

APLICACIONES EN TRATAMIENTO DE AGUA DE LOS MICROTRAINERS: REVISIÓN.

Diana Lucía Cristancho*
Tatiana Rodríguez Chaparro**

Recibido: 26/02/2007

Aceptado: 27/04/2007

RESUMEN

Se presenta una revisión sobre el desarrollo histórico de los microtrainers y sus principales aplicaciones en tratamiento de agua, así mismo, se plantea la posibilidad de utilizar esta tecnología en “pulimento” de efluentes de sistemas de tratamiento de aguas residuales que emplean lagunas de estabilización, en particular, para reducir el contenido de algas. Se concluye que los microtrainers permiten alcanzar eficiencias de reducción de sólidos en suspensión y algunas especies de algas satisfactoriamente, además de representar una alternativa que en combinación con los procesos convencionales podría mejorar el rendimiento de las plantas de tratamiento de agua.

PALABRAS CLAVE: Algas, lagunas de estabilización, microtrainers, tratamiento de agua.

ABSTRACT

This article presents the historical development of microtrainers and their main application in water treatment. It also proposes the possibility to use technology in “polishing” the effluent of wastewater treatment that uses stabilization ponds to particularly reduce the content of algae. And the article concludes that the microtrainers allow us to reach satisfactory reduction efficiencies of suspended solids and some species of algae. They also represent an alternative that, in combination with the conventional processes, could improve the performance of water treatment plants.

KEY WORDS: Algae. Stabilization ponds, microtrainers, water treatment.

* Docente H.C -Programa de Ingeniería Civil, joven investigadora grupo de investigación en Tecnologías Combinadas para Tratamiento de Aguas, Facultad de Ingeniería, Universidad Militar Nueva Granada. Cra 11 No 101-80, tel: (1) 6343200 ext 328. email: ing.dianacristancho@gmail.com.

* Doctoranda en Hidráulica e Saneamiento, Escola de Engenharia de Sao Carlos, Universidade de Sao Paulo (Brasil), Docente TC, Programa de Ingeniería Civil, Facultad de Ingeniería, Universidad Militar Nueva Granada. Cra 11 No 101-80, tel: (1) 6343200 ext 328. email: trodri@umng.edu.co.

INTRODUCCIÓN

Los microstrainers son considerados como una tecnología simple y económica Weir Group (1993), Binnie *et al.* (2002) similar a los tambores rotativos; la diferencia principal se encuentra en el tamaño de la abertura de la malla que varía aproximadamente entre 20 y 60 μm , característica que representa su mayor ventaja para reducir satisfactoriamente no sólo sólidos en suspensión sino también organismos filamentosos.

En general, se definen como tambores rotativos de eje horizontal con diámetros típicos entre 1.8 y 3.3 m, longitud de 0.6 a 5.1 m, cubiertos con una tejido o malla que imita la forma de panel inmerso 2/3 de la longitud útil en el agua a ser tratada. El agua a tratar entra al tambor por la parte superior, pasa radialmente a través de la malla; los sólidos suspendidos son retenidos en el interior del tambor y retirados continuamente con agua de lavado; el volumen de agua de lavado es generalmente de 1-3% del agua tratada, la pérdida de carga debe ser mantenida < 15 cm y la tasa de filtración es controlada con la rotación del tambor; el ciclo completo de la filtración se refiere a una rotación que puede durar de 20 segundos a 2 minutos (Binnie *et al.*, 2002).

En su mayoría, las aplicaciones de los microstrainers han sido en el tratamiento de agua potable, en particular, para determinar la capacidad de reducción de sólidos en suspensión y algas presentes antes del tratamiento físico-químico cuando la fuente de captación es de sistemas lénticos; hasta el momento se han observado resultados satisfactorios; sin embargo, esta aplicación no ha sido suficientemente explorada y podría, no solo analizarse la reducción de parámetros de calidad del agua, sino que podrían estudiarse y evaluarse los beneficios en el rendimiento de los procesos físico-químicos convencionales en una planta de tratamiento de agua potable (coagulación, floculación, sedimentación, filtración, desinfección).

