

Enfriando con el calor del sol

La creciente demanda de energía de las últimas décadas, más allá de la debida al incremento poblacional, ha generado un impacto notable en el medio ambiente pues la generación se realiza mayormente a partir de combustibles fósiles con la consecuente emisión de gases de efecto invernadero.

Este problema afecta a, prácticamente, toda la humanidad y no parece tener una solución a corto plazo ya que para eso se requieren cambios de consumo radicales y políticas de Estado complejas. La energía sostiene toda la actividad humana y es imprescindible para mantener nuestra actual calidad de vida. Permite que las industrias produzcan, moviliza todos los sistemas de transporte, posibilita las comunicaciones, y con ella logramos cocinar, calefaccionar y refrigerar. Sin embargo, su utilización para estos propósitos no está libre de consecuencias. El consumo de energía a partir de recursos fósiles arroja miles de millones de toneladas de dióxido de carbono a la atmósfera cada año y su acumulación aumenta la temperatura media del planeta con graves consecuencias.

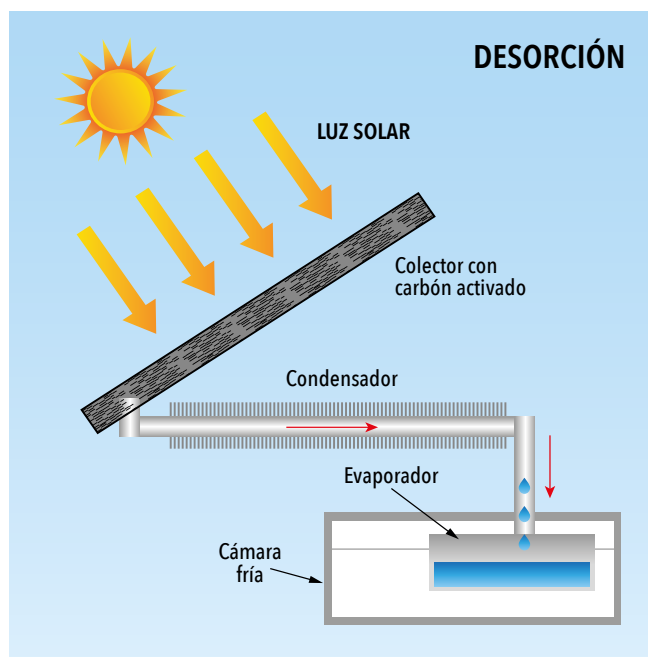
Según los datos suministrados por el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible de la Nación, desde los últimos años del siglo XIX la temperatura media de la superficie terrestre ha aumentado más de 0,6°C particularmente en vinculación con la combustión de petróleo y carbón, la tala de bosques y la explotación agrícola. A nivel mundial, la matriz energética sigue siendo sostenida principalmente por la quema de combustibles fósiles (en la Argentina supera el 60% de la energía producida). Se está muy lejos, aún, de sustituir al petróleo y al carbón en la escala en que estos están presentes en el mundo.

Refrigeración solar

Sin embargo, no todo son malas noticias. Existen avances en sistemas de producción de energía a gran escala, y a escalas más pequeñas, que hacen uso de fuentes más amigables con el ambiente. Un ejemplo de esto último es la refrigeración por energía solar. Teniendo en

¿DE QUÉ SE TRATA?

¿Cómo es posible enfriar un recipiente usando el calor del Sol?



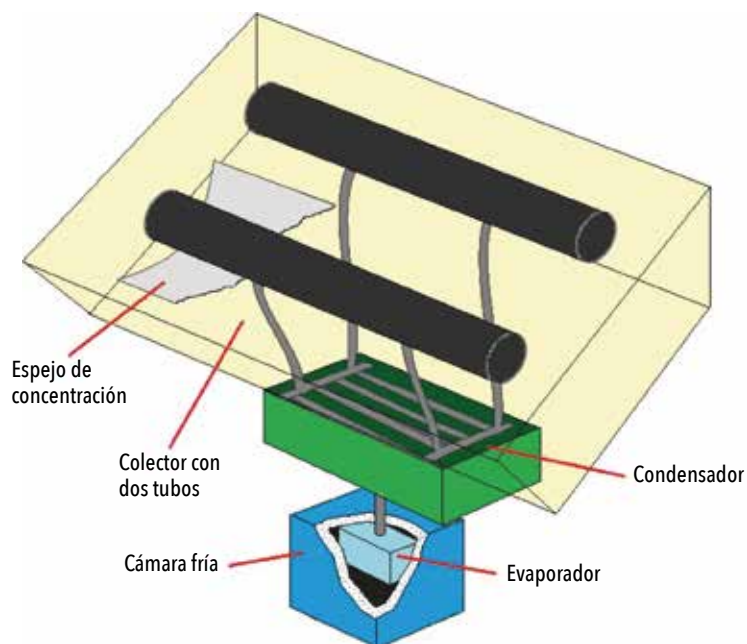
Ciclo diario de adsorción y desorción del metanol en carbón activado (CA). Durante el día el metanol se desprende del CA en forma de vapor debido a la radiación solar; condensa tomando calor de la cámara y se deposita como líquido. A la noche el enfriamiento del colector de CA provoca la evaporación del metanol líquido absorbiendo nuevamente calor.

