser, R., Rettby, R., Rigault, M., 2012. "Elimination of micropollutants out of municipal wastewater by means of powder activated carbon in the Actiflo Carb process and by ozone at WWTP Schönau, Cham (GVRZ), final report for the Federal Office for the Environment (FOEN), Alpha Umwelttechnik, Veolia, GVRZ, Labosafe, Hunziker-Betatech, Eawag. 