



Universidad
Católica del Norte

N° 3
2020

Programa de Mejoramiento
Institucional en Recursos Hídricos

BOLETÍN VIGILANCIA TECNOLÓGICA

**INNOVACION EN EL CONTROL DE BIOFOULING EN DESALACION
POR OSMOSIS INVERSA**



Dirección de Innovación y
Transferencia Tecnológica

Vigilancia Tecnológica ¿Qué es?



La vigilancia tecnológica (VT) es una de las herramientas de los sistemas de Investigación, Desarrollo Tecnológico e Innovación (I+D+i), esta herramienta de manera sistemática detecta, analiza, difunde, comunica y explota las informaciones técnicas útiles para la organización, su propósito es alertar sobre las innovaciones científicas y técnicas susceptibles de crear oportunidades y amenazas para la misma. (UNE 166006 EX, 2006).

A nivel mundial la VT es una herramienta muy utilizada por organizaciones independientes, privadas y/o estatales que dentro de su funcionamiento tengan integrado un sistema de gestión I+D+i y/o realicen proyectos de I+D+i.

Programa de Mejoramiento Institucional en Recursos Hídricos UCN 1795

El Programa de Mejoramiento Institucional PMI en Recursos Hídricos 1795 busca dar continuidad y sustentabilidad en el tiempo a los Programas priorizados por el PMI UCN1302, consolidando competencias y capacidades en torno a un recurso estratégico, como lo es el recurso hídrico en la Región de Antofagasta.

La propuesta de trabajo se orienta a fortalecer la articulación académica y la vinculación con el medio, trabajando articuladamente con la industria y los servicios públicos, con la finalidad de fortalecer las líneas de investigación en recursos hídricos, a través del desarrollo de I+D+i y la formación de cursos de capacitación y postgrado.

Índice de Contenidos

- Introducción.....4
- Publicaciones Científicas.....7
- Patentes.....10
- Patentes en Chile.....15
- Referencias.....16

El biofouling un gran problema en la desalación por membrana

El 72% de la superficie de Chile sufre de sequía en algún grado. 126 de las 346 comunas del país han sido declaradas con escases hídrica y seis regiones donde se concentra el 80 % de la población enfrentan una crisis hídrica sin precedentes. Este fenómeno nos obliga a buscar nuevas fuentes de agua. La desalinización basada en membranas representaba poco menos de 2.5 millones de m³/día de capacidad anual, dominando las técnicas de desalinización basadas en membranas. Los avances en la eficiencia de los procesos de osmosis inversa resultan en un mayor flujo de agua desalada y membranas de mayor selectividad que requieren menos energía para la desalinización, más el uso de dispositivos de recuperación de energía, han permitido que la osmosis inversa se presente como una opción factible cuando la necesidad de agua es cada vez más urgente.

El biofouling, bioensuciamiento o bioincrustación es uno de los problemas operacionales más importantes en los sistemas de osmosis inversa, provoca graves pérdidas en el rendimiento de las membranas y requiere procedimientos de limpieza costosos para controlar el problema. El biofouling es generado por microorganismos, presentes en el agua de alimentación que se adhieren a la superficie, producen biopelículas compuestas por sustancias poliméricas extracelulares (EPS) que protegen a las células microbianas de biocidas, las altas presiones de trabajos y posibles depredadores, con esto logran colonizar grandes extensiones de la superficie de la membrana.

Son varias las consecuencias que puede generar el biofouling en los sistemas de osmosis inversa: a) Disminución del flujo de membrana: esto se debe a la formación de una película de baja permeabilidad en la superficie de la membrana. B) Biodegradación de la membrana: los microorganismos producen ácidos que dañan la membrana. C) Aumento del paso de sales: los iones acumulados de sales disueltas en la superficie de la membrana aumentan la polarización por concentración e inhiben el transporte por convección. D) Aumento de la presión diferencial y la presión de alimentación: Esto se debe a la resistencia de la biopelícula. E) Mayores requisitos de energía: los requisitos de alta presión se deben a una mayor presión de alimentación, pérdidas de energía por fricción y resistencia al arrastre al flujo tangencial sobre la membrana. F) Limpieza química frecuente: impone una gran carga económica en la operación de la planta desaladora de osmosis inversa, hasta un 30 %.

El biofouling es difícil de prevenir y controlar. Las medidas que actualmente se realizan para el control del biofouling es en primera instancia la prevención acompañada de la inspección y monitoreo para finalmente, cuando el problema ya está presente, es la remediación del biofouling.

