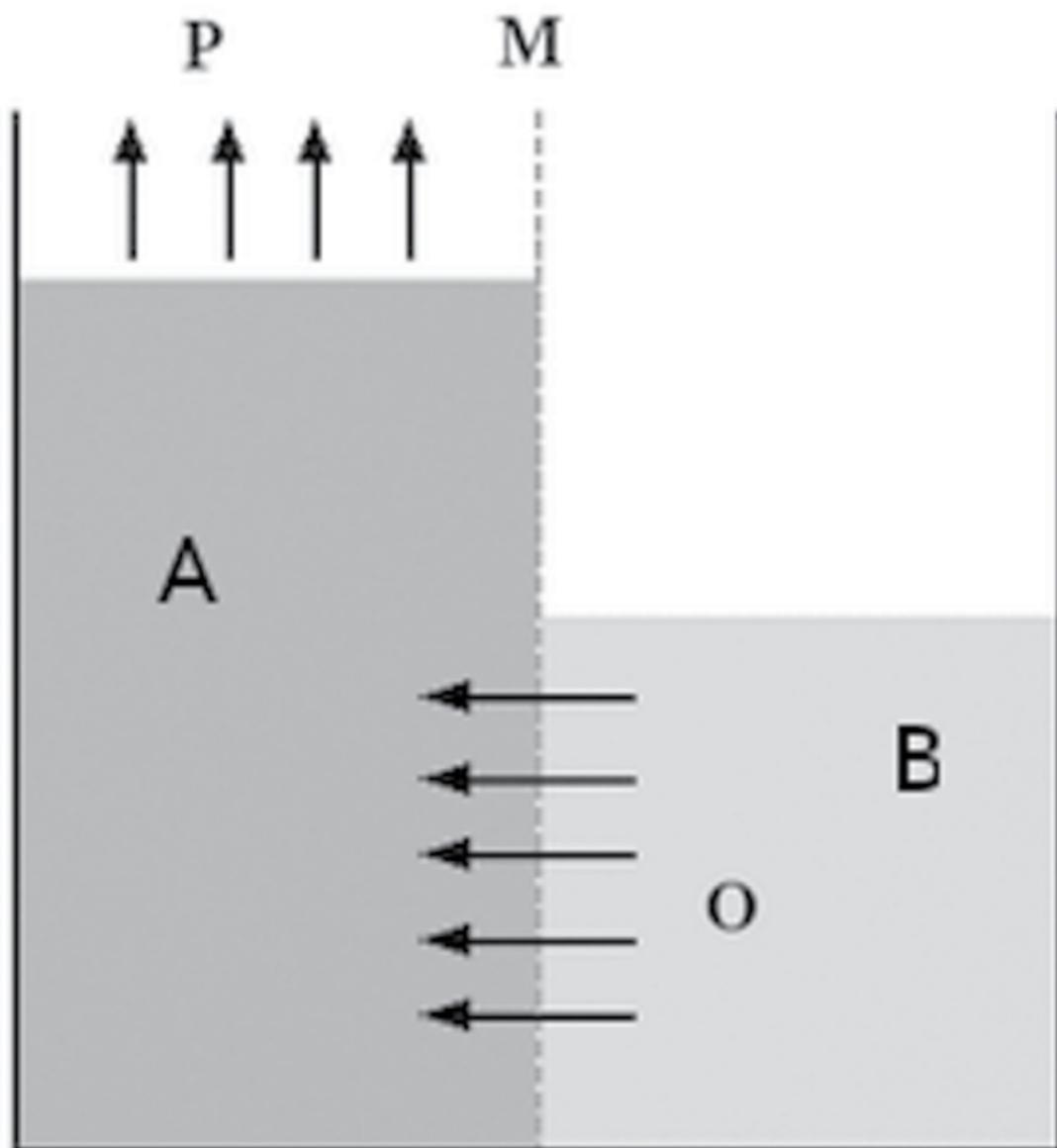


Energía azul



Esquema de la ósmosis por presión retardada. Se muestran el agua salada A y el agua dulce B separadas por una membrana M semipermeable, por la que pasan moléculas de agua de B hacia A, incrementando la presión P que se usa para mover una turbina que genera electricidad (no mostrada).

MARIANO LÓPEZ DE HARO

Instituto de Energías Renovables, UNAM
Miembro de la Academia de Ciencias de Morelos

En este mundo globalizado, el sector de la energía juega un papel preponderante en el desarrollo económico. El Departamento de Energía de los Estados Unidos, ha estimado un crecimiento del consumo de energía mundial del 60% de 1999 a 2020 y también un aumento en la misma proporción en las emisiones de dióxido de carbono debido al incremento poblacional de 6000 a 7500 millones de personas. Por ello el estudio y aprovechamiento de las fuentes de energía renovables, a pesar de que en la actualidad representan menos del 10% del consumo energético mundial, se vuelven cada día más importantes si se desea un desarrollo sustentable. La llamada energía azul, una forma de energía renovable, se refiere al método para generar energía eléctrica al hacer converger agua dulce y agua salada.

