Energía potencial osmótica: Un buen sustituto de los combustibles fósiles

Ignacio Tomé Fdez. - Ladreda

Resumen— La energía osmótica presenta un enorme potencial para obtener energía limpia mediante el contacto de aguas con diferentes concentraciones de sal para generar electricidad en centrales instaladas junto a la costa, y de la cual han surgido dos tipos de tecnologías complementarias: la ósmosis por presión retardada y la electrodiálisis inversa

Palabras Claves— Energía osmótica, Presión osmótica retardada, Electrólisis inversa, Renovable.

1. Introducción

La utilización continua de una energía verde y renovable es el reto más importante al que se enfrenta la humanidad en este siglo, siendo un punto clave para las generaciones futuras [1]. Actualmente, la mayoría de la generación de electricidad depende de fuentes no renovables de combustibles fósiles que emiten carbono, y que ha desembocado en un aumento sustancial de las emisiones de dióxido de carbono y otros importantes impactos ambientales [2, 3]. Las emisiones procedentes de estas combustiones se prevé que aumentarán de forma contínua, llegando a 37,2 GT/año en 2035 [4]. Por lo tanto, la implementación de tecnologías para recolección eficiente de la energía a partir de fuentes renovables es imprescindible para el crecimiento económico y la protección medioambiental [5].

La fuerza con la que el agua llega a la desembocadura de un río, viene acompañada de una silenciosa pero inmensa disipación de energía libre. Este fenómeno no guarda relación alguna con reacciones químicas ni con la pérdida de calor, solo con la pérdida de orden: los iones de sal, inicialmente con movimientos limitados al agua salada, pueden fluir al agua que inicialmente era dulce, volviendo uniforme la concentración de iones en el agua. La consecuencia de la pérdida de orden se traduce, en términos termodinámicos, en un aumento de la entropía o liberación de la energía libre [6].

La energía libre que se disipa cuando un litro de agua se dispersa en el mar produce aproximadamente 2,4 kJ, una energía mucho menor que la energía que posee un litro de gasolina.

Pero cuando la cantidad de agua aumenta, la energía libre en juego puede llegar a ser inmensa. Por ejemplo, el río Po, ingresa unos 1540 m^3 por segundo en el mar mediterráneo, disipando una potencia cercana a los 3,7 GW [7].

La energía potencial osmótica se basa en la transformación de la energía libre asociada a la diferencia de salinidad en trabajo mecánico, utilizando para ello membranas semipermeables. Este trabajo mecánico, asociado al flujo de agua bajo condiciones específicas de presión, se puede convertir en corriente eléctrica a través de una turbina [8].

Ignacio Tomé Fdez-Ladreda. Universidad Pablo de Olavide.
ignacioladreda@yahoo.es

2. Técnicas de explotación

2.1. Ósmosis por Presión Retardada (PRO):

Antes de entrar en los módulos de membrana, el agua de mar se presuriza mediante el intercambiador de presión aproximadamente a la mitad de la presión osmótica, 12-14 bares. Después de filtrarla, se hace pasar el agua dulce hacia el módulo de membrana. En este proceso se consigue entonces un exceso de agua de mar presurizada, que se divide en dos corrientes: un tercio de este agua de mar a presión se utiliza para la generación de electricidad en una turbina de energía hidroeléctrica, y la parte restante pasa a través de un intercambiador de presión con el fin de presurizar el agua de mar entrante. El agua producida como desecho (agua salobre) será redirigida de vuelta a la desembocadura del río o al mar [9].

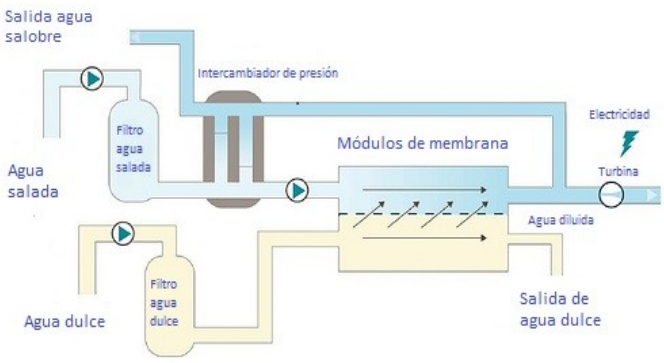


Fig. 1: Esquema del funcionamiento de la ósmosis por presión retardada.