Innovaciones en el control del biofouling

La prevención se enfoca en disminuir partículas coloidales (mediante pretratamiento), la cantidad de material biológico y la materia orgánica del agua, los cuales promueven el desarrollo microbiano y la formación de biopelículas en la superficie de la membrana. Para ello existen dos técnicas de pretratamiento diferentes que son la desinfección y el ajuste del pH. La cloración y la ozonización son algunos desinfectantes químicos, mientras que los rayos UV, la filtración de arena, el tratamiento eléctrico y la técnica de ultrasonido son agentes de desinfección física. El problema con la cloración es que las bacterias sobrevivientes utilizarán metabisulfito de sodio para la nutrición después de la dechloración y, por lo tanto, no es una opción ideal para prevenir la bioincrustación. La cloración de dosificación intermitente o de choque es una excelente alternativa a las plantas que operan sin cloro (Maddha y Chogle, 2017). La dosificación de choque también se realiza utilizando bisulfito de sodio (NaHSO_3) con tasas de muerte de hasta el 99% para la microflora de agua de mar.

Otra alternativa que se ha investigado fuertemente es la modificación de la superficie de la membrana, esto permite controlar el biofouling mediante dos mecanismos posibles; i) retrasando la adhesión de los microorganismos e ii) inhibiendo el crecimiento de las colonias microbianas con una estrategia bactericida, eliminando la necesidad del uso de biocidas. Las membranas de osmosis inversa orgánicas/inorgánicas híbridas son prometedoras en el tratamiento de la bioincrustación. Los compuestos inorgánicos depositados como el dióxido de titanio fotocatalítico (TiO_2), SiO_2 , zeolita y las nanopartículas de plata son excelentes para reducir las poblaciones de microorganismos (Maddha y Chogle, 2017).

La última opción para manejar la bioincrustación una vez que ya se ha producido es la limpieza de membranas, que contribuye al 5–20% del costo operativo. La limpieza de membrana implica limpieza física, lavado a contracorriente, limpieza química, eliminación de películas orgánicas, limos e incrustaciones biológicas. Finalmente, se está investigando la limpieza preventiva para minimizar o eliminar la bioincrustación antes de que disminuya el rendimiento del sistema.

Otro enfoque distinto es la investigación sobre los microorganismos que generan esta problemática. El conocimiento sobre la composición de la comunidad microbiana y los vínculos con las condiciones operativas es crucial para comprender la formación de biopelículas y desarrollar una estrategia adecuada de gestión de ensuciamiento (Sanchez, 2018).

El control/prevención de bioincrustaciones sigue siendo el desafío más difícil que enfrentan las operaciones de desalinización por membranas, a pesar de los avances en el rendimiento de la membrana en los últimos 45 años. Muchas tecnologías y estrategias de control de bioincrustaciones de membrana se han desarrollado con el tiempo y se están empleando nuevos enfoques para superar las deficiencias de los métodos actuales.

Se analizaron las publicaciones científicas sobre Innovación en el control de biofouling en la

desalación por osmosis inversa, mediante la base de datos y herramientas de análisis de Scopus de Elsevier. Para el periodo entre los años 2016 y 2019, se encontraron 108 resultados, principalmente, en los campos de Ciencias Ambientales (22,2 %), Química (17,5 %) e ingeniería química (16,4 %). En el periodo analizado, se observa un marcado interés en el estudio de este tema, lo que se ve reflejo en la curva ascendente de la Figura 1.