cuenta que, según el informe del Instituto de Refrigeración de París de 2016, aproximadamente el 15% de la electricidad producida en todo el mundo es utilizada para procesos de refrigeración, resulta relevante desarrollar tecnologías de refrigeración alternativas que reduzcan tanto el consumo energético como los deterioros ambientales que provocan las tecnologías asociadas a la refrigeración común. Si bien estos sistemas aún se encuentran en fase de estudio, como en nuestro laboratorio de la Universidad Nacional de General Sarmiento (UNGS), su producción resultaría particularmente útil para zonas rurales o de campaña donde no se cuenta con tendido eléctrico.

Principio básico de funcionamiento de la heladera solar

Esta heladera hace uso de la adsorción, un fenómeno por el cual una sustancia es atraída y retenida molecularmente en la superficie de un cuerpo. La heladera que aquí describimos funciona con la energía proveniente del Sol y su mecanismo se basa en un ciclo diario de adsorción y desorción de metanol en carbón activado (la desorción es la liberación la sustancia previamente adsorbida) a presiones muy bajas. El carbón activado es un material granular con una estructura extremadamente porosa.

El prototipo de refrigerador consta de tres partes: el colector, el condensador y el evaporador, conformando un único sistema estanco. En el colector, ubicado en la parte superior y expuesto a la radiación solar, se hallan uno o varios tubos de hierro que contienen el carbón activado que retiene al metanol. Durante el día este colector, expuesto a la radiación solar, aumenta su temperatura y libera el metanol retenido en el carbón activado que, liberado, alcanza al condensador en forma de vapor, don-



Esquema de un prototipo de heladera solar construido en la UNGS.

de pasa al estado líquido. Allí intercambia el calor latente de condensación con el ambiente y desciende por gravedad al recipiente evaporador. Este recipiente se encuentra dentro de una cámara aislada térmicamente, en cuyo interior se ubican los productos que se desean refrigerar. De noche, cuando la temperatura del colector desciende, disminuye la presión del sistema, provocando la evaporación dentro del recipiente evaporador (técnicamente, dentro del sistema, se alcanza la presión de saturación de metanol correspondiente a una temperatura de unos -3°C aproximadamente). Este último proceso, debido al intercambio de energía por calor, produce el descenso de temperatura en la cámara. Aprovechando esto, el diseño que resulta adecuado para una producción de frío sostenida consiste en sumergir al evaporador dentro de otro recipiente con cierto volumen de agua, la que terminará siendo congelada, probablemente a unos 3 o 4°C bajo cero. De este modo el hielo hace de ‘reservorio de frío’. Cuando este proceso finaliza, el carbón habrá adsorbido y retendrá en su estructura todo el metanol del evaporador.

El proceso completo dura veinticuatro horas y el hielo se produce durante las horas de la madrugada. Las mayores ventajas de esta heladera residen en que no tiene costo operativo durante su vida útil (no posee partes

móviles) y resulta muy adecuada para funcionar en zonas aisladas, sin acceso a electricidad o gas.

Termodinámica del enfriamiento

Es interesante usar el caso de la heladera solar para un análisis termodinámico básico. En los cursos universitarios de física básica nos enseñan que por la segunda ley de la termodinámica el calor no se transfiere naturalmente de un cuerpo más frío a otro más caliente, si el sistema es cerrado. Sin embargo, la transferencia de calor desde un cuerpo a menor temperatura a otro de mayor temperatura tiene lugar en una heladera convencional y es lo que permite que el interior de esta (fuente fría) alcance temperaturas por debajo de la del ambiente (unos -20°C en el freezer). Es decir que es posible transferir energía del interior más frío al ambiente más caliente que rodea a la heladera (fuente caliente). ¿Violamos la segunda ley? La respuesta es no, porque el sistema no es cerrado; hay un enchufe que le provee electricidad que proviene de fuera del sistema. ¿Qué pasa si la desenchufamos? Lentamente la temperatura del interior alcanzará la del ambiente, porque esa es la ‘dirección’ natural de la transferencia de energía. El proceso ‘antinatural’ que implica su funcionamiento solo es posible con el aporte de energía externa al sistema —por eso la enchufamos—.

