Proyecto de Tesis de Maestría (Gustavo Fimbres)

Título: Control de la inestabilidad de flujo para la intensificación de transferencia de masa.

Problema a resolver: El agua es un recurso crítico para México, especialmente en las regiones áridas tales como el noroeste del país [1]. Las sistemas de separación basados en membranas son la tecnología dominante para tratamiento de aguas en Europa y muchas otras regiones del mundo, incluyendo a México [2]. Aunque los sistemas actuales de separación por membrana están llegando a sus límites prácticos en términos de productividad [3], los límites termodinámicos sugieren que existe la posibilidad de mejorar su eficiencia [4], pero esto requerirá de una nueva generación de diseños y modos de operación de módulos y sistemas para abastecer demandas futuras de agua.

Un aspecto clave en la ingeniería de sistemas de membranas con potencial para fomentar la innovación está relacionado con la generación y el control de inestabilidades de flujo tridimensionales (3D). Se sabe que el efecto de la polarización de la concentración en módulos de membranas se ve reducido por las mallas espaciadoras [5], pues la presencia de la malla promueve la inestabilidad del flujo, desestabiliza la capa límite de concentración e incrementa el mezclado, mejorando así la productividad del sistema. Sin embargo, las inestabilidades también pueden incrementar la caída de presión, lo que implica mayor consumo energético en el sistema e incrementa los costos. Existe una literatura amplia sobre flujos en 2 dimensiones (2D), lo que ha llevado a un buen nivel de entendimiento de los fenómenos fundamentales que conllevan a inestabilidades en 2D [6, 7]. Aunque los estudios en 2D ayudan a comprender fenómenos clave en sistemas reales que pueden ser utilizados para facilitar estudios más complejos en 3D, no capturan las sutilezas y mezclado adicional que introduce la tercera dimensión. En particular, el estiramiento de vórtices que ocurre solamente en 3D debería ocasionar que las inestabilidades de flujo 3D sean inherentemente más efectivas [5]. Además, existen numerosas brechas en el entendimiento de las inestabilidades en 3D, específicamente en lo que concierne a los fenómenos dependientes de tiempo y a pequeña escala dentro de módulos de membranas [8].

Esta investigación se apoya en simulación de dinámica de fluidos por computadora (CFD, por sus siglas en inglés) [9] así como en experimentos en el laboratorio [10], para identificar las características de las inestabilidades de flujo en tres dimensiones, sus limitaciones y efectos en la transferencia de masa en canales angostos con obstrucciones, esto con el objetivo de desarrollar modos de operación que mejoren la eficiencia en sistemas de separación por membranas. Específicamente, se identificarán y propondrán modos de operación de los sistemas de membrana que propicien las inestabilidades para maximizar su productividad y minimizar el consumo de energía, utilizando modelos de orden reducido (ROMs) para facilitar su modelación y control.

Productos académicos comprometidos: 1 artículo de conferencia internacional arbitrada publicado y 1 artículo de revista indizada sometido, ambos antes del 31 de agosto de 2018

Estancia del estudiante: En el Instituto Tecnológico de Tijuana con el Dr. Sergio Pérez Sicaños (SNI I), 1 mes en 2018.

Conferencia del estudiante: 2018 Annual Meeting of the North American Membrane Society (NAMS 2018), o en su defecto el 7mo Congreso Nacional de la Sociedad Mexicana de Ciencia y Tecnología de Membranas (SMCyTM).

REFERENCIAS

- [1] UNDP, Human Development Report 2006 - Beyond scarcity: Power, poverty and the global water crisis, in: K. Watkins (Ed.), United Nations Development Programme (UNDP), New York, USA, 2006.
- [2] IDA, Desalination Yearbook, International Desalination Association, United Kingdom, 2008.
- [3] A.G. Fane, R. Wang, M.X. Hu, Synthetic Membranes for Water Purification: Status and Future, *Angew. Chem. Int. Edit.*, 54 (2015) 3368-3386.
- [4] H.D. Raval, Improvement in energy efficiency of solar powered reverse osmosis by modification in membrane morphology and recovery of thermal energy from solar photovoltaic panel, in: *Chemical Engineering*, Gujarat Technological University Ahmedabad, India, 2016.
- [5] G.A. Fimbres-Weihs, D.E. Wiley, Numerical Study of Mass Transfer in Three-Dimensional Spacer-Filled Narrow Channels with Steady Flow, *J. Membrane Sci.*, 306 (2007) 228-243.
- [6] G.A. Fimbres-Weihs, D.E. Wiley, D.F. Fletcher, Unsteady Flows with Mass Transfer in Narrow Zigzag Spacer-Filled Channels: A Numerical Study, *Ind. Eng. Chem. Res.*, 45 (2006) 6594-6603.
- [7] C.P. Koutsou, S.G. Yiantsios, A.J. Karabelas, Direct Numerical simulation of flow in spacer-filled channels: effect of spacer geometrical characteristics, *J. Membrane Sci.*, 291 (2007) 53-69.
- [8] G.A. Fimbres-Weihs, D.E. Wiley, Review of 3D CFD modelling of flow and mass transfer in narrow spacer-filled channels in membrane modules, *Chem. Eng. Process.: Proc. Intens.*, 49 (2010) 759-781.
- [9] G.A. Fimbres-Weihs, D.E. Wiley, Review of 3D CFD modelling of flow and mass transfer in narrow spacer-filled channels in membrane modules, *Chem. Eng. Process.: Process Intens.*, 49 (2010) 759-781.
- [10] C. Rodrigues, M. Rodrigues, V. Semiao, V. Geraldes, Enhancement of mass transfer in spacer-filled channels under laminar regime by pulsatile flow, *Chem. Eng. Sci.*, 123 (2015) 536-541.