

Cambios de estado de la materia

La materia que nos rodea se presenta en tres estados o fases:

- **Líquida**, como el agua de un río o del mar, la sangre, una bebida y otros.
- **Sólido**, como una piedra, un trozo de madera, un lápiz, una jalea y otros.
- **Gaseosa**, como el aire, el oxígeno, el helio, el vapor de agua y otros.

Pero, ¿puede un mismo tipo de materia presentarse en los tres estados?

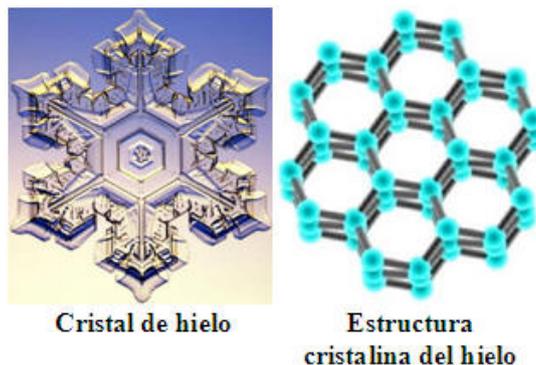
Sí. El ejemplo más cercano lo tenemos con el **agua**. El agua está en estado sólido (hielo, nieve), líquido (mar, lago, río, agua potable) y gaseoso (vapor de agua).



Algunas características de cada estado de la materia son:

Respecto a una materia en estado sólido diremos que:

Tiene una forma bien definida y eso es gracias a que su estructura atómica, cristalina, le confiere la propiedad de soportar fuerzas sin llegar a deformarse definitivamente, o al menos las deformaciones que puede tener no son visibles. Sus átomos están bien cohesionados.



- Un sólido tiene, además, un volumen bien definido.
- La mayoría de los sólidos no se pueden comprimir. Pero conviene precisar un par de situaciones de interés:

- Algunos sí se pueden comprimir, pero vuelven pronto a su forma original, por ejemplo, una esponja.



- Y otros también son deformables a simple vista, son elásticos. Si se les deforma, vuelven a su forma inicial. Por ejemplo: un resorte, un elástico, una varilla y otros.
- Algunos sólidos son frágiles, se les puede romper en pedazos, pero cada pedazo conserva las características generales de un sólido. Su naturaleza no se modifica.
- Otros sólidos son menos frágiles y pueden soportar grandes tensiones. Suele decirse, por ejemplo, que el diamante es la sustancia material más dura que existe. Lo sea o no lo sea, ahí tenemos un sólido que no es frágil. Por esfuerzos cotidianos de las personas, un trozo de acero, una piedra y otros objetos, también pueden considerarse sólidos no frágiles.
- No fluyen. Es decir si ante una abertura colocamos objetos sólidos y alguno de ellos la obstruye, los demás no fluirán.
 - Sin embargo hay algunas situaciones interesantes. Por ejemplo, nosotros sabemos que un vidrio es un sólido y obviamente si nos preguntan si un vidrio fluye o no, nuestra respuesta será un rotundo no. Pero cuidado, en edificaciones muy antiguas hay vidrios ya centenarios y se pueden apreciar que en la parte inferior son más gruesos que en la parte superior, ¿es cierto esto o es un mito? Averigüe.
 - Pero hay algunos sólidos que fluyen. Para ello es indispensable que la abertura por donde lo harán no sea de menor tamaño que la más grande de las partes sólidas. Un buen ejemplo de esto se tiene en los camiones que transportan granos (maíz, arroz u otros), éstos los vacían por medio de sistema de tuberías, casi igual que un líquido, pero es un caso muy especial. También en los silos se trasvasija granos como si fuera un líquido.

○



Si es una materia en estado líquido se tendrá que:

Deberá estar a una temperatura mayor que la que tendría si estuviera sólido. Ya no tiene la estructura atómica, cristalina, que le permite mantener la consistencia de un objeto sólido. Sus átomos están ligados pero no con la misma intensidad que en los sólidos.



Estructura del agua



Agua en el río Petrohue

- Un líquido no tiene una forma definida. Se adapta a la forma del recipiente que lo contiene.
- Mediante la aplicación de fuerzas es muy difícil comprimirlo. De hecho algunos sistemas de freno de vehículos usan un líquido especial, líquido de freno, precisamente por su dificultad de ser comprimido. El lector podría llenar una jeringa con agua, tapara su orificio (cuidando que no tenga aguja) y luego presionar el émbolo, vea si puede comprimirlo.
- Un líquido sí puede fluir. Basta un pequeño orificio en un recipiente que contiene un líquido para que por ahí se salga, fluyendo.
- Algunos líquidos pueden mezclarse entre sí, agua con alcohol etílico por ejemplo, pero otros no pueden hacerlo, agua con aceite sería un buen ejemplo. Si se mezclan son miscibles.



- En los líquidos existe la “viscosidad”. ¿Qué es? ¿lo espeso que es un líquido? Esta es una respuesta muy recurrente, pero no es eso. La viscosidad se relaciona con el roce que existe entre capas, en movimiento, de un líquido.

