

Tratamiento de aguas residuales de la industria cosmética en un reactor biológico de membranas

Mohedano A.F.^{1*}, Monsalvo V.M.¹, López J¹., Rodríguez J.J.¹.

Grupo red META: UAutonomaMadrid.

(*) angelf.mohedano@uam.es

1- Sección de Ingeniería Química. Universidad Autónoma de Madrid. Francisco Tomás y Valiente, 7, 28049, Madrid.

Resumen

El presente trabajo estudia el tratamiento del agua residual procedente de una industria cosmética en un biorreactor de membranas (MBR) a escala industrial que se alimenta de modo intermitente. El agua de partida se trató inicialmente mediante coagulación-floculación eliminándose una buena parte de la BOD₅, DQO, sólidos en suspensión, aceites y grasas. El MBR fue operado con un flujo medio de 12 L·m⁻²·h⁻¹ (LMH), alcanzando una presión transmembrana (PTM) de 272±97 mbar. La concentración de productos solubles microbianos se mantuvo estable en valores de 175±25 y 85±15 mg·L⁻¹ para proteínas y carbohidratos, respectivamente. La filtrabilidad del licor mezcla se mantuvo estable durante un largo periodo alcanzando valores de permeabilidad en el intervalo entre 24 y 63 LMH·bar⁻¹. La mayoría de los compuestos traza presentes en las aguas fueron completamente eliminados y sólo algunas fragancias fueron identificadas en el permeado.

Abstract

This work studies the treatment of the wastewater from a personal care products factory by a full-scale side-stream membrane bioreactor (MBR) intermittently fed. The wastewater was pre-treated by means of coagulation/flocculation treatment obtaining high removal efficiencies of BOD₅, COD, suspended solids, oils and grease. The MBR was operated at an average permeate flux of 12 L·m⁻²·h⁻¹ (LMH) working at a transmembrane pressure of 272±97 mbar. The soluble microbial products concentration remained fairly stable at 175±25 and 85±15 mg/L for proteins and carbohydrates, respectively. The filterability of the mixed liquor maintained unaltered in a long-term experiment, obtaining permeability values in the range of 24 y 63 LMH·bar⁻¹. Most of the trace organics detected in the wastewater were completely removed and just some fragrances were detected in the permeate at trace concentrations.

1. Introducción

Las aguas residuales de la industria cosmética se caracterizan por tener valores elevados de sólidos en suspensión, DQO, grasas, aceites y detergentes (Puyol et al. 2011). Aunque tradicionalmente este tipo de aguas han sido tratadas mediante coagulación-floculación, la cada vez más estricta normativa para el vertido de efluentes industriales hace necesario aplicar nuevas tecnologías para un tratamiento eficaz de este tipo de efluentes. En los últimos años se han ensayado diferentes tecnologías, tanto físicas (adsorción con carbón activo y ultrafiltración), químicas (procesos de oxidación avanzada) y biológicas. Los tratamientos biológicos ensayados incluyen sistemas anaerobios empleando reactores UASB (Puyol et al., 2011) y sistemas aerobios utilizando reactores SBR (Tobajas et al., 2014), habiéndose obtenido buenos rendimientos de eliminación de materia orgánica en ambos sistemas. El principal problema del empleo de la tecnología SBR es el lavado de la biomasa, cuando se produce la aparición de bacterias filamentosas, lo que disminuye la eficacia de los sistemas de tratamiento y la sedimentabilidad del lodo. Una posibilidad para solventar este problema es la introducción en el tratamiento biológico de sistemas de ultrafiltración, capaces de retener satisfactoriamente bacterias e incluso virus y reducir

casi por completo la presencia de sólidos en los efluentes lo que mejora la calidad de las aguas tratadas permitiendo su reutilización. En el presente trabajo se evalúa el tratamiento de las aguas residuales de una industria de fabricación de productos cosméticos en un reactor biológico de membranas (MBR) a escala industrial.

2. Resultados y discusión

El estudio se llevó a cabo en la planta de tratamiento de aguas residuales de una industria cosmética ubicada en Tres Cantos (Madrid). La instalación dispone de un tratamiento físico-químico constituido por unidades de coagulación, neutralización, floculación y separación del fango mediante flotación por aire a presión. El agua procedente del tratamiento primario pasa a un reactor biológico secuencial (SBR) de fangos activos que opera una concentración máxima de sólidos en suspensión totales (SSV) de $4500 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$. Debido a un significativo aumento de la capacidad de producción de la fábrica, con el consecuente aumento del volumen de agua a tratar, el sistema SBR debía soportar una elevada carga orgánica, lo que redujo sensiblemente la eficacia del mismo, comprometiendo de esta forma el cumplimiento de las normas de vertido. Además, aparecieron fenómenos de bulking filamentoso de forma que se alcanzaron valores de IVL hasta de $400 \text{ mL}\cdot\text{g}^{-1} \text{ SST}$. Para resolver el problema se planteó la modificación del sistema biológico mediante la implementación de un tanque biológico de membranas (25 m^3), transformando el SBR en un MBR, que permitió operar con una elevada concentración de biomasa ($8\text{-}10 \text{ g}\cdot\text{L}^{-1} \text{ SSV}$). La Figura 1 recoge el sistema biológico implementado en la planta de tratamiento.

