

VALIDACIÓN DEL SISTEMA HYDROTECH DISCFILTER PARA LA ELIMINACIÓN DE HUEVOS DE HELMINTOS PARÁSITOS EN AGUAS REGENERADAS

Texto:

Joan Sanz

Director Técnico Veolia Water Solutions
& Technologies Ibérica
E-mail: joan.sanz@veoliawater.com

Rafael Mujeriego

Presidente de la Asociación Española
para la Reutilización Sostenible del Agua
E-mail: rafael.mujeriego@upc.edu

Mercedes Gracenea

e Isabel de Montoliu

Profesoras de la Facultad de Farmacia,
Universidad de Barcelona
E-mail: montoliu@ub.edu

Fotos: Archivo Veolia

→ **El informe completo de este proyecto está a disposición de los interesados en:**
www.veoliawaterst.es/es/Prensa/Publicaciones_Tecnicas/

El contenido de huevos de helmintos parásitos, como indicador del riesgo sanitario asociado con la reutilización de aguas regeneradas para riego sin restricciones, es uno de los parámetros de calidad incluidos en la tercera edición de las guías de la Organización Mundial de la Salud (OMS) publicadas en el año 2006 bajo el título original de “*Guidelines for the safe use of wastewater, excreta and greywater*”. La OMS recomienda un límite igual o inferior a 1 huevo de helmintos parásitos por litro de agua para la reutilización segura de un agua de riego sin restricciones, y un límite más restrictivo, igual o inferior a 0,1 huevo de helmintos parásitos por litro de agua, cuando personas menores de 15 años pueden verse expuestas al contacto con esas aguas.

El RD 1620/2007 por el que se establece el régimen jurídico de la reutilización de las aguas depuradas en España recoge estas recomendaciones de la OMS y fija un valor máximo admisible de 1 huevo de nematodos intestinales en 10 litros de agua para diversas opciones de uso urbano, agrícola, industrial y ambiental del agua regenerada. Estos límites llevan asociado un protocolo de vigilancia que incluye, en la mayoría de los casos, una frecuencia quincenal de análisis parasitológico del agua regenerada.



Figura 1. Vista de los sistemas Hydrotech existentes en la planta de regeneración de aguas de la EDAR Baix Llobregat.

Las notables exigencias prácticas que la realización de este análisis parasitológico comporta, tales como la toma de muestras de gran volumen, la concentración de la muestra en la planta de regeneración, la realización de los análisis en un laboratorio especializado, el coste considerable de cada análisis y la interpretación de los resultados falsos positivos, han estimulado el desarrollo de procesos de regeneración de agua con una eficiencia y fiabilidad suficientes como para minimizar los esfuerzos técnicos y económicos que comporta un sistema de vigilancia basado exclusivamente en el análisis de la calidad del agua.

El tamaño característico de los huevos de helmintos parásitos (entre 20 μm y 80 μm) resalta el potencial que los métodos físicos utilizados para la separación de partículas tienen para retener estos microorganismos durante un proceso de regeneración. En concreto, la filtración con filtros de mallas ofrece la posibilidad de retener los huevos de helmintos parásitos, por efecto de la barrera física que representan, y dar así cumplimiento a los límites fijados por la normativa española para diferentes usos del agua regenerada.

El proceso Hydrotech Discfilter fue desarrollado por Veolia Water Solutions & Technologies (patentado en 2001) como técnica de filtración por gravedad mediante filtros rotativos de mallas; el proceso Hydrotech Discfilter obtuvo en 2003 la conformidad oficial de su capacidad para obtener un agua regenerada conforme con los requisitos del Título 22 de las Normas de Calidad del Agua Regenerada de California, relativas al contenido de turbiedad y materia en suspensión del agua regenerada.

La utilización de un proceso Hydrotech Discfilter, provisto de mallas filtrantes con 10 μm de tamaño, ofrece la posibilidad de retener de forma total los huevos de helmintos parásitos que pueda contener un agua durante su proceso de regeneración. Estudios realizados en el laboratorio y en prototipos del proceso Hydrotech Discfilter habían confirmado esta hipótesis. Por ello, tenía gran interés práctico confirmar este mismo comportamiento, pero en condiciones de campo similares a las observadas durante un proceso a escala real de regeneración de agua.

