



eco-friendly ceramic
**MEMBRANE
 BIOREACTOR** MBR
 based
 on **RECYCLED**
 agricultural and industrial
 wastes for waste water reuse

Desarrollo de un MBR a partir de subproductos cerámicos y residuos agroindustriales. Proyecto Remeb

Elena Zuriaga Agustí técnica del Área de I+D+i de la Sociedad Fomento Agrícola Castellonenes (Facs) y coordinadora técnica del proyecto Remeb

José Guillermo Berlanga Clavijo director del Área de I+D+i de la Sociedad Fomento Agrícola Castellonenes (Facs)

Ignacio Pastor Carbonell coordinador de EDAR en la Región de Murcia y Alicante de la Sociedad Fomento Agrícola Castellonenes (Facs)

M. Magdalena Lorente-Ayza personal investigador del Departamento de Ingeniería Química del Instituto Universitario de Tecnología Cerámica (ITC)

Sergio Mestre Beltrán profesor del Departamento de Ingeniería Química del Instituto Universitario de Tecnología Cerámica (ITC)

Enrique Sánchez Vilches catedrático del Departamento de Ingeniería Química del Instituto Universitario de Tecnología Cerámica (ITC)

Inmaculada Solís Andrés responsable del Laboratorio de Microbiología de Investigación y Proyectos Medio Ambiente (Iproma)

Javier Bausá Escudero responsable del Laboratorio Físico-químico de Investigación y Proyectos Medio Ambiente (Iproma)

Manuel Abellán Soler responsable de Explotación Zona II de la Entidad de Saneamiento de la Región de Murcia (Esamur)

Carlos Lardín Mifsut responsable de Explotación Zona I de la Entidad de Saneamiento de la Región de Murcia (Esamur)

Pedro Simón Andreu responsable del Área Técnica de la Entidad de Saneamiento de la Región de Murcia (Esamur)

Los biorreactores de membrana (MBR), dado sus elevados costes de operación y mantenimiento, solo se utilizan en el tratamiento de las aguas residuales cuando la legislación demanda niveles de calidad en el efluente que no se pueden alcanzar con tecnologías convencionales. En este sentido, el proyecto Remeb desarrollará un MBR con membranas cerámicas, ecológico y competitivo para estaciones depuradoras de aguas residuales (EDAR) urbanas e industriales a partir de materias primas y subproductos cerámicos y residuos agroindustriales. El MBR Remeb se validará en la EDAR de Aledo (Región de Murcia) con el fin de poder reutilizar las aguas residuales para riego, en una zona con escasez de agua.

Palabras clave

Membrana cerámica, biorreactor de membranas (MBR), residuos agroindustriales, EDAR.

Developing a MBR from ceramic by-products and agro-industrial wastes. Remeb project

Membrane bioreactors (MBR), due to their high costs of running and maintenance, are only used in wastewater treatment when legislation demands quality levels in the effluent that cannot be achieved with conventional technologies. In this sense, Remeb project will develop a ceramic, ecological and competitive MBR for municipal and industrial wastewater treatment plants (WWTP), from ceramic raw materials and by-products and agro-industrial wastes. Remeb MBR will be validated in the WWTP of Aledo (Region of Murcia) with the aim of reuse the wastewater for irrigation in an area with water shortages.

Keywords

Ceramic membrane, membrane bioreactor; agro-industrial wastes, WWTP.



1. Introducción

Los reactores biológicos de membrana (MBR) combinan el proceso biológico de fangos activos con el tratamiento por filtración mediante tecnología de membranas para separar los sólidos del fango activo del agua tratada. Esta tecnología se considera la más avanzada para el tratamiento de las aguas residuales, existiendo recientes estudios que demuestran incluso su viabilidad en la eliminación de sustancias prioritarias y contaminantes emergentes, tales como etodolaco (medicamento de tipo antiinflamatorio no esteroideo), ibuprofeno, disruptores endocrinos (EDC), etc. Sin embargo, presenta la desventaja asociada del ensuciamiento de las membranas, lo cual se traduce en elevados costes de operación y mantenimiento. También es bien sabido que las membranas de microfiltración constituyen una forma eficaz de eliminar contaminación microbiológica del agua tratada (protozoos, *Escherichia coli*, etc.), por lo que es posible conseguir en un MBR un agua tratada con una calidad bacteriológica superior a la de los tratamientos convencionales.