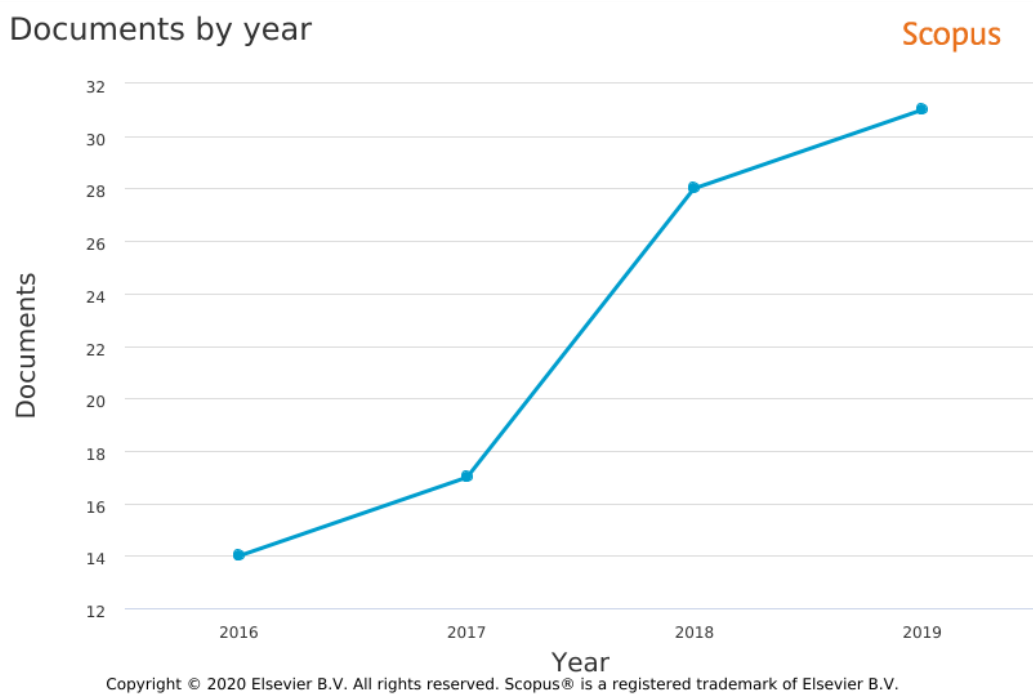


Figura 1. Análisis de publicaciones científicas por año sobre la innovación en el control de biofouling en la desalación por osmosis inversa.

A continuación, este boletín entrega información seleccionada de los últimos 4 años de publicaciones científicas y patentes relacionadas con la innovación en el control de biofouling en la desalación por osmosis inversa.

Inmovilización de la superficie de clorhexidina en una membrana de ósmosis inversa para el control de bioincrustaciones. (Publicado 2019)

La bioincrustación en una membrana compuesta de película delgada (TFC) es uno de los obstáculos más graves durante la operación de los procesos de ósmosis inversa. En este estudio, la clorhexidina (CH) se inmovilizó como un nuevo químico no oxidante en una superficie de membrana RO con glutaraldehído (GA) como agente de reticulación. El análisis de la superficie de la membrana mostró que la clorhexidina se inmovilizó con éxito con una técnica de capa por capa molecular vista por el aumento de los picos de Cloro y metileno del XPS y FT-IR, respectivamente. A partir de las pruebas de crecimiento de biopelículas estáticas que utilizan células de flujo por goteo, las membranas inmovilizadas de la clorhexidina mostraron un alto potencial antibacteriano, y la membrana con la clorhexidina de dos capas (CHBL) mostró una mejor capacidad anti-bioincrustación que la de clorhexidina mono-capas (CHML) membrana debido a la cobertura completa de clorhexidina en la superficie de la membrana de osmosis inversa. El retraso de la formación de biopelículas y la mayor eficiencia de limpieza física de las membranas CHML y CHBL se introdujeron mediante la inactivación directa de las bacterias unidas, así como una disminución de la secreción de materiales de construcción de biopelículas, como las sustancias poliméricas extracelulares (EPS).