Metodología

El objetivo del ensayo fue evaluar la eficiencia y la fiabilidad del proceso Hydrotech Discfilter, provisto de una malla de 10 μm de tamaño de poro, para retener los huevos de helmintos parásitos presentes en un agua durante su proceso de regeneración y probar así que el proceso Hydrotech Discfilter permite asegurar la producción de un agua regenerada libre de huevos de helmintos parásitos. La evaluación del proceso Hydrotech Discfilter (Figura 2) fue realizada mediante un ensayo de dos días de duración, entre mayo y junio de 2007, en la planta de regeneración de agua de El Baix Llobregat en Barcelona (Figura 1), España.

Para ello, se añadió un gran número de huevos de *Trichuris suis* (aproximadamente 2 millones de huevos) al tanque de agua afluente a un proceso de filtración dotado de un depósito de agua afluente y otro de agua efluente, con una capacidad unitaria de 7,6 m³. Con ello se trató de simular una concentración de huevos de helmintos parásitos en el agua afluente similar a la máxima registrada en los afluentes de aguas residuales brutas de las EDAR españolas.

El agua así obtenida fue sometida al proceso de filtración y posteriormente recirculada al depósito de entrada de la planta de demostración, junto con el flujo de agua de lavado, con objeto de mantener el agua en un circuito cerrado y evitar la pérdida de huevos de helmintos parásitos del sistema. El proceso de filtración se mantuvo en funcionamiento durante 8 horas seguidas de cada uno de los dos días del estudio. Se tomaron muestras compuestas a la entrada y a la salida del proceso de filtración, a intervalos de media hora, durante los dos días de funcionamiento. Se determinaron las concentraciones de huevos de helmintos parásitos en todas las muestras recogidas.



Figura 2. Equipo Hydrotech Discfilter HSF 2204/1 antes de la instalación.

Huevos de helmintos parásitos utilizados en el ensayo

Los huevos de helmintos parásitos utilizados en este proyecto de demostración fueron suministrados por el Departamento de Patobiología Veterinaria, de la Facultad de Ciencias de la Naturaleza de la Universidad de Copenhague. El buen estado de los huevos de *Trichuris suis* fue verificado, mediante la observación microscópica de su morfología, en la Facultad de Farmacia de la Universidad de Barcelona.

Los huevos de helmintos parásitos utilizados en este proyecto de demostración fueron de la especie de nematodo *Trichuris suis* (parásitos del cerdo), por las siguientes razones:

1. Las especies del género *Trichuris* están entre las más comúnmente detectadas en las aguas residuales españolas.
2. Los huevos del parásito causante de la tricurosis humana, *Trichuris trichiura* son morfológicamente casi idénticos a los de *Trichuris suis* y están considerados por la Organización Mundial de la Salud (OMS) como uno de los tres bioindicadores preferidos para valorar la calidad de un agua regenerada.
3. Los huevos de *Trichuris* figuran entre los más pequeños (por su anchura) encontrados en las aguas residuales europeas [(50-68) μm de largo y (20-31) μm de ancho].

Los inóculos de huevos de helmintos suministrados por la Universidad de Copenhague contenían aproximadamente 8,6 millones de huevos de *Trichuris suis*, en dos lotes separados. Los huevos habían sido obtenidos por vía rectal de un cerdo infectado

en condiciones controladas en la granja de la propia Universidad. Las heces porcinas fueron sometidas a dos cribados sucesivos, con tamaños de aperturas de 112 y 90 μm respectivamente, con objeto de retener las partículas en suspensión y dejar únicamente los huevos parásitos. La muestra líquida así obtenida se dejó reposar durante dos horas, tras las cuales se procedió a la extracción del líquido sobrenadante mediante una bomba de vacío, hasta reducir el volumen residual a un litro. Este volumen fue distribuido en dos lotes iguales de 0,5 litros cada uno.

Los dos lotes conteniendo los huevos de *Trichuris suis* fueron enviados desde la Universidad de Copenhague a la Universidad de Barcelona el 10 de abril del 2007. La concentración de huevos de cada uno de los lotes fue verificada en la Universidad de Barcelona. La Figura 3 muestra una imagen de los huevos *Trichuris suis* obtenida con microscopio óptico (480 aumentos).

