



## II CONGRESO CHILENO DE INGENIERÍA AMBIENTAL EN SISTEMAS ACUÁTICOS, CCHIASA

### Tecnologías Waste-to-Energy en el Gran Santiago: Membrana bioactiva (CBMem) para la generación de H<sub>2</sub> a partir efluentes industriales

Isabella Villanueva y Ana Lucia Prieto Santa\*

Departamento de Ingeniería Civil – División de Recursos Hídricos y Medio Ambiente (RHMA) -  
Universidad de Chile

#### RESUMEN EXTENDIDO

En Chile, el uso de agua por parte del sector industrial representa el 12% de las extracciones totales de agua<sup>[1]</sup>. Por otra parte, según la Estrategia Nacional de Energía 2012-2020, al final de dicho periodo se prevé que Chile tendrá un consumo eléctrico entre 6-7% mayor. Ante esto, y sumado al estado actual de sequía que afecta al país, se vuelve imperativo el desarrollo de nuevas tecnologías que permitan tratar y reutilizar los recursos hídricos del sector industrial chileno, cambiando el paradigma del uso de agua y sostenibilidad empresarial.

Este estudio propone la utilización de efluentes de diferentes sectores industriales (RILES) para generación de bio-energía con la aplicación de membranas bioactivas. Estas membranas producen y capturan hidrógeno gaseoso a partir efluentes orgánicos que pueden ser potencialmente utilizados, tanto para suplir las necesidades energéticas de la tecnología de tratamiento, como para cubrir la demanda energética de los procesos industriales.

#### *Membrana bioactiva multi-capa*

La membrana biorreactiva de capas múltiples encapsula un consorcio de microorganismos metanogénicos y/o acetogénicos y funciona eficientemente en ambientes multi-fásicos (agua/gas). Las membranas biorreactivas usan las aguas residuales como sustrato y generan un producto de combustión limpia (hidrógeno). Esto permite la aplicación de esta tecnología en cualquier industria cuyo efluente sea rico en materia orgánica, además del aprovechamiento *in-situ* de sus productos.

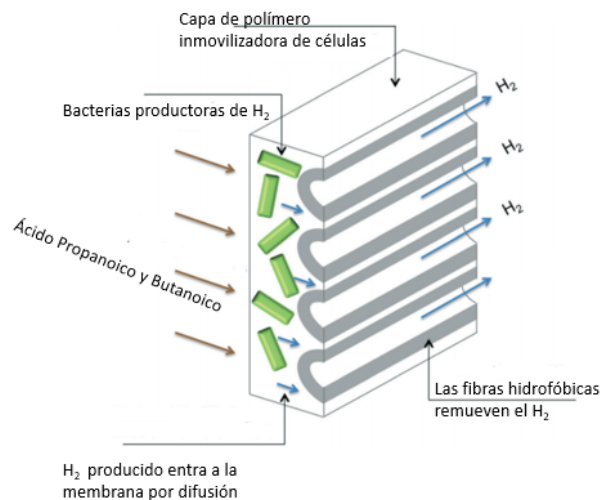


Figura 1: Esquema de la membrana<sup>[2]</sup>.

\*Corresponding autor: ana.prieto@uchile.cl



### **Aplicaciones membrana bioactiva**

Los efluentes a tratar deben ser ricos en materia orgánica (alto DQO) y preferiblemente bajos en contenido de microorganismos (*microbial competition*). Así, los potenciales *stakeholders* identificados para la implementación a gran escala de este proyecto están relacionados con la producción y el procesamiento de alimentos incluidas las industrias vinícolas, producción de bebidas, farmacéuticas, lácteos, destilados, entre otros.

Parámetros					
Efluente	pH	DBO [mg/L]	DQO [mg/L]	Hidrógeno Producido [kg]	Energía Disponible [kW/m <sup>3</sup> ]
Industria Láctea <sup>[3]</sup>	7,22	445	8976	14,0824	3,912
	6,98	439	8944	28,5790	7,939
Vinazas de Caña de Azúcar <sup>[4]</sup>	4,77	21,9	42,3	12,4257	3,452
	4,67	17,6	36,1	15,7392	4,372
Rice Wine <sup>[5]</sup>	5,9	18700	35400	11,3488	3,152
	4,8	15600	29500	17,7273	4,924
Cerveza <sup>[6]</sup>	6,12	407,73	1191,37	13,9537	3,876
	5,21	267,71	1044,63	15,9133	4,420
Industria del Azúcar <sup>[7]</sup>	9,5	3131,4	12211,44	15,8220	4,395
				21,4550	5,960

**Tabla 1:** Efluentes industriales como potenciales fuentes de energía.

### **Membranas bioactivas para generación de energía**

Para calcular la huella energética del sistema ( $P_{net}$ ) y evaluar su potencial para generación de energía *in-situ* a partir de RILes industriales, se deben tener en cuenta los siguientes componentes:

$$P_{net} = P_r + P_m + P_d + P_b - P_g$$

Donde:

- $P_r$ : demanda del reactor [kWh]
- $P_m$ : demanda por operación de la membrana [kWh]
- $P_d$ : gasto depuración de gases [kWh]
- $P_b$ : demanda por bombeo [kWh]
- $P_g$ : energía obtenida del hidrógeno producido [kWh]

También se deben considerar que el sistema debe lograr obtener hidrógeno gaseoso para abastecer energéticamente al proceso de tratamiento de los efluentes. Además, el mayor consumo de energía se debe al bombeo de fluidos (4 bombas) y a un sistema de mezclado mecánico. Para generación de energía, los sistemas de conversión a partir de hidrógeno



gaseoso considerados son: cogeneración, combustión, microbial fuel cell (MFC) y uso de MOF's para almacenamiento (REFs)

### **Conclusiones**

Dado el contexto chileno, tanto en materia de energía como de recursos hídricos, convierte a la tecnología de membranas bioactivas en una candidata para el tratamiento de aguas residuales, que a su vez traduce en una potencial fuente de energía limpia y renovable. La generación de energía por biomasa es uno de los sectores menos desarrollados en Chile, siendo este sector potencial para cumplir con los desafíos sustentables de la Estrategia Nacional de Energía 2012-2030.

### **Agradecimientos**

A nuestros colaboradores en la University of Minnesota, Department of Civil, Environmental, and Geo - Engineering Paige Novak, William Arnold, Santiago Romero y Al Aksan.

### **Referencias**

- [1] Ayala et al., 2010
- [2] Prieto et al., 2016
- [3] Wael Qasim, A.V. Mane, 2013
- [4] Chandrakanth G., et al, 2014
- [5] Hanqing Yu et al, 2002
- [6] N.A. Noukeu et al, 2016.
- [7] Khan M. et al, 2003