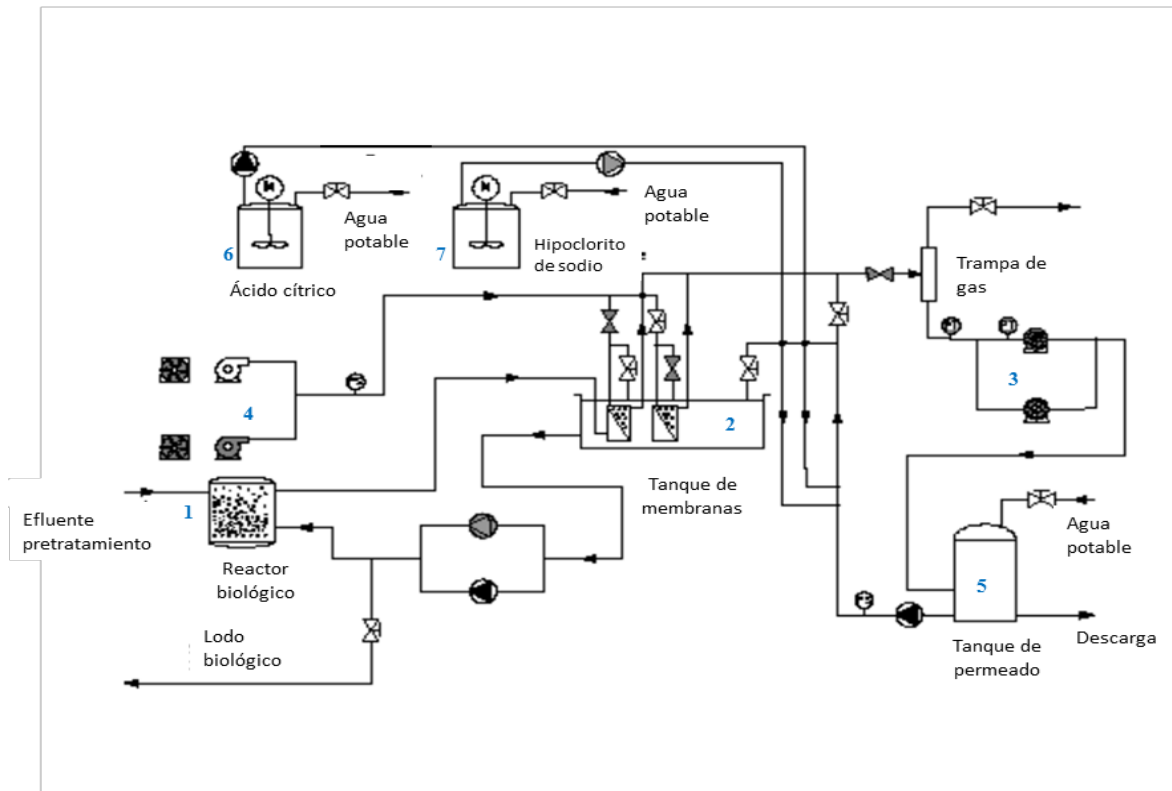


Figura 1. Esquema de la unidad de tratamiento biológico (MBR): reactor de fangos activos (1), tanque de membranas (2), bombas de línea de agua (3), soplantes (4), tanque de permeado (5) y tanques de ácido cítrico (6) e hipoclorito de sodio (7).

El biorreactor de membranas cuenta con dos módulos de membrana de fibra hueca de poliéster sulfona (PURON) con un tamaño de poro de 0,05 μm . La superficie total de membranas que se instalaron ascendían a 1000 m^2 , lo que permitía filtrar entre 70 y 360 m^3 al día. El MBR estaba provisto de difusores de aire justo por debajo de las membranas para mantener un caudal de aire que impidiera el ensuciamiento de la superficie de filtración y se alimentaba de forma intermitente, cada 8 h.

El MBR se operó con un flujo de filtración estable de 12 $\text{L}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{h}^{-1}$ (LMH), pudiéndose mantener un valor estable presión transmembrana (PTM) de 272 ± 97 mbar (Figura 2a). Durante la filtración los difusores de aire alternaban la aeración entre los 2 módulos cada 60 s. El aire aportado en los MBR resultó suficiente para mantener una demanda específica de aire (DEA) media de 0,2 $\text{Nm}^3\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{h}^{-1}$, lo que equivale a 23 $\text{Nm}^3\cdot\text{m}^{-3}$ de permeado. Para mantener la PTM estable se llevó a cabo un retrolavado de las membranas cada 5 min, bombeando el permeado desde los tanques hasta las membranas con un flujo de 30 LMH, durante 30 s. Una vez cumplidos los 2 ciclos de retrolavado se activaba una fase de aeración sin filtración durante 30 s, para intensificar la limpieza. El mantenimiento de las membranas se completaba con una limpieza química que consistía en un retrolavado con permeado, hipoclorito de sodio ($1\text{ g}\cdot\text{L}^{-1}$) y ácido cítrico ($2\text{ g}\cdot\text{L}^{-1}$). La eliminación del aire acumulado en la parte superior de los módulos disminuyendo la superficie de filtración, se llevaba a cabo cada 6 h mediante la succión a alto flujo durante 120 s. Las condiciones de operación del MBR se recogen en la Tabla 1.