Los ensayos realizados en la Facultad de Farmacia de la Universidad de Barcelona permitieron confirmar el aspecto satisfactorio de los huevos de *Trichuris suis*: los huevos estaban sueltos, no mostraban roturas y no formaban agregaciones o flóculos con otras partículas. Los huevos no presentaban desarrollo alguno en su interior, no observándose ni larva ni tan siquiera un estado de mórula, por lo que su manipulación no presentaba riesgo alguno para las personas, al carecer de carácter infeccioso. Los dos lotes de la muestra se conservaron a baja temperatura (5°C) en la Facultad de Farmacia de la Universidad de Barcelona, hasta que fueron trasladados a la planta de regeneración de agua de El Baix Llobregat para el inicio de los ensayos.

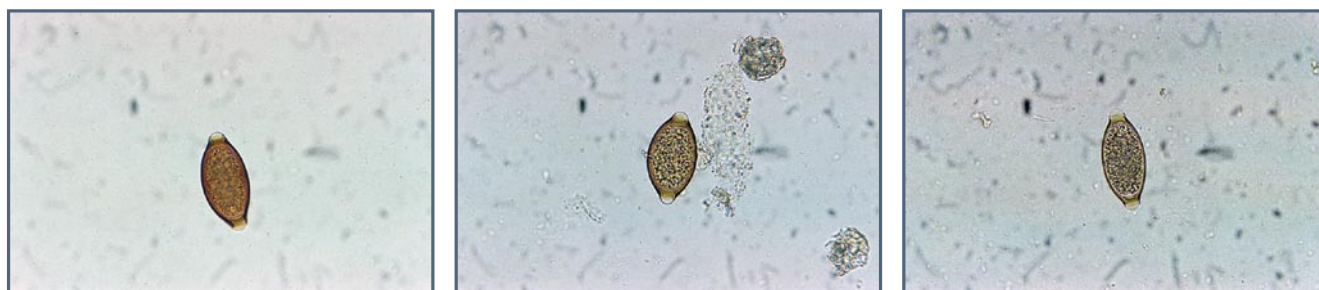


Figura 3. Imagen obtenida con microscopio óptico de los huevos de *Trichuris suis* del inóculo utilizado en el ensayo, 65x32,5 μm (izquierda), 65x27,5 μm (centro) y 60x32,5 μm (derecha).

Descripción de la planta de demostración

El objetivo del proyecto fue someter al proceso de filtración un volumen aproximado de 12 m³ de agua regenerada, obtenida del efluente del proceso Actiflo[®] existente en la planta de regeneración de agua de El Baix Llobregat, Barcelona. Este volumen de agua fue inoculado con un gran número de huevos de helmintos parásitos y sometido al proceso de filtración mediante un Hydrotech Discfilter. El efluente del proceso de filtración y el flujo de agua de lavado fueron devueltos al tanque de alimentación para asegurar un proceso en circuito cerrado. El ensayo se llevó a cabo durante 8 horas consecutivas, en dos días sucesivos. Tanto el filtro como todos los equipos auxiliares necesarios (depósitos de agua afluente y efluente, agitadores, tuberías y bombas de entrada y salida) se instalaron a pocos metros del canal de agua efluente del proceso Actiflo[®]. El efluente del proceso Actiflo[®] fue transferido al depósito de agua afluente de la planta de demostración mediante una bomba sumergible. La zona de trabajo de la planta de demostración fue cubierta con una carpa móvil (Figura 4), con objeto de proteger las muestras de las condiciones ambientales externas (lluvia y sol).

El agua filtrada y el agua de lavado del filtro fueron devueltas continuamente al depósito de agua afluente con objeto de mantener el proceso en circuito cerrado y evitar así la posible pérdida de huevos de helmintos parásitos. Al término del primer día del ensayo, el

depósito de agua afluente fue completado con 2 m³ adicionales de efluente del proceso Actiflo[®], con objeto de restituir el volumen de agua extraído del proceso mediante las muestras obtenidas durante las 8 horas de funcionamiento previas.