En los módulos de membrana, el agua con bajo contenido en sal se mueve a través de la membrana hacia el agua de concentración más alta, que crea una mayor presión debido a las fuerzas osmóticas. Gracias al control de esta presión, aproximadamente la mitad de la energía teórica puede transformarse en energía eléctrica, obteniendo 1 MW por m^3/s de agua dulce.

En consecuencia, cuanto mayor es el gradiente de salinidad entre agua dulce y salada, mayor es la presión que se acumula en el sistema. Por otra parte, cuanta más agua se

introduzca en el sistema, más energía se puede producir.
Es muy importante que tanto el agua dulce como el agua de mar estén lo más limpias posibles. Las sustancias en suspensión en el agua pueden quedar capturadas dentro de la estructura de soporte de membrana o en la misma superficie de la membrana, reduciendo el flujo a través de la membrana, la potencia de salida y la eficiencia general del sistema. Este fenómeno está vinculado a las características de la membrana, al módulo de membrana y al pretratamiento del agua dulce y el agua de mar [11].

2.2. ElectroDiálisis Inversa (EDI):

La técnica de la electrodiálisis inversa utiliza una pareja de membranas, de tipo diferente de las semipermeables descritas anteriormente: se trata de membranas permeables, ya sea al agua o a los iones de un patrón marcado; se dividen en catiónicas y aniónicas, según que permitan el paso de cationes o aniones (figura 2). Estas membranas están compuestas de polímeros similares a las llamadas resinas de cambio iónico. Una unidad de la técnica consiste en una serie de compartimentos delimitados por membranas catiónicas y aniónicas alternativamente; se hace fluir agua dulce y agua salada, de manera que en cada uno de los compartimentos se encuentre agua con concentración distinta de la del compartimento contiguo. Por difusión, los iones se esparcen de un compartimento con agua salada a los dos compartimentos adyacentes, pero, gracias a las membranas, en los dos compartimentos entran iones de signo opuesto. A lo largo de la secuencia de los compartimentos se produce por lo tanto una diferencia de potencial, que puede ser recogida con dos electrodos situados a los extremos.
Cuando se acoplan muchas unidades en serie, formando una pila alimentada por agua salada, la tensión total entre los electrodos alcanza decenas de voltios. En los compartimentos colocados a los extremos, donde se recoge la corriente de los electrodos, la tensión debe ser suficiente para que suceda una óxido-reducción, ya que si no ocurriera, no habría ningún paso de corriente

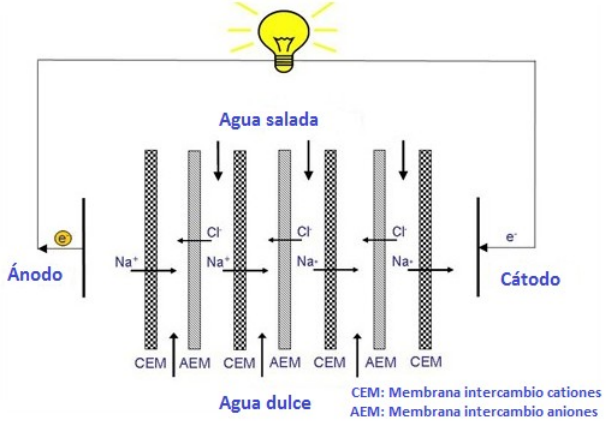


Fig.2: Esquema del funcionamiento de la electrodiálisis inversa.

En la técnica EDI, la permeabilidad de la membrana define la resistencia al paso de los iones, esto es, de la corriente.
La potencia típicamente producida es del orden de 1 – 3 W por m² de membrana, análoga por lo tanto a la producida por la técnica PRO. Dado que la fuente de energía es la misma, sea PRO o sea EDI, pueden producir idealmente la misma energía a partir de la misma cantidad de agua, y también el rendimiento efectivo es similar, esto es, mayor del 50% [6].

3. La competitividad de la energía osmótica

El coste energético estimado de la energía osmótica es comparable y competitivo con otras fuentes de energías renovables, como las olas, las mareas y la energía eólica marina. Aunque las membranas todavía requieren un mayor desarrollo, un análisis de costos basado en el mercado existente sitúa la energía osmótica como una de las energías con más potencial de futuro, con un coste estimado de 50-100 € /MWh (figura 3) [8].