Este tipo de energía se puede extraer de diversas maneras incluyendo la conversión térmica, el aprovechamiento de la fuerza mareomotriz y la ósmosis. También se puede aprovechar a través de aerogeneradores que utilizan el viento asociado al cuerpo de agua.

Hay un tipo de energía azul extraída por ósmosis conocida como energía de gradiente salino. Se basa en aprovechar la diferencia en la concentración salina entre el agua del mar y el agua de los ríos. Para ello se utiliza una membrana semipermeable a iones específicos para crear o bien una diferencia de presión osmótica capaz de mover una turbina o bien una electrodiálisis inversa a partir de recursos naturales marinos y con ello generar electricidad. El único residuo resultante es una mezcla de agua dulce y salada denominada "salobre", por lo que se trata de un proceso no contaminante que no produce dióxido de carbono y en el que el costo energético involu-

crado es solamente el de la evaporación para separar el agua y la sal. Este método fue ideado en 1973 en Israel por Sidney Loeb [1], quien aparentemente se inspiró al observar el flujo del río Jordán hacia el mar Muerto. Además de obtenerse en laboratorios, este tipo de energía puede generarse en estuarios en la boca de ríos, en que las corrientes de agua del río encuentran a las aguas salinas del mar.

En el método de ósmosis por presión retardada, se bombea agua de mar en una cámara de presión donde la presión es menor que la diferencia de presiones entre el agua dulce y la salada. Se hace pasar agua dulce a través de una membrana semipermeable para incrementar su volumen en la cámara. Conforme la presión en la cámara se compensa una turbina gira generando electricidad. El proceso, mostrado esquemáticamente en la figura 1, puede entenderse de la siguiente manera: dos soluciones A y B, la primera de agua salada y la segunda de

agua dulce, están separadas por una membrana M. Supóngase que solamente las moléculas de agua pueden cruzar la membrana. Como resultado de la diferencia en la presión osmótica P entre ambas soluciones (la solución A tiene una presión mayor debido a su mayor concentración de sal), el agua de la solución B se difundirá (O) a través de la membrana para diluir la concentración de la solución A. La presión P mueve las turbinas y proporciona la potencia para el generador que produce la energía eléctrica.

En un estudio reciente de la Universidad de Yale se concluyó que la energía máxima que se podría extraer por ósmosis por presión retardada usando una solución de agua de río es de 0.75 kWh/m³ en tanto que la energía libre de mezclado es de 0.81 kWh/m³, por lo que se trata de una eficiencia de extracción termodinámica muy alta, del 91%.

Aunque la tecnología para fabricar las membranas se conoce desde hace bastante tiempo, su manufactura conllevaba un alto costo económico, lo que hacía a la energía azul inviable como una alternativa energética práctica. Recientemente se han desarrollado membranas mucho más baratas basadas en polietileno plástico eléctricamente modifi-

cado, lo que seguramente permitirá que se empiece a utilizar con éxito la tecnología de la energía azul en las zonas apropiadas. De hecho, tanto Holanda como Noruega han apostado por este tipo de energía y la primera planta de generación de potencia por ósmosis del mundo con una capacidad muy modesta de 4 kW, es decir lo suficiente para el consumo de una cafetera eléctrica grande, se abrió en el fiordo de Oslo en la localidad noruega de Tofte en 2009 (ver figura 2). Se trata de un prototipo de la compañía estatal noruega Statkraft (que es la mayor productora de energía renovable en Europa) con mucha experiencia en el ámbito hidroeléctrico, al grado de producir casi la totalidad de la energía eléctrica de Noruega. En dicha planta prototipo la membrana que se usa es de poliamida y fue producida en cooperación con la NASA. Cuenta con alrededor de 2000 m² de membrana dentro de docenas de tubos de plástico que reducen los efectos de corrosión de la sal. Por ahora es capaz de producir 1W/m², es decir, un Watt por cada metro cuadrado de membrana. Esta potencia se genera con un flujo de agua a través de la membrana de 10 litros por segundo a una presión de 1 Mpa (1 mega Pascal es aproximadamente 10 veces la presión atmosférica a nivel de mar).



Prototipo de planta de generación por ósmosis en Tofte, Noruega

ACADEMIA DE CIENCIAS DE MORELOS, A.C.