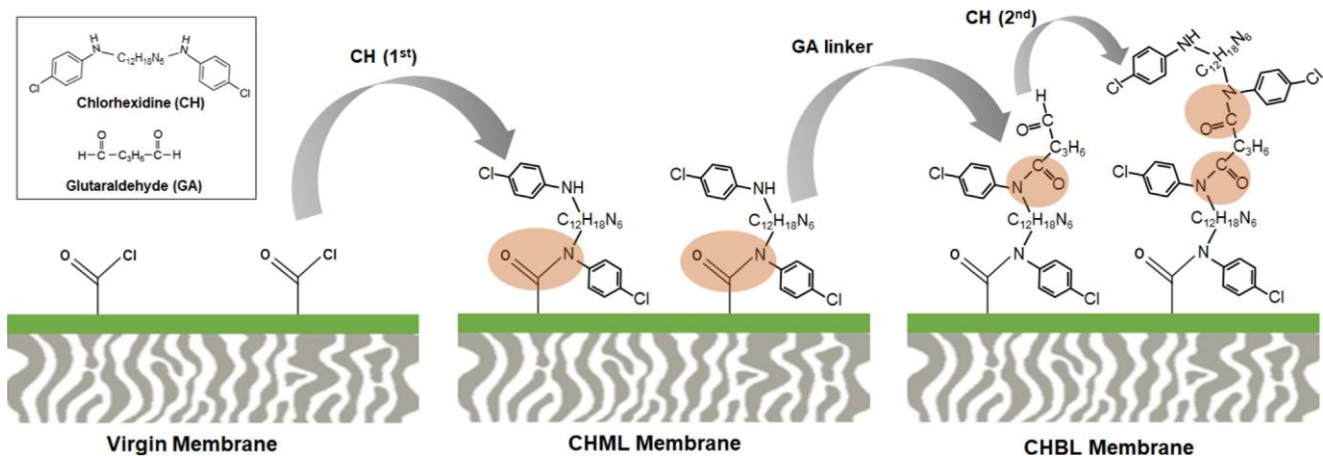


Figura 2: Diagrama de la reacción que ocurren en la superficie de la membrana para el retardo del biofouling

Leer artículo [completo](#).

Control de bioincrustación mediante pretratamiento con UV/H₂O₂ para el proceso de ósmosis inversa en agua salobre. (Publicado 2018)

La aplicación UV con H₂O₂ es un proceso de oxidación avanzada (AOP) bien conocido para la degradación de compuestos orgánicos traza. Sin embargo, el proceso UV/H₂O₂ apenas se ha documentado como un método de desinfección para aplicaciones salobres o de agua de mar o particularmente como una herramienta potencial de control de bioincrustación de ósmosis inversa (RO) en diversos escenarios de tratamiento. El objetivo de este trabajo es evaluar el potencial de presión media (MP) -UV/H₂O₂ como un paso de pretratamiento para controlar la bioincrustación de RO de agua salobre (BWRO) causada por microorganismos indígenas. El pretratamiento con UV/H₂O₂ redujo significativamente los recuentos de heterótrofos totales. En consecuencia, la cantidad de células de biopelícula y sustancias poliméricas extracelulares (EPS) después del pretratamiento con UV/H₂O₂ fue significativamente menor que la obtenida después del control y los pasos singulares de pretratamiento con UV. Esto se atribuye al efecto aditivo o sinérgico de la luz MP UV, los radicales H₂O₂ y \cdot OH. Por lo tanto, UV/H₂O₂ tiene un alto potencial como herramienta de control de bioincrustación en los sistemas de desalinización de agua salobre. Las concentraciones más altas de H₂O₂ pueden lograr un mejor control de la bioincrustación debido a una mayor formación de radicales y un mayor efecto residual de H₂O₂.

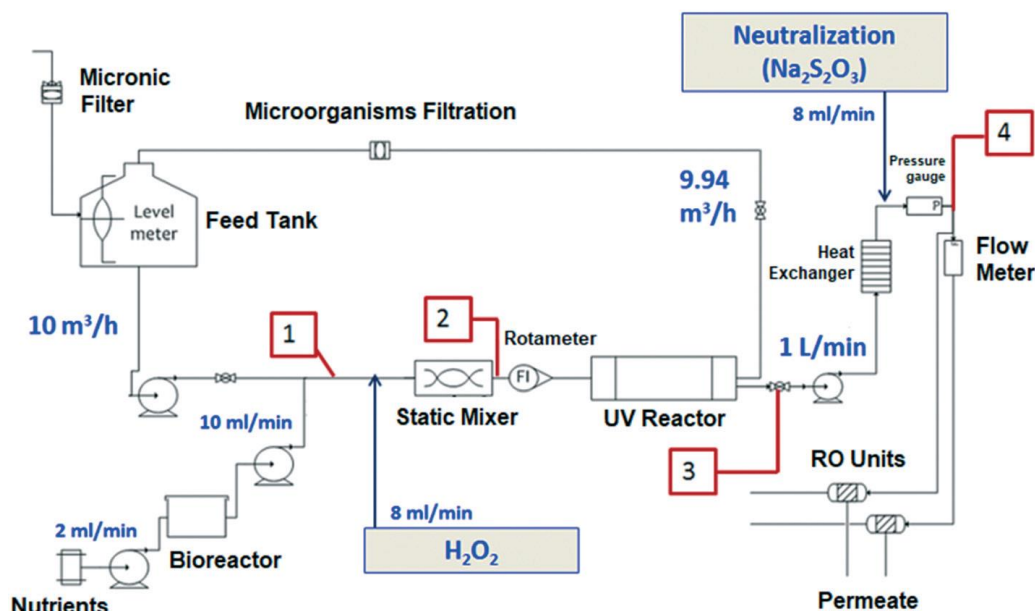


Figura 3. Esquema de la planta piloto

Leer artículo [completo](#).