Tabla 1. Parámetros de operación del MBR.

Parámetro	Valores
Flujo filtración	12 LMH
Tiempo filtración	300 – 360 s
Flujo retrolavado	30 LMH
Tiempo retrolavado	20 – 30 s
Flujo ventilación	6 LMH
Tiempo ventilación	20 – 30 s
Frecuencia ventilación	20 ciclos
Flujo desaeración	25 – 30 $\text{m}^3\cdot\text{h}^{-1}$
Tiempo desaeración	120 s
Frecuencia desaeración	4 – 6 h
Frecuencia limpieza química	1 por semana

Después de un año de tratamiento, el tamaño de los flóculos disminuyó hasta los 26 μm de media (Figura 2b) y se encontró una elevada proporción de bacterias de vida libre. Los rendimientos de eliminación de materia orgánica, grasas y aceites, una vez que la biomasa se adaptó a las nuevas condiciones, se mejoraron sensiblemente respecto al sistema anteriormente utilizado (Tabla 2). Además, la calidad del agua tratada permitió el cumplimiento del R.D. 1620/2007 para SST, turbidez, *E.coli* y *Legionella sp.*

Los costes de la planta de tratamiento se calcularon suponiendo una vida útil de 5 años para las membranas, un flujo de filtración de 200 m^3 por día y 240 días al año de operación, obteniéndose un valor de 3,1 $\text{€}\cdot\text{m}^{-3}$ de agua tratada, correspondiendo 1,07 $\text{€}\cdot\text{m}^{-3}$ al pretratamiento y 1,19 $\text{€}\cdot\text{m}^{-3}$ al sistema MBR. En el caso de este en agentes

químicos, energía y gestión de lodos de 0,87, 0,32 y 0,84 €·m³ de agua tratada, respectivamente.

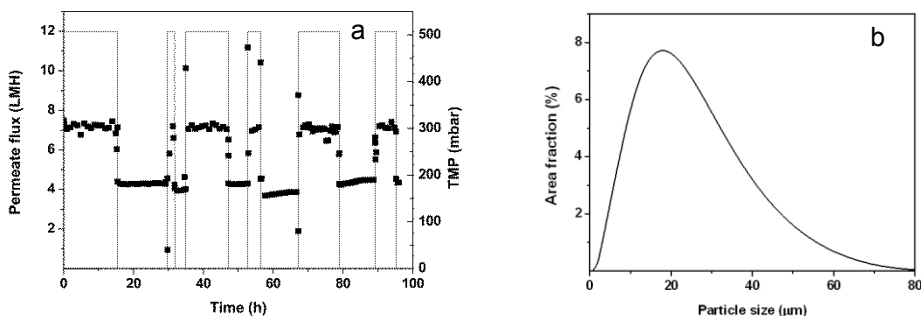


Figura 2. Flujo de permeado y presión transmembrana durante 100 h de operación del MBR (a) y distribución de diámetro de flóculos en el MBR al final de la puesta en marcha (b).

Tabla 2. Valores medios de distintos parámetros en las aguas de entrada del sistema biológico y del permeado.

Parámetro	Influente MBR	Permeado MBR
DBO ₅ (mg·L ⁻¹)	1100±200	13±5
DQO (mg·L ⁻¹)	5200±750	98±25
Aceites y grasas (mg·L ⁻¹)	234±86	10±5
SST (mg·L ⁻¹)	1300±300	4±3

3. Conclusiones

La implantación de un MBR en sustitución de un SBR ha aportado mejoras significativas en el tratamiento de aguas residuales de la industria cosmética. El sistema implementado ha permitido obtener valores de la PTM y permeabilidad del licor mezcla estables, debido a la aplicación de un adecuado protocolo de filtración y limpieza. La biomasa procedente del antiguo tanque SBR se ha aclimatado rápidamente a las nuevas condiciones de operación. El sistema ha mejorado el rendimiento de eliminación de materia orgánica y la casi total retención de SST. El efluente obtenido cumple la normativa de reutilización del agua con unos costes que justifican la implantación del nuevo sistema.

4. Agradecimientos

Los autores desean agradecer la financiación recibida a través del proyecto REMTAVARES financiado por la Comunidad de Madrid (S-2009/AMB-1588).

5. Bibliografía

Puyol, D., V. M. Monsalvo, et al. (2011). "Cosmetic wastewater treatment by upflow anaerobic sludge blanket reactor." *Journal of Hazardous Materials* 185(2–3): 1059-1065.

Tobajas, M., P. A.M., et al. "Analysis of the operating conditions in the treatment of cosmetic wastewater by sequencing batch reactors." *Environ. Eng. Manage. J.*: in press.