En lo que se refiere a las aplicaciones en tratamiento de aguas residuales (principalmente efluentes), se tienen solo algunos reportes en la literatura principalmente sobre reducción y/o cultivo de algas presentes en los efluentes de sistemas de tratamiento que emplean lagunas de estabilización.

Usar microstrainers en combinación con los procesos físico-químicos y biológicos presentes en tratamiento de aguas potables y residuales podría convertirse en una nueva alternativa para mejorar el rendimiento de estos procesos, además de poder cumplir con los valores estipulados por la normativa en cuanto a calidad del agua de los vertimientos en las fuentes receptoras.

En este artículo se presenta una revisión teórica sobre el desarrollo histórico de los microstrainers junto con las aplicaciones en tratamiento de agua reportadas en la literatura.

REVISIÓN DE LA LITERATURA

Esta tecnología fue desarrollada originalmente para tratamiento de agua potable y probada en tratamiento terciario (tratamiento de efluentes de aguas residuales) en la ciudad de Luton (Inglaterra) a finales de la década de 1940; la propuesta consistía en una malla de acero inoxidable con tamaños de abertura entre 25 y 65 μm sobre una superficie rotando en forma de tambor por donde el agua a tratar fluía en forma descendente; el material retenido dentro del tambor era retirado con agua limpia a alta presión (Peter & Hibberd, 1972). En lo que se refiere al uso en tratamiento terciario, el principal problema que se reportó fue el crecimiento de material biológico en la superficie de la malla ocasionando problemas de aumento de carga hidráulica; la solución propuesta consistió en colocar lámparas UV con las cuales se obtuvieron resultados satisfactorios (Truesdale & Birkbeck, 1967).

Investigaciones desarrolladas por Truesdale *et al.* (1964) permitieron observar que para concentra-

ciones de SS entre 25 - 120 mg/l la malla tejida retenía hasta un 90%, inclusive cuando el flujo de operación era el máximo. (Peter & Hibberd, 1972) determinaron que durante la operación era necesario limitar el flujo de operación para mantener la pérdida de carga menor a 15 cm.

Truesdale & Birkbeck (1967), igualmente, reportaron resultados conseguidos en sistemas a escala real, tratando efluentes nitrificados y de lodos activados; los resultados mostraron eficiencias de 62% en reducción de sólidos suspendidos. La eficiencia de los microtrainers depende de factores como la naturaleza del efluente a ser tratado, el material del tejido, la forma de lavado y la tasa de rotación del tambor (máxima 400m³/m².d) (Peter & Hibberd, 1972).

Una de las primeras aplicaciones en escala real reportadas en la literatura fue en India. Parabrahmam *et al.* (1968) propusieron utilizar microtrainers en tratamiento de agua para consumo humano que provenía del lago Ambazari (Nagpur-India); la planta piloto tenía una capacidad de 0.5 Mgal/d y se operaba 1 o 2 horas durante el día. Los parámetros de control propuestos fueron turbiedad, sólidos suspendidos y algas; también se determinó el índice de filtrabilidad (medida de la resistencia hidráulica). Durante la operación (1 año) se mantuvo la pérdida de carga sugerida por la literatura (< 15 cm); la tasa de rotación mínima del tambor fue 8.07 m/min y máxima de 9,75 m/min; la presión usada para el lavado se mantuvo en 1.55 kg/cm². Los valores de pH estuvieron entre 7.3 - 8.8, y alcalinidad entre 20 - 142 mg/l; se encontraron especies de algas como *Melosira*, *Fragilaria*, *Staurastrum*, *Tabellaria*, *Synedia*, *Cymbella*, *Navicula*, *Nitzschia*, *Asterionella*, *Pinnularia*, *Coelastrum*, *Suriella*, *Cycloella*, *Ceratium*, *Oocystis*, *Ankistrodesmus*, *Pediastrum*, *Pandorina*, *Eudorina*, *Trachelomonas*, *Spirogyra*, *Osci-*