Nuevos conocimientos sobre el papel de PQS (Pseudomonas Quinolona Signal) en el control de la bioincrustación de membrana de ósmosis inversa. (Publicado 2018)

Se utilizaron concentraciones de “Pseudomonas Quinolona Signal” (PQS) (2-heptil-3-hidroxi-4-quinolona) y un análogo de antranilato (antranilato de metilo) como activador e inhibidor de la vía PQS, respectivamente. Los resultados de rendimiento de la membrana mostraron que la adición de PQS exógenos causó disminuciones severas en el flujo de permeado y el rechazo de sal y un aumento en el ensuciamiento irreversible de la membrana. Por el contrario, la presencia de antranilato de metilo mitigó las disminuciones en el flujo de permeado y el rechazo de sal por bioincrustación y redujo significativamente la resistencia total a la suciedad y, por lo tanto, acortó los períodos de limpieza de la membrana. La caracterización de la biopelícula demostró que PQS agravó la bioincrustación de la membrana al promover la unión bacteriana inicial, aumentar los niveles de sustancias poliméricas extracelulares (EPS), carbono orgánico total (TOC) y ADN extracelular, y cambiar la estructura de la biopelícula madura de una forma de hongo a una forma plana más densa. En contraste, la adición de antranilato de metilo aumentó la adsorción de proteínas durante la etapa inicial de bioincrustación a través de interacciones electrostáticas, pero inhibió significativamente el crecimiento de biopelículas al reducir los niveles de EPS y TOC, así como el número total de células en la biopelícula. Estos resultados proporcionan evidencia de que la vía PQS desempeña un papel importante en la formación de biopelículas y un análogo de antranilato, el antranilato de metilo, podría ser un agente novedoso para controlar la bioincrustación de membrana de osmosis inversa. Por lo tanto, la ruta sintética PQS y los precursores de las señales de detección de quórum pueden proporcionar objetivos viables para el control de la bioincrustación en aplicaciones prácticas de membranas de RO.

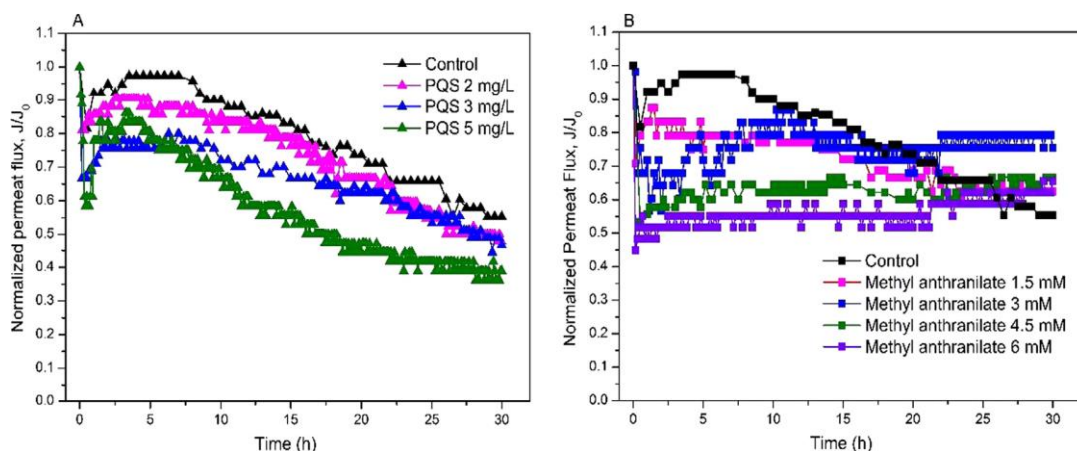


Figura 3. Cambios en el flujo de permeado normalizado durante la bioincrustación en presencia de diversas concentraciones de (A) PQS y (B) metil antranilato.

Leer artículo [completo](#).

Patentes

La búsqueda de patentes sobre innovación en el control de biofouling en la desalación por osmosis inversa se ha realizado mediante la base de datos de la plataforma [Lens.org](https://lens.org), la cual abarca patentes de EEUU, Europa y Australia, entre otros. Se consideró las patentes otorgadas desde el año 2016 hasta 2019.

Patentes sobre innovación en el control de biofouling en la desalación por osmosis inversa.

Los resultados obtenidos muestran que los solicitantes con mayor interés en el tema son EEUU con 396 patentes, le sigue Australia con 69 y Europa (Oficina Europea de Patentes) con 58 (Figura 4).