Los MBR son una buena alternativa a los tratamientos convencionales, debido a su robustez y fiabilidad, así como a los importantes beneficios relacionados con la reducción del volumen del biorreactor y la reducción en la producción de fangos. En los MBR que emplean membranas cerámicas (C-MBR), estas presentan numerosas ventajas frente a las membranas poliméricas (que son las utilizadas habitualmente en los MBR convencionales), tales como su mayor resistencia a altas temperaturas y pH extremos, son químicamente inertes y no reaccionan con la biomasa, presentan una mayor vida útil y una mayor resistencia mecánica. Además, las membranas cerámicas tienen una menor tendencia al ensuciamiento que las poliméricas lo que, combinado con las mayores posibilidades de limpieza química y mecánica, las convierten en una alternativa viable. Finalmente, los C-MBR son más robustos, siendo capaces de soportar elevadas variaciones de sólidos en suspensión en el licor de mezcla (SSLM), permitiendo purgas semanales o incluso mensuales y, si fuera necesario, descargas de agua, obteniendo, de este modo, una forma de operar más flexible.

Los MBR cerámicos pueden operar a ratios muy bajos de carga másica (F/M), resultando unas producciones de fango de casi cero bajo ciertas condiciones. En general, el escenario óptimo para la aplicación del C-MBR es aquel en el que se aúnan una o más de las siguientes situaciones: elevada calidad del efluente, aguas residuales de difícil tratamiento, instalaciones pequeñas o medianas, cargas orgánicas medias o altas y, especialmente, plantas de tratamiento de aguas residuales urbanas descentrali-

El proyecto Remeb busca la fabricación de membranas cerámicas a escala real a partir de residuos agroindustriales para ser implementadas en un MBR

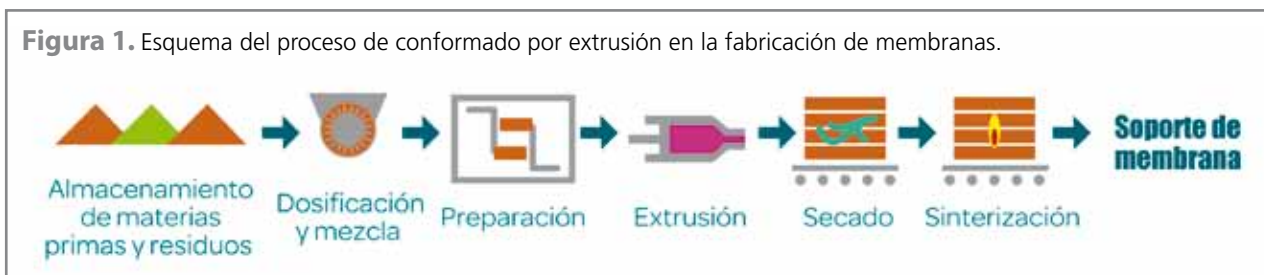
zadas, de pequeño tamaño, ya que permiten un proceso más flexible y con mayor variación en el rango de trabajo. Aunque estos sistemas descentralizados no representan el principal mercado de los C-MBR, son una fuente de aplicación muy interesante para esta tecnología.

Sin embargo, los C-MBR no se han implementado ampliamente en los tratamientos de aguas residuales urbanas debido a su elevado coste, ya que las membranas cerámicas comerciales se fabrican a partir de óxidos cerámicos puros (tales como alúmina, zirconia, titania, etc.), que suponen un elevado coste de fabricación, debido al uso de materias primas de elevado coste y al complejo proceso de fabricación. De este modo, la posibilidad de implementar los C-MBR en el tratamiento de aguas residuales urbanas depende principalmente de la reducción de los costes iniciales de las membranas que se emplean en ellos.

La reducción de los costes iniciales asociados a la adquisición de las membranas cerámicas se consigue mediante la utilización de membranas cerámicas de bajo coste y este es el objetivo que persigue el proyecto europeo Remeb, ya que se basa en el desarrollo de biorreactores de membranas cerámicas a partir de residuos agroindustriales y materias primas utilizadas habitualmente en la industria de baldosas cerámicas.

