

Cuando un líquido se convierte en vapor

Gerardo Torres del Castillo

Departamento de Matemáticas, Instituto de Ciencias
Universidad Autónoma de Puebla

Todos los días se está en contacto con una gran cantidad de fenómenos físicos que pueden ser explicados mediante conceptos sencillos y frecuentemente ocurre que varios fenómenos que en apariencia no están relacionados entre sí se basan en algún hecho común. Un fenómeno muy conocido, que puede servir como ejemplo, es el de la ebullición de un líquido: sabemos que si se mantiene en calentamiento un recipiente con agua, la temperatura irá aumentando hasta que en algún momento el agua comenzará a hervir. Si se continúa calentando, ésta terminará por convertirse toda en vapor que se mezcla con el aire. Hasta aquí todo es muy familiar, pero hay un detalle importante en la conversión del agua (líquida) en vapor que puede observarse si se dispone de un termómetro adecuado (que pueda registrar temperaturas cercanas a 100°C). Cuando se calienta el agua en el recipiente, la temperatura del agua va aumentando poco a poco hasta antes de que comience a hervir, pero una vez que el agua ha comenzado a hervir la temperatura no aumenta más; todo el calor que se siga aplicando a partir de ese momento sirve solamente para que el agua se convierta en vapor, pero la temperatura no aumenta. En otras palabras, aunque el agua se encuentre a la temperatura de ebullición, para que se convierta en vapor es necesario proporcionarle calor adicional (llamado calor latente de ebullición; por cada gramo de agua a 100°C se necesitan 539 calorías).

Lo dicho anteriormente es cierto para cualquier líquido con la diferencia de que algunos hierven a menor temperatura que el agua (como, por ejemplo, el alcohol y el éter) mientras que otros hierven a mayor temperatura que el agua. Cualquier líquido necesita absorber calor para convertirse en vapor, aun cuando se encuentre a la temperatura de ebullición. La diferencia entre las

temperaturas de ebullición de los diversos líquidos se debe a que las fuerzas intermoleculares varían de uno a otro; mientras más débiles son estas fuerzas, más baja es la temperatura de ebullición.

Podemos señalar de inmediato una consecuencia útil de lo antes dicho. Muchos alimentos se cuecen en agua y ésta sirve aquí, entre otras cosas, para proporcionar un termostato difícil de mejorar artificialmente. Si uno pone verduras, por ejemplo, dentro de un recipiente sin agua a fuego directo, la temperatura aumentará y sabemos que las verduras terminarán por quemarse. En cambio, si ponemos agua junto con las verduras, mientras haya agua (líquida) en el recipiente, la temperatura no aumentará demasiado; es decir, por mucho que se mantenga el calentamiento, mientras no se evapore toda el agua, la temperatura no podrá pasar de la temperatura de ebullición de ésta.

Sabemos también por experiencia que no es necesario calentar el agua en una estufa para que se evapore, sino que basta con dejarla en cualquier recipiente abierto para que después de algún tiempo (que podría ser de varios días) se evapore por completo. La rapidez con que se evapora el agua, o cualquier otro líquido, en estas condiciones, depende entre otras cosas, de la extensión de superficie en contacto con el aire, de la temperatura y de la existencia de alguna corriente de aire que se encargue de ir retirando el vapor que se vaya formando. Esto explica por qué se siente frío cuando la piel está mojada, por ejemplo al salir de la regadera o de una alberca; el agua que está sobre la piel se va evaporando, para lo cual necesita absorber calor y lo toma de la piel, que entonces se enfría. Si existe alguna corriente de aire, la evaporación es más rápida y, por consiguiente, el enfriamiento de la piel es también más

rápido. La sensación de frío es más intensa si en lugar de tener agua sobre la piel se tiene alcohol o éter, debido a que estos líquidos tienen una temperatura de ebullición menor que la del agua.

El efecto de enfriamiento producido por la evaporación de un líquido tiene diversas aplicaciones, algunas de las cuales ocurren sin que hagamos algo a propósito. En toda nuestra piel, aunque más concentradas en la frente, las palmas de las manos y las plantas de los pies, se encuentran distribuidas las llamadas glándulas sudoríparas que se encargan de llevar agua a la piel para que allí se evapore absorbiendo calor de nuestro cuerpo (un hombre que viva en un clima templado posee más de dos y medio millones de estas glándulas). De hecho, la piel elimina agua continuamente aun cuando la temperatura ambiente no sea alta, ya que el cuerpo necesita eliminar el calor que se genera constantemente en su interior. Una corriente de aire, que podemos producir al abanicarnos o mediante un ventilador, ayuda a que el sudor se evapore más rápidamente, haciendo que el proceso de enfriamiento sea más efectivo. Existe una segunda clase de glándulas sudoríparas, distribuidas en las axilas y alrededor de la ingle, que más que estar destinadas a producir enfriamiento, secretan sustancias que producen un olor característico. El cuerpo humano también pierde calor por evaporación de agua en la superficie de los pul-

mones, de tal manera que el aire que exhalamos contiene vapor de agua (como puede verse poniendo, por ejemplo, algún objeto de vidrio frente a la nariz o la boca). En el caso de los perros, este mecanismo de enfriamiento es más importante que la sudoración por la piel.