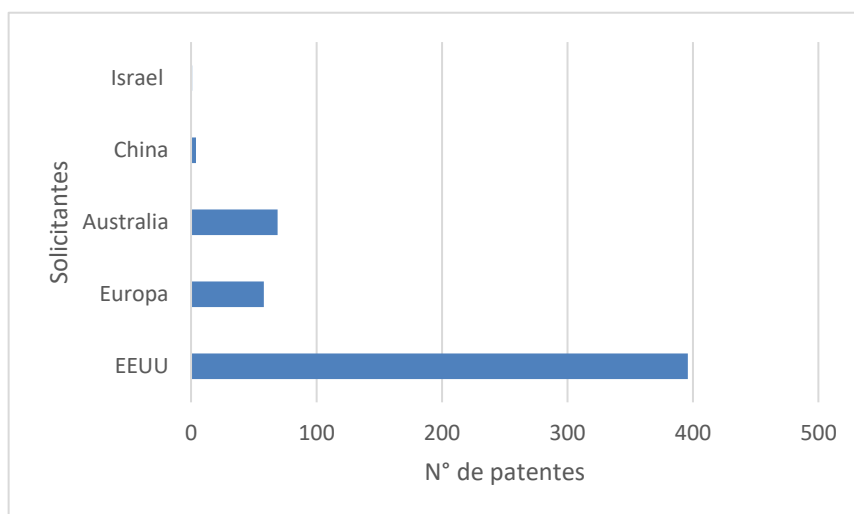


Figura 4. Solicitantes y número de patentes otorgadas (2016-2019)

Patentes

La Figura 5 muestra un creciente interés en patentar innovaciones en el control del biofouling, esto se refleja en el otorgamiento de patentes, que en el año 2018 llegó a su nivel más alto, otorgándose 179 patentes, para luego ir descendiendo sin llegar a valores muy bajos en el 2019. El año de menor otorgamiento de patente se registró el 2016 con 150 patentes.

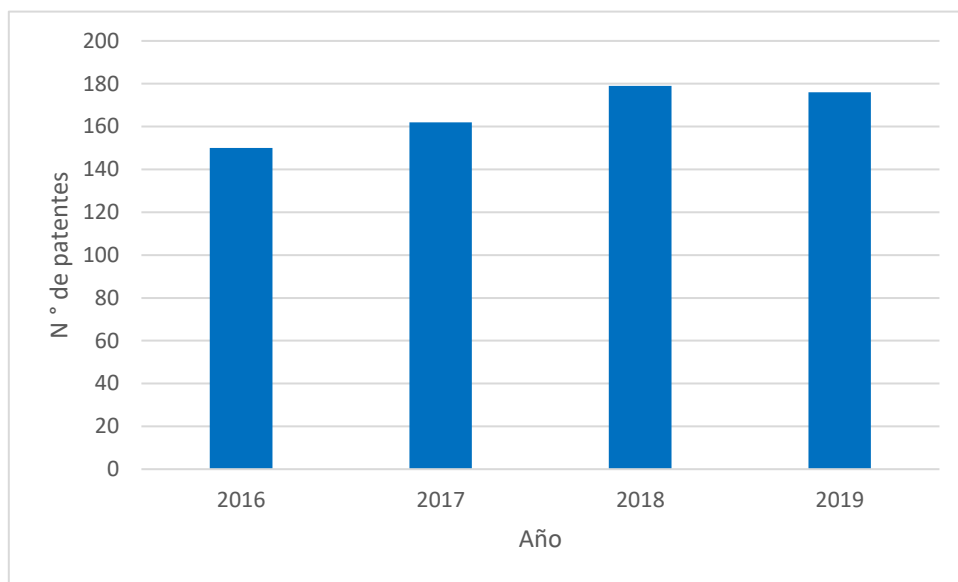


Figura 5. Distribución de patentes por años

Composición y método para la inhibición de la bioincrustación del dispositivo de separación de membrana.

Ecolab USA INC. (22 de septiembre de 2016)

N° de solicitud/publicación de patente: US 2016/0271565 A1

Esta descripción se refiere a una combinación para inhibir o eliminar la bioincrustación y un método para inhibir el crecimiento de la bioincrustación o eliminar la bioincrustación. Esta descripción también se refiere a una combinación que incluye oxidantes de tipo halógeno, compuestos que contienen azufre y sales de amonio y/o urea. También se describen métodos para inhibir el crecimiento de bioincrustación en un dispositivo de separación de membrana de ósmosis inversa o dispositivo de separación de membrana de nanofiltración o eliminar la bioincrustación en un dispositivo de separación de membrana de ósmosis inversa o dispositivo de separación de membrana de nanofiltración.