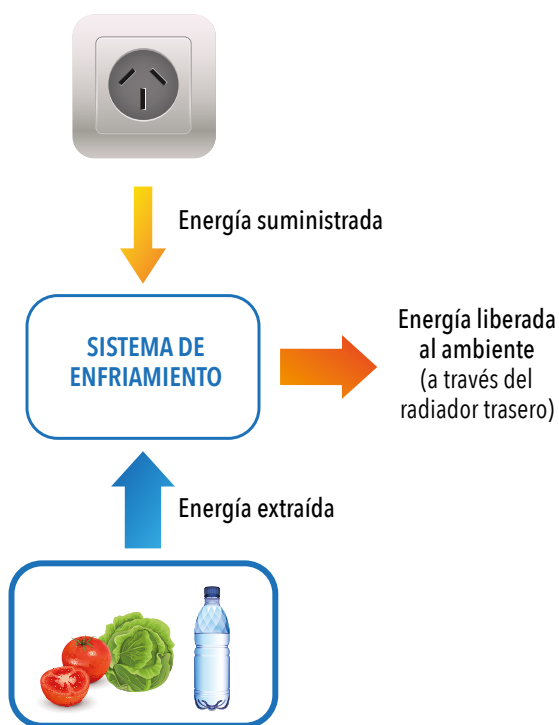
En las heladeras hogareñas se impuso masivamente un sistema de enfriamiento que hace uso de un compresor eléctrico que produce el mismo efecto que en nuestro refrigerador solar ocasiona el carbón activado: bajar la presión para conseguir un descenso de temperatura al evaporarse, en este caso, un fluido refrigerante específico.

¿Cuál será su análogo en la heladera solar, donde no hay partes móviles? Es conveniente para esto identificar una fuente intermedia, además de la fuente caliente y la fría.

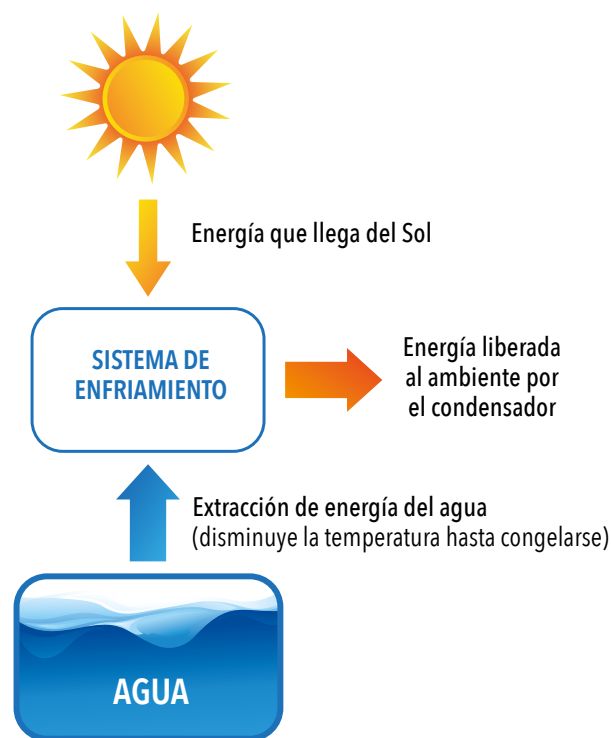
El ingreso de la radiación solar aporta la energía al sistema y produce el calentamiento del colector, que juega un papel análogo al del compresor de una heladera convencional. Recordemos que el aporte de energía en esta última se daba por medio del trabajo que aportaba el compresor, en el equipo solar se da a través de la energía térmica aportada por el Sol. La fuente intermedia necesaria para este caso es el propio ambiente. Allí se libera el calor latente del metanol a través del condensador (en la práctica, el condensador está constituido por un entramado de tubos por



Prototipo construido en la UNGS.



Funcionamiento de una heladera hogareña eléctrica



Funcionamiento de una heladera solar


donde circula el metanol, sumergidos en una cuba con agua que se enfría de forma natural con el aire).

captación de aproximadamente 2m^2 . Como se ve, se trata de una superficie relativamente manejable para el exterior de los hogares.

¿Qué tan grande debe ser la heladera solar?

Cuando se trata de equipos de aprovechamiento solar, siempre se tendrá un límite en la cantidad de energía disponible en un determinado tiempo que está dada por la radiación del Sol que nos llega a la superficie de la Tierra. Supongamos que la heladera posee una eficiencia promedio del 10% y se espera que pueda congelar 2 litros de agua que están a 20°C en un día de verano aprovechando que la radiación se produce durante tres horas centradas en el mediodía. Con esto condicionamos la cantidad mínima de energía que debemos tomar del Sol. En este caso el cálculo arroja una superficie mínima de

El futuro de las heladeras solares

Este tipo de dispositivos se encuentran aún en etapa de desarrollo, pero hay experiencia acumulada en el ámbito académico como para sostenerlos como una alternativa interesante en sistemas de enfriamiento. Son amigables con el medio ambiente, técnicamente simples y su disponibilidad podría resolver problemas donde el acceso a la energía esté dificultado. No obstante, no parece que sean una opción que reemplace fácilmente a las heladeras comerciales. A pesar de que consumen esa energía que compramos, al menos por ahora, estas ganaron su lugar en nuestras casas. 



Ernesto Cyrulies

Magíster en enseñanza de ciencias exactas y naturales, Universidad del Comahue.
Profesor adjunto, UNGS.
ecyrulie@campus.ungs.edu.ar



Andrés Sartarelli

Doctor en ciencias físicas, UBA.
Profesor adjunto, UNGS.
asartare@campus.ungs.edu.ar