El proyecto está formado por 11 socios de 7 países distintos: España, Italia, Turquía, Noruega, Chipre, Francia y Colombia; coordinados por la empresa Fomento Agrícola Castellonense (Facsca, España), responsable de validar el MBR en una EDAR propiedad de la Entidad de Saneamiento de Murcia (Esamur, España). El desarrollo del MBR requiere de la participación del Instituto Universitario de Tecnología Cerámica de la Universitat Jaume I (España), que también colaborará con el Centro Cerámico Bologna (Italia) y SAM (Turquía) en la replicabilidad de las membranas con residuos y materias primas propios de sus regiones. Imeca (Francia) fabrica el bastidor donde se instalarán las membranas. En la fase de validación, el laboratorio Iproma (España) realizará los ensayos fisicoquímicos y microbiológicos necesarios. Biowater (Noruega), Atlantis (Chipre) y la Universidad Antonio Nariño de Colombia estudiarán la replicabilidad industrial y la comercialización junto con Facsca. Para la difusión, el consorcio cuenta con el Consejo de Cámaras de la Comunidad Valenciana (España).

Figura 1. Esquema del proceso de conformado por extrusión en la fabricación de membranas.



2. Descripción del proyecto

El proyecto Remeb se basa principalmente en desarrollar MBR cerámicos donde la composición de las membranas cerámicas de bajo coste se basará mayoritariamente en residuos de procesos industriales y agrícolas, tales como los procedentes del procesado de la aceituna (orujillo, hueso de aceituna), del procesado del mármol (polvo de mármol) y los procedentes de la propia industria cerámica (chamota de tiesto cocido). Estos residuos, que sustituyen a los materiales creadores de poro utilizados habitualmente (almidones) y, parcialmente, a las materias primas cerámicas, deberán generarse, en la medida de lo posible, en áreas geográficas cercanas a las de la fabricación de la membrana cerámica. Además, se estudiará la incorporación de otro tipo de residuos agroindustriales, tales como los residuos procedentes de la cáscara de la almendra. De este modo, mediante la incorporación de los residuos en la composición de la membrana, se conseguirá un doble efecto:

- La reducción en el empleo de recursos naturales, que se obtienen mediante procesos extractivos y cuya cantidad y disponibilidad se encuentra limitada en la naturaleza, tales como arcillas, feldspatos y carbonatos, así como de materias primas procesadas, tales como almidón.
- La valorización de los residuos generados en otros procesos productivos que, de otro modo, deberían de-

positarse en vertederos o gestionarse adecuadamente, con el consecuente impacto económico y medioambiental asociado.

La viabilidad en el uso de estos residuos en la fabricación de membranas cerámicas de bajo coste se ha comprobado mediante la realización de estudios preliminares a nivel de laboratorio, presentando una permeabilidad al agua y diámetro de poro adecuados. Estos resultados indican la viabilidad de la fabricación de membranas a nivel industrial mediante extrusión (**Figura 1**). Por tanto, entre los objetivos específicos del proyecto, se encuentran:

- Generación de un agua tratada de igual o mayor calidad, que las actuales tecnologías aplicadas a reutilización de aguas residuales de EDAR.
- Fabricación de membranas cerámicas a escala industrial en una industria cerámica, con un proceso de fabricación basado en el proceso productivo para fabricar industrialmente baldosas por extrusión.
- Valorización de productos de desecho de diferentes procesos agrícolas e industriales (alperujo, chamota, etc.). La introducción de estos residuos, junto con el uso de materias primas cerámicas (arcillas, feldspatos, etc.), supondrá una considerable reducción en el precio de la membrana cerámica en comparación con las membranas cerámicas comerciales, fabricadas a partir de alúmina, zirconia o titania.
- La fabricación de un producto innovador que utiliza materiales reciclados. Se desarrollará una membrana reciclada de bajo coste y óptima para aplicaciones MBR.
- El principal beneficio medioambiental de Remeb será la mayor cantidad de agua residual regenerada, que podrá ser reutilizada y la reducción en la producción de fangos que deben ser gestionados.