llatoria, *Pleurotaenium*, *Eunotia*, *Peridinium*, *Eunotia*, *Chloroella*, *Scenedesmus*; especies como *Navicula*, *Nitzschia*, *Synedra*, *Fragilaria*, *Melosira* no fueron removidas satisfactoriamente; *Ceratium*, *Peridinium*, *Pandorina*, *Pediastrum* y *Ankistrodesmus* se redujeron totalmente, las demás especies se redujeron entre 75 y 94%. En razón a los valores de presión y velocidades de rotación en el tambor usadas se presentaron menores problemas de taponamiento en el tejido favoreciendo las condiciones originales del microtrainer. La reducción de turbiedad y sólidos suspendidos, aunque se observó, no fue significativa.

Cheung *et al.* (1980) propusieron combinar reactores biológicos tipo biodiscos con microtrainers para reemplazar la sedimentación, se alcanzaron eficiencias hasta de un 90% de remoción de sólidos suspendidos; se concluyó que el uso de microtrainers para tratamiento de efluentes secundarios resulta ser más benéfico que cuando se combina con el proceso de la sedimentación típico. La unidad probada consistió básicamente en un tambor giratorio cubierto de 1,17 m² con una malla de fibra de poliéster.

Mouchet (1986, 1998); revisa diferentes tecnologías para tratar agua con presencia de algas y microalgas, entre ellas microtrainers; concluye que no existe un tratamiento universal y que en general todos los sistemas propuestos dependen del tipo de alga o microalga que se quiera retirar o se quiera cultivar; encontró que la eficiencia de reducción varía entre 20 y 90% cuando se emplean microtrainers; así mismo, resalta la importancia de tratar el agua (efluentes de plantas de tratamiento de aguas residuales o fuentes de captación para tratamiento de agua potable) cuando hay problemas de eutrofización o para prevenir que esto suceda. En las tablas 1 y 2 se observan los resultados de esta revisión.

Tabla 1. Comparación entre las eficiencias en la reducción de algas usando diferentes tecnologías de tratamiento. (Tomado de Mouchet, 1986, 1998).

Tecnología	% Reducción	Reducción (Log)
Microstrainer	40-70	0,2-0,5
Microstrainer+filtración directa	90- 98	1-1,7
Sedimentación - Filtración		
Sin preoxidación	95 - 99	1.3-2
Después de precloración	99-99.9	2-3
Después de preozonización	97-99.8	1.5-2.7
DAF- Filtración		
Sin preoxidación	96-99	1.4-2
Después de precloración o preozonización.	99-99.9	2-3
Sedimentación o DAF, filtración lenta en arena O3 +GAC	99.9-99.999	3-4
Ultrafiltración o microfiltración	>99.9999	>6

Se observa el beneficio de combinar tecnologías cuando se esperan altas reducciones de algas. La elección de la tecnología debe realizarse tomando en cuenta principalmente el objetivo del tratamiento del efluente y la condición del cuerpo

receptor; no siempre se requiere utilizar las tecnologías que presentan las mayores reducciones dado que algunas veces estas resultan siendo las menos viables económicamente.

Tabla 2. Eficiencia de reducción de diferentes tipos de algas utilizando microstrainers (Tomado de Mouchet, 1986, 1998).