Un detalle importante que hasta aquí no se ha mencionado es el siguiente: cuando un líquido se evapora, el vapor producido se acumula en el aire que está en contacto con la superficie del líquido, pero hay un límite para la concentración de vapor que puede encontrarse en el aire. Cuando hay demasiado vapor de algún líquido, se condensa formando pequeñas gotas, regresando así a la forma líquida. Si se tiene algún líquido en un recipiente cerrado, una parte se evapora hasta llegar al límite en que el aire dentro del recipiente ya no acepta más vapor y el proceso se detiene. En cambio, en un recipiente abierto, el vapor puede salir y la evaporación puede continuar hasta que probablemente todo el líquido se consuma.

La máxima cantidad de vapor (o más precisamente, la máxima densidad que puede existir en el aire) depende de la temperatura; mientras mayor es ésta, mayor puede ser la concentración de vapor, por lo que si hay humedad en el aire y la temperatura disminuye, parte del vapor de agua que hay en el aire tiene que condensarse en pequeñas gotas que forman el rocío que suele aparecer por la mañanas. Por esta misma razón un vaso que contenga algún líquido frío se cubre de rocío si hay humedad en el aire. Por ejemplo, a una temperatura de 20° C, la máxima densidad de vapor de agua es aproximadamente de 0.00002 gramos por centímetro cúbico; esto significa que en una habitación mediana de 30 metros cúbicos puede haber, a lo más, unos 600 gramos de agua en forma de vapor.

Cuando hay mucha humedad en el ambiente, es decir, cuando el aire a nuestro alrededor tiene mucho vapor de agua, el sudor no se puede evaporar fácilmente por lo que casi no se produce enfriamiento y la sudoración continúa sin lograr su propósito. En tal caso se puede sudar abundantemente sin que se consiga bajar la temperatura de la piel, lo cual produce una sensación desagradable. En cambio, si prácticamente no hay vapor de agua en el aire se puede estar sin mayor moles-



tía rodeado de aire a temperaturas mayores a los 100°C .

Así como el agua o el sudor en nuestra piel la enfrían cuando se evaporan, en muchos refrigeradores se produce enfriamiento por evaporación pero, en lugar de utilizar agua, se emplea algún líquido que hierva a baja temperatura. En los refrigeradores tradicionalmente se emplea un compuesto conocido como freón que (a presión normal) hierve a 4.3°C . Cuando se hace pasar este líquido por los conductos que hay en las paredes del congelador, se evapora dentro de esos conductos, para lo cual tiene que absorber calor, enfriando así el interior del refrigerador. El vapor se convierte nuevamente en líquido comprimiéndolo mediante un motor (generalmente un motor eléctrico); pero al comprimirlo se calienta por lo que, antes de que se haga pasar de nuevo por los conductos del congelador, se enfría haciéndolo circular por un conducto que se encuentra en la parte de atrás, por fuera del refrigerador, donde el aire circundante se encarga de eliminar el exceso de temperatura de la sustancia refrigerante. Repitiendo el ciclo varias veces se logra bajar la temperatura dentro del refrigerador al valor deseado.

Otro factor importante en la ebullición de un líquido es la presión atmosférica: la temperatura a la que hierve cualquier líquido depende de la presión; mientras más baja sea, menor es la tempera-

tura a la que hierve. En el caso del agua, al nivel del mar hierve a los 100°C pero, por ejemplo, en un lugar como la ciudad de México, que está a más de dos mil metros sobre el nivel del mar, donde la presión atmosférica es menor, el agua hierve a una temperatura de 96°C y si se lleva un recipiente con agua a una altura suficientemente grande (de unos pocos kilómetros) el agua comienza a hervir sin necesidad de calentarla. Lo anterior tiene también importancia práctica ya que comúnmente se cuecen los alimentos en agua hirviendo. Si esto se hiciera al nivel del mar se cocerían a una temperatura de 100°C , pero en un lugar a mayor altura sobre el nivel del mar, donde, por ejemplo, el agua hierva a 90°C , los alimentos se cocerían a 90°C y por lo tanto requerirían mayor tiempo de cocción (hay que recordar que cuando el agua comienza a hervir su temperatura ya no aumenta). Si, por el contrario, se pudiera aumentar la presión, el agua alcanzaría mayores temperaturas y eso permitiría reducir el tiempo de cocción consiguiéndose así un ahorro de tiempo y de gas o de energía eléctrica. Precisamente, en una olla de presión se aplica este hecho: el vapor de agua que se produce dentro de la olla no se deja escapar por completo, por lo tanto la presión aumenta. Eso hace que la temperatura de ebullición del agua aumente también, y en consecuencia los alimentos dentro de la olla se cuecen a temperaturas superiores a los 100°C .

Como puede verse en los ejemplos citados, el estudio de algunos fenómenos permite entender otros y frecuentemente desarrollar aplicaciones prácticas. El deseo de comprender cómo funciona la naturaleza es el motor principal de la investigación científica y el dominio de este conocimiento es clave para su aplicación.

Lecturas recomendadas

Landau, L.D. y Kitaigorodski, A.I.. *Física para todos*. libro 2, Mir, Moscú, 1984.

García-Colín, L.. *Y sin embargo se mueven... Teoría cinética de la materia, La Ciencia desde México*. No.36, Fondo de Cultura Económica, México, 1987.

Trefil, J.S., *El panorama inesperado*, Biblioteca Científica Salvat, No. 39, Salvat, Barcelona, 1986.



NO

1

2

3

C

D

E

G

H

J