¿Comentarios y sugerencias?, ¿Preguntas sobre temas científicos? CONTÁCTANOS: editorial @acmor.org.mx



Uno de los retos actuales es el de contar con membranas tales que su eficiencia llegue hasta $5W/m^2$ ya que entonces los costos de producción de electricidad usando ósmosis de presión retardada se volverían competitivos con los de otras fuentes renovables. Una vez resuelto el problema de las membranas, Statkraft estima que la capacidad de producción global anual con este tipo de energía azul sería de entre 1600 y 1700 Twh (tera Watts hora), esto es, casi la mitad de la demanda de energía eléctrica de la Unión Europea. Debe señalarse que la meta de generación propuesta por Statkraft para 2015 es de 25Mw, es decir lo mismo que un pequeño campo de aerogeneradores.

Un método alternativo de generación eléctrica usando la ósmosis, no demasiado desarrollado hasta ahora, es el de la electrodiálisis inversa, que esencialmente consiste en la creación de una batería salina. Este método es descrito por Weinstein y Leitz[2] como un arreglo alternado de membranas de intercambio de aniones y cationes que se puede utilizar para generar energía eléctrica a partir de la energía libre del agua de ríos y mares.

Finalmente, un tercer método, propuesto muy recientemente por Doriano Broglioli y probado únicamente a escala de labora-

torio, consiste en extraer energía del proceso de mezclar agua dulce y agua salada a través de cargar cíclicamente electrodos en contacto con agua salada seguidos de una descarga en agua dulce. El avance fundamental estriba en el desarrollo de electrodos porosos que pueden formar supercapacitores con superficies internas del orden de $1\text{ km}^2/\text{kg}$. Como la cantidad de energía eléctrica que se necesita durante la etapa de carga es menor que la que se obtiene en la etapa de descarga, en cada ciclo completo se obtiene energía efectivamente. Una explicación intuitiva de lo que sucede es que el gran número de iones en el agua salada neutraliza eficientemente la carga de los electrodos al formar una capa delgada de cargas del signo opuesto muy cerca de la superficie del electrodo, lo que se conoce como una doble capa eléctrica. Por ello, el voltaje sobre los electrodos se mantiene bajo durante la etapa de carga y es relativamente fácil cargarlos. Entre las etapas de carga y descarga los electrodos se ponen en contacto con el agua dulce. Después de esto, hay menos iones disponibles para neutralizar la carga de cada electrodo y el voltaje sobre ellos aumenta. Por lo tanto la etapa de descarga que sigue es capaz de proporcionar una cantidad relativamente

grande de energía. Físicamente lo que ocurre es que en un condensador eléctricamente cargado hay una fuerza mutuamente atractiva entre la carga eléctrica del electrodo y la carga iónica en el líquido. Para extraer iones del electrodo cargado la presión osmótica debe realizar trabajo. Este trabajo incrementa la energía potencial del condensador. Esto también puede entenderse desde el punto de vista de la electrónica: la capacidad de un condensador es función de la densidad iónica. Al introducir un gradiente salino y permitir que algunos de los iones se difundan hacia fuera del condensador reduciendo su

capacidad, por lo que el voltaje debe aumentar; recordemos que el voltaje es igual al cociente entre la carga y la capacidad.

Como vemos, aunque todavía nos hallamos lejos de un nivel de producción industrial a gran escala, existen varias posibilidades interesantes para el uso y aprovechamiento de la energía azul. Para ello sin duda harán falta muchos más estudios científicos, al menos para el desarrollo de membranas y electrodos más eficientes y baratos y nuestro país está en condiciones favorables para llevar algunos de estos estudios a cabo. Ojalá estos se materialicen en un futuro no muy

lejano.

Referencias

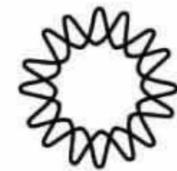
Israel Patent Application 42658 de 3 de Julio de 1973 (véase también US patent 3,906,250, *Method and apparatus for generating power utilizing pressure-retarded-osmosis*, otorgada el 16 de Septiembre de 1975)

Weinstein y Leitz, *Electric Power from Differences in Salinity: the Dialytic Battery*, Science **191**, 557-559 (1976).

D. Broglioli, *Extracting renewable energy from a salinity difference using a capacitor*, Phys. Rev. Lett. **103** 058501-1-4 (2009).

Animales Venenosos en México: Biología y Clínica

CURSO



Instituto de Biotecnología



Conferencias Magistrales:

Dr. Alejandro Alagón
Dr. Lourival Possani
M. en C. Luis Canseco
M. en C. Carlos Santivañez

Temas a tratar:

Biología de animales venenosos
Bioquímica de venenos
Clínica y tratamiento de envenenamientos
Historia y desarrollo de antivenenos

Del 18 al 20 de septiembre del 2014

Auditorio "Francisco G. Bolívar Zapata" IBt, UNAM

\$600.00 Estudiante
\$1000.00 Público en Gral.

Mayores informes al correo: cursovenenosoiibt@gmail.com