Organismo	Tipo	Porcentaje de reducción (%)
Diatomáceas (promedio de reducción entre 40 y 80%)		
<i>Cyclotella</i>	Unicelular	10-70
<i>Stephanodiscus</i>	Unicelular	10-60
<i>Melosira</i>	Filamentosa	80-90
<i>Synedra</i>	Unicelular	40-90
<i>Asterionella</i>	Colonial	75-100
<i>Fragilaria</i>	Filamentosa	85-100
Chlorophytas (promedio de reducción entre 50-60%)		
<i>Chlorella</i>	Unicelular	10-50
<i>Scenedesmus</i>	Cenobia	15-60
<i>Pediastrum</i>	Cenobia	80-95
Cyanophytas (promedio de reducción entre 45-75%)		
<i>Oscillatoria</i>	Filamentosa	40-50
<i>Anabaena</i>	Filamentosa	50-70

Se observa cómo las especies más pequeñas alcanzan solo un 10% de reducción; esto indica que a pesar de los microstrainers ser capaces de retener ciertos tipos de algas, es posible mejorar esta tecnología probablemente reduciendo el tamaño de la abertura de la malla.

Da Silveira (2003) utilizó microstrainers en combinación con filtración directa descendente para tratar aguas crudas para consumo humano de la laguna del Peri (Florianópolis-Brasil). El propósito principal de esta investigación consistió no solo en determinar la eficiencia de reducción de algas sino también en analizar el impacto sobre el rendimiento de los filtros. Fueron empleados dos sistemas de microstrainers (limpieza manual y autolimpiante) con aberturas de 25-50 μm cada uno en la captación; este efluente, posteriormente, era enviado para los filtros (descendentes de lecho doble) y posterior desinfección con cloro. Se observó que la carrera de filtración tuvo un incremento medio de 35%; sobre la reducción de algas, los mejores resultados se obtuvieron con en el sistema autolimpiante que presentó eficiencias de reducción entre 76 y 89% cuando se utilizaron mallas de 50 μm mientras que en el sistema de limpieza manual, con el mismo tamaño de abertura, se alcanzaron valores de 64%. En la investigación también se evidenciaron beneficios en cuanto a la disminución de la cantidad de químicos utilizados en los procesos siguientes.

La Organización Mundial de la Salud (OMS) durante el 2004 en un estudio denominado “*Water treatment and pathogen control: process efficiency in achieving safe drinking water*” determinó que usar microstrainers beneficia la remoción de algas y protozoarios (e.j. *Balantidium coli*); en el caso de bacterias y virus, aunque se observaron reducciones, no fueron significativas; generalmente remueven 40-70 % del contenido de algas y 5-20 % de turbiedad.

Otras aplicaciones en el uso de microstrainers en escala real para tratamiento de agua de consumo

son citadas en el resumen ejecutivo Drinking Water Surveillance Program (1996).

- Estación Belleville (Ontario-Canadá) con capacidad instalada de 54.600 m^3/d para una población aproximada de 36.800 hab., el tratamiento consiste en microstrainers + coagulación + floculación + sedimentación + sedimentación + desinfección.
- Estación Dunnville (Ontario-Canadá) que consta de dos fases, la primera en la captación donde se hace pretratamiento empleando microstrainers + desinfección, y la segunda donde el agua predesinfectada es tratada por los procesos convencionales (coagulación + floculación + sedimentación + desinfección). Parte del agua pretratada se envía para las industrias en Port Maitland (uso industrial); la capacidad instalada es 14.500 m^3/d para una población aproximada de 11.300 hab.

Los efluentes de lagunas de estabilización son una fuente importante de la presencia de algas en los cuerpos de agua; es conocido que tanto la materia orgánica medida en términos de DBO o DQO, sólidos suspendidos (SS) como indicadores de contaminación fecal (*E. Coli*) son degradados en estos sistemas satisfactoriamente, gracias a la acción conjunta entre bacterias y algas (Mendonça, 2000); sin embargo, concentraciones altas de SS (>100 mg/l) en el efluente, que en su mayoría se componen de algas, representan su mayor desventaja (Middlebrooks, 1995). Estos valores son inaceptables por las regulaciones ambientales (Muhammad *et al.*, 1998). La remoción de algas de los efluentes de las lagunas debe considerarse como una condición favorable para la operación y producción de efluentes de buena calidad.