El agua utilizada como afluente del proceso Hydrotech Discfilter fue un agua efluente del proceso Actiflo[®] existente en la planta de regeneración de agua. Considerando que el proceso Actiflo[®] es la primera etapa del proceso de regeneración de la planta de El Baix Llobregat, el agua afluente al proyecto de demostración presentó un valor medio de la turbidez de 1,5 UNT con una desviación estándar de 0,4 UNT (en 34 muestras) y un contenido medio de MES de 2,8 mg/l con una desviación estándar de 0,5 mg/l (en 34 muestras).

La Tabla 1 resume el programa de muestreo adoptado en el proyecto de demostración realizado en la planta de regeneración de agua de El Baix Llobregat entre mayo y junio de 2007.

Toma de muestras y análisis parasitológico

El volumen de agua obtenido en cada muestra fue el siguiente: 20 litros para las muestras de agua afluente y 100 litros para las muestras de agua efluente, de acuerdo con el protocolo establecido por la Universidad de Barcelona. Las muestras afluentes y efluentes se tomaron a intervalos de media hora, durante 8 horas consecutivas de cada día del ensayo. Además, el primer día se recogió una muestra inicial de 20 litros, unos minutos después de haber añadido los huevos *Trichuris suis* e inmediatamente antes del comienzo de los ensayos; el segundo día, esta muestra se recogió unos minutos antes de iniciar el proceso de filtración (muestra 0A y muestra 0B, respectivamente. Ver Tabla 2).



Figura 4. Vista de la planta de demostración en la planta de regeneración de agua de la EDAR Baix Llobregat.

Punto de muestreo	1 ^{er} día, muestras	2 ^o día, muestras
Agua afluyente	16 + 1	16 + 1
Agua efluente	16 + 1	16 + 1
Total	32 + 2	32 + 2

Tabla 1. Programa de muestreo del proyecto de demostración en la planta de regeneración de agua de El Baix Llobregat. Mayo y junio de 2007.

Tanto las muestras de agua afluyente (20 litros) como de agua efluente (100 litros) fueron muestras compuestas durante periodos de 30 minutos. El caudal de muestreo se ajustó de tal modo que pudiera suministrar un total de 20 y de 100 litros respectivamente al cabo de 30 minutos. La adopción de un muestreo compuesto permitió asegurar una toma de muestras sistemática y continua del agua afluyente y del agua efluente, incluyendo periodos con y sin contralavado y periodos sometidos a cualquier posible cambio instantáneo del agua filtrada.

Las muestras fueron analizadas siguiendo el método Bailenger modificado y recomendado por la OMS en “Análisis de agua residual para uso en agricultura”. La Facultad de Farmacia de la Universidad de Barcelona aplicó diversas modificaciones al método original con objeto de mejorar la eficacia del proceso de recuperación de huevos de helmintos. El objetivo de esas modificaciones fue incrementar la recuperación absoluta hasta un 80-90%, en comparación con la recuperación de 30-74% que consigue el método Bailenger modificado.

Resultados de la planta de demostración

La Tabla 2 muestra los resultados obtenidos durante los dos días del ensayo experimental. Los resultados obtenidos muestran que la concentración de huevos de helmintos parásitos de *Trichuris suis* en las muestras de agua afluyente fluctuó entre 11 y 3.198 huevos/20L, con un percentil 90 de las concentraciones afluentes de 696 huevos/20L (equivalente a 35 huevos/L). Por otra parte, la concentración de huevos de helmintos parásitos en las muestras de agua efluente fue nula en todos los casos, independientemente de la concentración de huevos de helmintos parásitos en el agua afluyente, excepto en la muestra 9B, donde se detectó la presencia de 1 huevo en la muestra de 100L.

Los resultados de la Tabla 2 indican que el proceso Hydrotech Discfilter es capaz de retener todos los huevos de helmintos parásitos presentes en un agua afluyente, cuando éstos alcanzan concentraciones de hasta 3.198 huevos/20L. Considerando que las muestras de agua efluente fueron de 100 L, esto representa una capacidad mínima de retención de 4,2 ulog (log 15.990 huevos/100L). Cabe pensar que la capacidad real de retención de este proceso de filtración hubiera

superado este valor, si la concentración de huevos en el agua afluyente hubiera sido superior. No obstante, considerando que la concentración de huevos de helmintos parásitos registrados en las aguas residuales de las EDAR españolas alcanzan valores máximos de 1200 huevos/20L en agua residual bruta y de 7 huevos/20L en efluente secundario, puede afirmarse que el proceso Hydrotech Discfilter permite retener todos los huevos afluentes en un agua residual depurada y producir sistemáticamente un efluente desprovisto de huevos de helmintos parásitos.