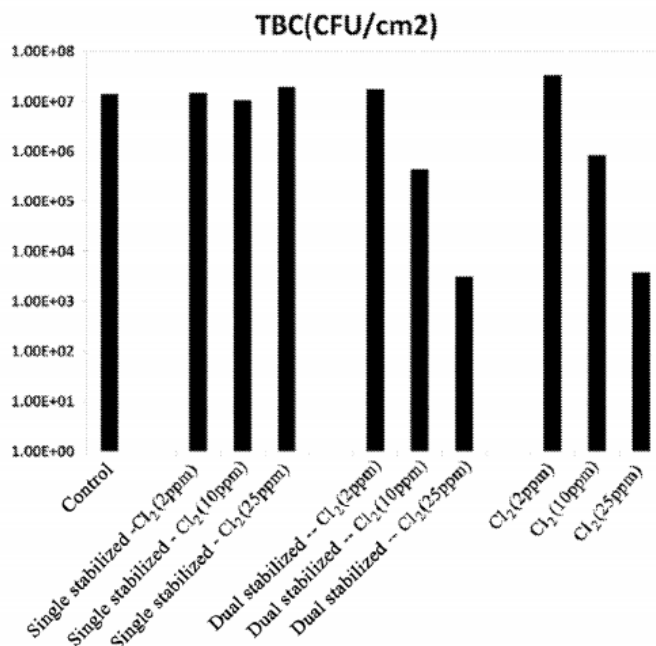


Figura 5. Resultados del método patentado en la generación de biofouling

Patentes

Materiales y métodos para reducir la bioincrustación en sistemas de membrana de tratamiento de agua.

Clemson University (17 de julio de 2018)

N° de solicitud/publicación de patente: US 10023481 B2

Se describen métodos y sistemas para prevenir la bioincrustación de membranas utilizadas en procesos de tratamiento de agua (es decir, membranas de tratamiento de agua). Los métodos incluyen la excitación de rayos X de materiales luminiscentes capaces de emitir en el rango violeta a UV (por ejemplo, de aproximadamente 180 nm a aproximadamente 440 nm). Los rayos X se dirigen a los módulos de tratamiento de agua para contactar los materiales luminiscentes dentro de los módulos y excitar la violeta/UV interna para evitar la bioincrustación de las membranas. Los métodos se pueden utilizar junto con el equipo de procesamiento existente y pueden evitar la bioincrustación de membranas de tratamiento de agua en procesos de tratamiento de alto volumen de una manera ecológica.

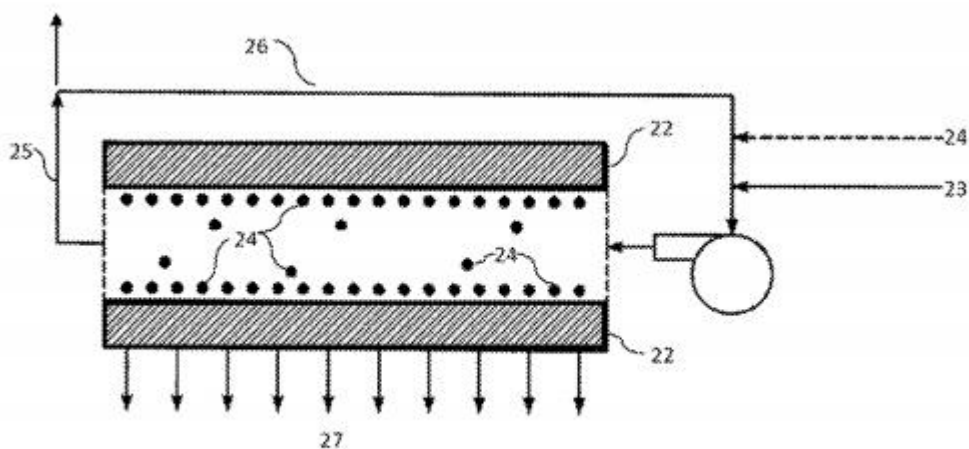


Figura 6. Esquema del sistema patentado

Leer documento [completo](#).

Patentes

Recubrimientos coloidales antimicrobianos y anti-bioincrustantes para superficies.