Según Middlebrooks (1995) las tecnologías que han sido estudiadas para mejorar el efluente de las lagunas incluyen filtros intermitentes de arena, filtros de piedra, jacinto y lenteja de agua, aplicación directa al suelo, humedales artificiales, flotación por aire disuelto (DAF), autofloculación, centrifugación y microstrainers.

Debe resaltarse que el grado de tratamiento al cual determinada agua residual debe ser sometida dependerá del destino del efluente final y de la capacidad de este de autodepuración, junto con las exigencias de calidad para los usos específicos.

Otros reportes citan estudios realizados donde se propone construcción de obras hidráulicas de contención, recarga de acuíferos artificiales, uso de algicidas, aplicación de sulfato de cobre, permanganato de potasio, cloro gaseoso, ozono, peróxido de hidrógeno/UV: Mcknighth *et al.* (1983); Holden (1970); Palmer (1962); Fitzgerald (1966); Keijola *et al.* (1988); Rositano & Nicholson (1994); procesos de membranas (microfiltración, ultrafiltración) y ósmosis inversa: Chow *et al.* (1997); Neumann & Weckesser (1998).

Sobre el cultivo de algas usando microstrainers, la literatura reporta el estudio desarrollado por el U.S Department of Energy's office of fuels development, Benemman *et al.* (1998), durante las décadas de 1970 a 1990, quienes propusieron investigaciones relacionadas con la producción de biodiesel a partir del contenido de lípidos presentes en las algas; los resultados obtenidos mostraron que las especies con mayor potencial son: Chlorophyceae (alga verde) y Bacilliarophyceae.

La investigación de aspectos tales como recuperación masiva y técnicas para aislar las especies útiles aún no es definitiva; estudios recientes señalan que una opción interesante sería biocatálisis de algas tomando como fuente en particular aquellas presentes en los procesos de tratamiento de aguas residuales cuando se emplean lagunas de estabilización.

De acuerdo con la revisión realizada, es posible observar que existen en la actualidad más experiencias sobre el empleo de microstrainers en tratamiento de agua potable que en tratamiento de aguas residuales, en particular, en pulimento de efluentes; también es posible observar que existe mayor interés comercial que académico por implementar y desarrollar este tipo de sistemas.

Debe considerarse la opción de ampliar el estudio de esta tecnología; sus características operacionales y rendimiento, hasta el momento estudiado permiten deducir que bien manejada puede incluso reemplazar procesos convencionales de separación con beneficios importantes como reducción de áreas, bajo consumo de energía, reducción de costos en construcción, operación y mantenimiento, además de minimizar la producción de lodos y la posibilidad de reutilizar el material que se retiene.

CONCLUSIONES

Los microstrainers permiten alcanzar resultados satisfactorios de reducción de sólidos en suspensión y algunas especies de algas presentes en sistemas lénticos.

Reutilizar el material retenido en este tipo de tecnología, como lo propuesto por las investigaciones citadas, representa una opción sostenible de tratamiento de aguas residuales.

Microstrainers, en combinación con procesos físico-químicos y biológicos, podría representar una nueva alternativa para mejorar el rendimiento de las plantas de tratamiento, en particular, de aguas residuales.