Al margen de las causas determinantes de la detección de un huevo de helminto parásito en una de las muestras de 100 litros de agua efluente, conviene señalar que esta concentración es 10 veces inferior al valor máximo admisible recomendado en las directrices de la OMS para proteger a niños menores de 15 años que puedan encontrarse en los campos donde se utilizan aguas de esta calidad, y también al valor máximo admisible establecido en el RD 1620/2007 (1 huevo/10L) para los usos más restrictivos de un agua regenerada.

Muestra	Afluente huevos/20L	Efluente huevos/100L	Muestra	Afluente huevos/20L	Efluente huevos/100L
0A	3198	0	0B	301	0
1A	982	0	1B	42	0
2A	1108	0	2B	17	0
3A	810	0	3B	21	0
4A	843	0	4B	41	0
5A	669	0	5B	11	0
6A	292	0	6B	17	0
7A	385	0	7B	26	0
8A	279	0	8B	22	0
9A	258	0	9B	66	1
10A	247	0	10B	62	0
11A	169	0	11B	56	0
12A	125	0	12B	75	0
13A	183	0	13B	72	0
14A	96	0	14B	73	0
15A	59	0	15B	46	0
16A	61	0	16B	36	0

Tabla 2. Concentración de huevos de helmintos parásitos de *Trichuris suis* obtenida directamente en las muestras de agua afluente (20 L) y efluente (100 L). Las muestras obtenidas el día 1 y el día 2 se designan como A y B, respectivamente.

Conclusión

1. El proceso Hydrotech Discfilter, provisto de una malla de 10 μm de tamaño de poro, es capaz de retener todos los huevos de helmintos parásitos presentes en un agua afluente, cuando estos alcanzan concentraciones de hasta 3.198 huevos/20L. Considerando que las muestras de agua efluente fueron de 100 litros, esto representa una capacidad de retención de 4,2 ulog (log 15.990 huevos/100L).

2. Aunque los datos experimentales disponibles solo permiten asegurar que esta retención es absoluta (4,2 ulog referido a muestras de efluente de 100 litros) hasta concentraciones afluentes de huevos de helmintos parásitos de 3.198/20L, como las registradas en este proyecto de demostración, cabe pensar que el proceso Hydrotech Discfilter puede retener igualmente los huevos de helmintos parásitos presentes en concentraciones mayores, en razón del mecanismo de retención operativo: la imposibilidad física de que los huevos pasen por unos orificios del filtro que son menores que ellos.

3. Al margen de las causas determinantes de la detección de un huevo de helminto parásito en una de las muestras de 100 litros de agua efluente, esta concentración es 10 veces inferior al valor máximo admisible recomendado en las directrices de la OMS para proteger a niños menores de 15 años que puedan

encontrarse en los campos donde se utilizan aguas de esta calidad, y también al valor máximo admisible establecido en el RD 1620/2007 (1 huevo/10L) para los usos más restrictivos de un agua regenerada.

4. La utilización de un proceso Hydrotech Discfilter, provisto de una malla de 10 μm de tamaño de poro, para regenerar un agua depurada conteniendo una concentración de huevos de helmintos de hasta 7 huevos/20L, como la registrada experimentalmente en los efluentes de las EDAR españolas, ha de permitir la retención total de los huevos de helmintos parásitos conocidos y producir sistemáticamente un efluente desprovisto de huevos de helmintos parásitos.

5. La capacidad efectiva del proceso Hydrotech Discfilter de retener los huevos de helmintos parásitos presentes en el agua afluente viene a sumarse a las ventajas propias de este proceso de filtración, como son un consumo energético bajo, un tamaño compacto, un equipamiento mínimo y unos componentes modulares, un control automático simple, unos paneles del filtro fácilmente intercambiables y un bajo consumo de agua para contralavado, y hacen del proceso Hydrotech Discfilter una alternativa tecnológica eficaz, fiable y competitiva para obtener un agua regenerada desprovista de huevos de helmintos parásitos.