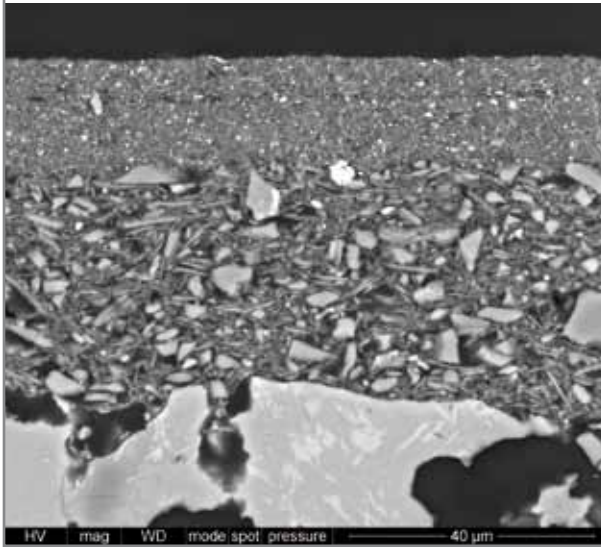
Las membranas Remeb que se obtengan con el desarrollo del proyecto se validarán en la EDAR de Aledo (**Figura 2**) con el fin de comparar los resultados obtenidos con el MBR Remeb, con los datos del MBR que ya dispone esta planta. Aledo, es un municipio español situado en el

Figura 2. EDAR de Aledo.





Figura 3. Microestructura de una membrana cerámica.



interior de la Región de Murcia (Sierra Espuña) con una población de 1.017 habitantes censados. La EDAR de esta población trata un caudal influente de 100 m³/día, sirve a 750 habitantes equivalentes (he) y consta de un pretratamiento, un tratamiento de fangos activos, un biorreactor de membranas (MBR) y una desinfección por cloración, reutilizando de este modo su agua efluente para riego.

El MBR instalado en la EDAR contiene membranas planas poliméricas y consta de 4 módulos con 800 membranas en total, siendo el área efectiva de membrana por módulo de 160 m² y el área efectiva total de 640 m². El caudal habitual de trabajo del MBR es de 16 m³/h con un flujo de 25 L/m²/h y un caudal de impulsión a membranas cuatro veces el caudal de permeado.

Actualmente se está analizando el proceso de fabricación de las membranas cerámicas a escala industrial, para poder adecuarlo a partir de un proceso de fabricación de baldosas por extrusión. Así mismo, debido a la

estacionalidad de algunos de los residuos utilizados, se está trabajando en la selección de de los residuos agroindustriales. Además, también se está trabajando en el diseño del casete a escala real en el que se instalarán las membranas a validar.

3. Conclusiones

El proyecto tiene como objetivo principal la fabricación de membranas cerámicas a escala real a partir de residuos agroindustriales, con características similares a algunas membranas previamente obtenidas a escala piloto, para ser implementadas en un MBR.

Para este propósito, el proceso y las materias primas deberán ser adaptados a la fabricación a escala real con el fin de obtener soportes cuyas propiedades estén dentro de los rangos de permeabilidad al agua requeridos. En la **Figura 3** se muestra una imagen al microscopio electrónico de una de las membranas fabricada a partir de residuos.


El proyecto se inició en septiembre de 2015 y tiene prevista su finalización en agosto de 2018. Actualmente se está trabajando en la adecuación del proceso de fabricación de membranas a escala industrial, la selección de los residuos agroindustriales y en el diseño del casete a escala real en el que se instalarán las membranas a validar en la EDAR de Aledo.

4. Agradecimientos

Agradecer a la Comisión Europea la financiación del proyecto bajo la convocatoria europea H2020-WATER-2014-two stage con Grant Agreement 641998.

Bibliografía

[1] Lee, S.J.; Kim, J.H. (2014). Differential natural organic matter fouling of ceramic versus polymeric ultrafiltration membranes. *Water Res.*, núm. 48, págs. 43-51.

[2] Lorente-Ayza, M.M.; Mestre, S.; Menéndez, M.; Sánchez, E. (2015). Comparison of extruded and pressed low cost ceramic supports for microfiltration membranes. *J. Eur. Ceram. Soc.*, núm. 35, págs. 3.681-3.691. 

Consulte otros
artículos técnicos en
www.tecnoaqua.es