BIBLIOGRAFÍA

- BENEMMAN, J., J. SHEEMAN, T. DUNAHAY & P. ROESSLER. 1998. A Look Back at the U.S Department of Energy's Aquatic Species. Program – Biodiesel from Algae U.S Department of Energy's Office of Fuels Development. 328p.
- BINNIE, C., M. KIMBER & G. SMETHURST. 2002. Basic Water Treatment. Thomas Telford. IWA.
- CHEUNG, P., K. KRAUTH & R. MANFRED. 1980. Investigation to Replace the Convencional Sedimentation Tank by a Microstrainer in the Rotating Disc Systems. *Water Research*. 14:67-75.
- CHOW, C., S. PANGLISCH, J. HOUSE, M. DRIKAS, M. BURCH & R. GIMBEL. 1997. A study of Membrane Filtration for Removal of Cyanobacterial Cells. *Aqua*. 46(6):324-334.
- DA SILVEIRA, A. 2003. Remoção de Algas da água da Lagoa do Peri através de filtração direta descendente com pré-filtração mecânica em micropeneiras. Dissertação. Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental. Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis.
- DRINKING WATER SURVEILLANCE PROGRAM.SUMMARY PROJECT. 1996-1997. Queen's Printer Ontario. pp. 11-39.
- FITZGERALD, G. 1966. Use of Potassium Permanganate for Control of Problem Algae. *J. AWWA*. 58(5):609 – 614.
- HOLDEN, W. 1970. The Control of Organisms Associated with Water supplies. *Water treatment and examination* . J. & A. Churchill.London, pp. 453 – 460.
- KEIJOLA, A., K. HIMBERG, A. ESALA, K. SIVONEN & L. HIISVIRITA. 1988. Removal of Cyanobacterial Toxins in Water Treatment Processes: Laboratory and Pilot-scale Experiments. *Toxicological Assesment*. 3: 643 – 656.
- MCKNIGHT, D., S. CHISHALM & D. HARLEMAN. 1983. CuSO_4 Treatment of Nuisance Algal Blooms in Drinking Water Reservoirs. *Environmental Management*. 7:311 – 320.
- MENDONÇA, S. 2000. Sistemas de Lagunas de Estabilización. McGrawHill. 370p.
- MIDDLEBROOKS, E. 1995. Upgrading Pond Effluents: An Overview. *Water Science Technology*. 31(12):353 – 368.
- MOUCHET, P. 1986. Algae Reactions to Mineral and Organic Micropollutants, Ecological consequences and possibilities for Industrial – Scale applications: A Review. *Water Research*. 20(4):399 – 412.
- MOUCHET, P. 1998. Solving algae: French expertise and World-wide applications. *J. Water SRT –Aqua*. 47(3):125-141.
- MUHAMMAD, A., G. ANDERSON & A. ALMASI. 1998. Treatment of Anoxic Pond Effluent Using Crossflow Microfiltration. *Water Research*. 32(12):3738 – 3746.
- NEUMANN, U. & J. WECKESSER. 1998. Elimination of Mycrocystin Peptide Toxins Form Water by Reverse Osmosis. *Environmental Toxicological Water Quality*. 13(2):143 – 148
- ORGANIZACIÓN MUNDIAL DE LA SALUD. 2004. Water treatment and pathogen control: process efficiency in achieving safe drinking water. IWA Publishing. London. UK. 136p
- PALMER, C. 1992. Control of Algae. *Algae in Water Supplies* . An Ilustraded Manual on the Identification, Significance, and Control of Algae. Water Supplies U.S Department of Health, Education and Welfore Public Health Services. Washington D.C p.63 – 66.

- PARABRAHMAM, M., S. LAKSHMINARAYANA & M. BOPARDIKAR. 1968. Application of Microstrainer to Water Treatment at Nagpur (India). *Water Research*. 1:225 - 231.
- PETER, C. & R. HIBBERD. 1972. The Use of Microstrainers and Sand Filters for Tertiary Treatment. *Water Research*. 6:465 - 474.
- ROSITANO, J. & B. NICHOLSON. 1994. Water Treatment Techniques for Removal of Cyanobacterial Toxins from Water. Australian Centre for Water Quality Research Salisbury, South Australia. 55p.
- TRUESDALE, G., A. BIRKBECK & SHAWD. 1964. A Critical Examination of Some Methods of Further Treatment of Effluents from Percolating Filters. *J. Proc. Inst. Sew. Purif.* 63:81-95.
- TRUESDALE, G. & A. BIRKBECK. 1967. Tertiary Treatment of Activated Sludge Effluents. *Water Pollution Control*. 67:483 - 492.
- WEIR GROUP Plc. 1993. Microstrainers Improve Water Quality. *Filtration & Separation*. 30(4):289.