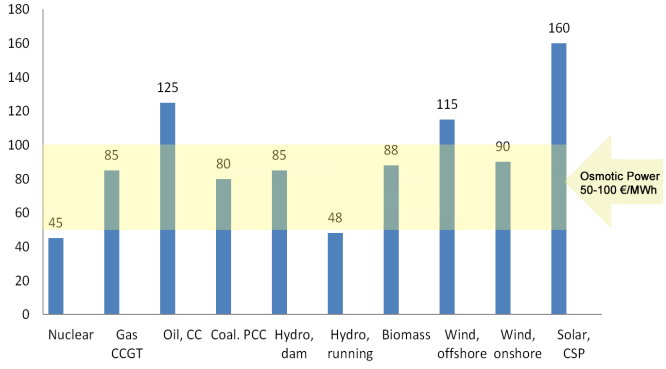


Fig.3: Posición potencial en el mercado energético de la energía potencial osmótica.

Por otro lado, el impacto ambiental que produce la energía potencial osmótica viene asociado a la infraestructura necesaria para su extracción, además del impacto derivado de la salida y entrada de agua salada sobre el entorno. Aún así, se podría reducir el impacto mediante la gestión del agua asociada al funcionamiento de la planta, pudiendo diseñarse ésta de forma que los biotipos del rio, estuario y océano se alteren poco.

4. Conclusiones

La energía osmótica se perfila en el futuro como una de las energías renovables más potentes. Se siguen desarrollando mejoras en ambos sistemas de extracción, sobretodo en cuanto a la calidad de las membranas. Estudios de mercado las sitúan en un coste en torno a 50-100 €/MWh, convirtiéndola en más económica que la energía solar o eólica en mar abierto, y con la posibilidad de causar un menor impacto que éstas mediante un óptimo diseño de las infraestructuras.

5. REFERENCIAS

[1] Post, J. W.; Veerman, J.; Hamelers, H. V. M; Euverink, G. J. W.; Metz, S. J.; Nymeijer, K.; Buisman, C. J. N. Salinity-gradient power: Evaluation of pressure-retarded osmosis and reverse electrodialysis. *J. Membrane. Sci*. 2007, 288, 218−230.

[2] Solomon, S.; Plattner, G. K.; Knutti, R.; Friedlingstein, P. Irreversible climate change due to carbon dioxide emissions. *Proc. Natl. Acad. Sci. U.S.A*. 2009, 106, 1704−1709.

[3] Cox, P. M.; Betts, R. A.; Jones, C. D.; Spall, S. A.; Totterdell, I. J. Acceleration of global warming due to carbon-cycle feedbacks in a coupled climate model. *Nature* 2000, 408 (6813), 184−187.

[4] Roca, J.; Alcántara, V. Economic growth, Energy Use, and CO_2 emissions. Energy Research at the Cutting Edge. Nova Science Publishers, Nueva Cork. 2002 pp. 123-134.

[5] Chu, S.; Majumdar, A. Opportunities and challenges for a sustainable energy future. *Nature* 2012, 488 (7411), 294−303.

[6] Broglioli, D. Energia dalla differenza di salinitá. *Il nuovo saggiatore* 2012, 28, 28-38.

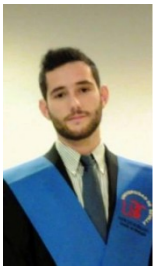
[7] Loeb, S. Method and apparatus for generating power utilizing pressure-retarded osmosis. Patent US 4,193,267 Assigned Ben-Gurion University of the negev, Research and development Authority, Beersheba, Israel

[8] Loeb, S., Van Hessen, F., Shahaf, D. Production of energy from concentrated brines by pressure-retarded osmosis. Preliminary technical and economic correlations, *J. Membrane Sci*., 1976, 1, 49.

[9] Gerstandt, K.; Peinemann, K. V.; Skilhagen, S. E.; Thorsen, T.; Holt, T., Membrane processes in energy supply for an osmotic power plant. *Desalination* 2008, 224, 64-70.

[10] Thorsen, T.; Holt, T. The potential for power production from salinity gradients by pressure retarded osmosis *J. Membrane Sci.* 2009, 335, 103–110

[11] Brogioli, D. Extracting renewable energy from salinity difference using a capacitor. *Phys. Rev. Lett.*, 2009 103, 058501.



Ignacio Tomé Fdez.-Ladreda: Graduado en Biología por la Universidad de Sevilla en 2013. Actualmente, cursando el segundo año del Máster de Biotecnología Ambiental, Industrial y Alimentaria en la Universidad Pablo de Olavide.