University of Hong Kong Science & Technology (04 de enero de 2018)

N° de solicitud/publicación de patente: WO 2018/001359 A1

Métodos y formulaciones para revestimiento antimicrobiano y anti-bioincrustación que comprende: una estructura coloidal redonda hueca, que comprende: una cubierta de polímero activo; y un núcleo activo o inerte; en donde la cubierta de polímero activo comprende uno y más polímeros con actividades antimicrobianas y antiincrustantes seleccionadas del grupo que consiste en polietilenimina (PEI), quitosano funcionalizado (CHI), poli(quaternium), poli (cloruro de dialildimetilamonio) (PDDA) y polihexametilen biguanida (PHMD); en donde el núcleo activo o inerte contiene uno y más desinfectantes, biocidas, fragancias o solventes inertes; y en el que la estructura coloidal redonda hueca es estable durante al menos 3 meses.

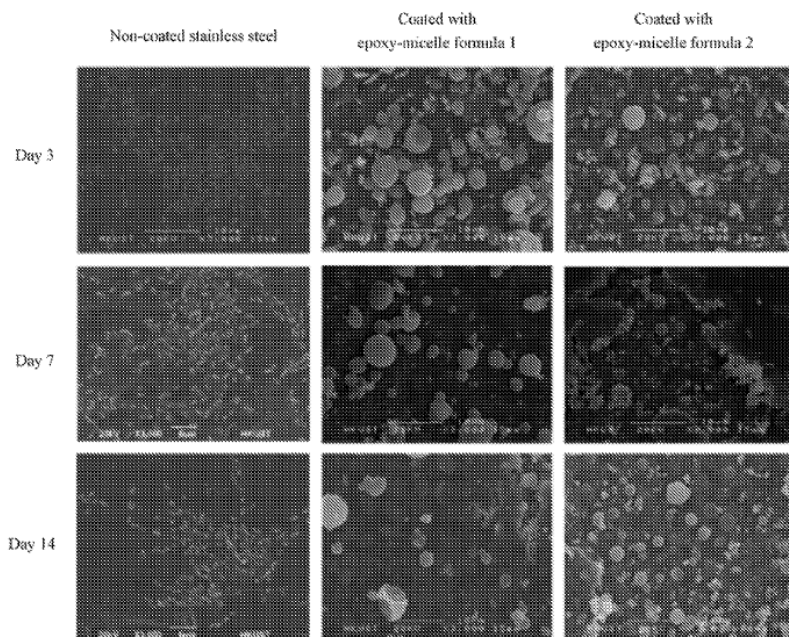


Figura 6. Imágenes Sem de una superficie recubierta con polímeros antibiofouling

Leer documento [completo](#)

Patentes en Chile

En el buscador de patentes del sitio web del Instituto Nacional de Propiedad Industrial INAPI (www.inapi.cl), se encontraron solo 3 patentes sobre el control del biofouling en proceso de osmosis inversa. A continuación, se presenta un ejemplo.

Título de Patente: Método y sistema para el proceso de limpieza de membranas

N° de solicitud: 201202940

Fecha de solicitud: 19 de octubre de 2012

Solicitante: ABB Research Ltd

Método y sistema para manejar proceso de limpieza de membranas de osmosis inversa en una planta de desalación o reutilización de agua, que comprende estimar estado de suciedad de la membrana; y determinar valor necesario de tiempo y concentración de químicos para limpieza con base en el estado de suciedad.

Referencias

Maddah Hisham and Chogle Aman. 2017. Biofouling in reverse osmosis: phenomena, monitoring, controlling and remediation. *Applied Water Science*, 7:2637–2651, DOI 10.1007/s13201-016-0493-1.

Olga Sanchez. 2017. Microbial diversity in biofilms from reverse osmosis membranes: A short review. *Journal of Membrane Science*, 240–249.



Programa de Mejoramiento Institucional en Recursos Hídricos

Universidad Católica del Norte

Pabellón E2 / Av. Angamos 0610, Casilla 1280, Antofagasta

Fono:

(55) 2651740 / (55) 2355044

E-Mail:

ceitsaza@ucn.cl

Página Web:

www.ceitsaza.cl

Proyecto de Consolidación de Oficinas de Transferencia y Licenciamiento

Dirección de Innovación y Transferencia Tecnológica

Universidad Católica del Norte

E-Mail:

Innovacion.vridt@ucn.cl

Página Web:

ditt.ucn.cl



Dirección de Innovación y Transferencia Tecnológica