- Al comienzo de ésta lista se dijo que un líquido no tiene forma definida. Pero, ¿en cualquier lugar no tiene forma definida? Pareciera, pero responda esta pregunta: ¿qué forma tiene un líquido en el espacio?
 - En realidad tiene forma esférica. ¿Por qué? Bueno, en este caso las únicas fuerzas que intervienen son las intermoleculares, y todas las moléculas tenderán a juntarse en razón de esas fuerzas, en consecuencia adquirirá una forma esférica.

Y por último, están los gases:

Estos están a más temperatura que la que tendrían en estado líquido (si se trata de la misma materia). Aquí los átomos y/o moléculas que forma el gas prácticamente no están ligados, mejor dicho las fuerzas que ligan a sus átomos y/o moléculas no son suficientemente poderosas para mantenerlos unidos.

- En los gases prácticamente no hay fuerzas de cohesión entre átomos y/o moléculas.
- No tienen una forma definida. A lo más, pueden adquirir la forma de un recipiente que los contenga (encerrado).
- Los gases fluyen fácilmente por el más pequeño orificio que encuentren.
- Los gases se pueden mezclar entre sí.
- También existe la propiedad de la viscosidad, pero es muy pequeña en este tipo de estado de la materia.
- Se comprimen con gran facilidad.
- Son transparentes.

Si se comparan los estados de la materia podría comprobarse que los sólidos son más densos que los líquidos y éstos más densos que los gases. Esto tiene como consecuencia que un mismo volumen de una materia tendrá más peso si es sólido, luego si es líquido y finalmente si es gaseoso. Pero cuidado, no conviene generalizar, el mercurio es un metal que se presenta normalmente en estado líquido y resulta tener más densidad que muchos sólidos y, en consecuencia, para un mismo volumen tendrá más peso.

Se dice que el **plasma** es otro estado de la materia. Pero es tema para otro nivel de lectura. E incluso se proponen otros estados. Basta que busque información en Internet o en algún libro especializado.

Bueno, pero veamos lo que motiva este artículo:

Los procesos de cambio de estado de la materia.

Hay experiencias cotidianas que se relacionan con proceso de cambio de estado. Por ejemplo:

- Si colocamos agua en una olla y la calentamos y se nos olvida apagar el fuego, el agua terminará evaporándose. Cuidado, que no le ocurra a usted, se va a dañar la olla.
- Si sacamos un cubo de hielo del refrigerador y lo colocamos en el líquido de una bebida, terminará derritiéndose.
- Si colocamos una bebida en el congelador, el líquido se pondrá en estado sólido, se congelará.

Pero, ¿cómo es posible que ocurran esas modificaciones en el estado de la materia?

Algo se menciona más arriba y se relaciona con los procesos de cambio de estado de la materia.

Se dijo que, para una misma materia, en estado líquido tenía más temperatura que un sólido y que si estaba en estado gaseoso tenía más temperatura que en estado líquido. Esto es algo más o menos general.

Es cosa que pensemos en el agua. Si está sólida, tiene temperatura igual o inferior a 0°C , si está líquida (a nivel del mar) tiene temperatura entre 0°C y 100°C , y recién se evapora a los 100°C . Más adelante se tomará nuevamente esta situación, debido a que el agua gaseosa, vapor de agua, puede estar a menos temperatura, incluso a la ambiental.

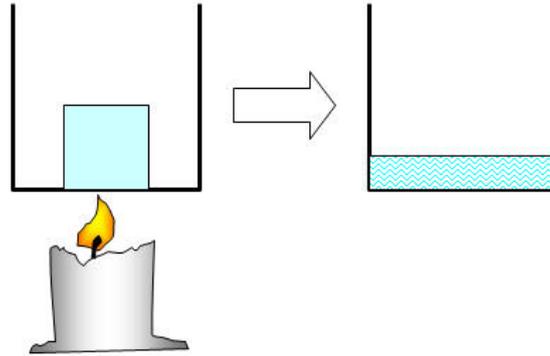
De la experiencia cotidiana:

- ¿qué se debe hacer para derretir un trozo de hielo? ¡Calentarlo!
- ¿qué se debe hacer para evaporar un poco de agua líquida? ¡Calentarla!
- ¿qué se debe hacer para congelar un poco de agua líquida? ¡Enfriarla!

Esas experiencias son muy comunes. Y, por lo mismo, sería interesante tener claro por qué ocurren así.

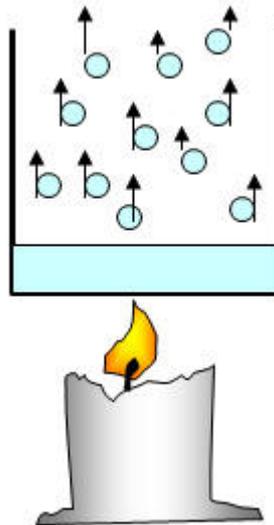
Cuando calentamos un trozo de hielo y luego se derrite (funde), se le está proporcionando energía térmica al hielo. El hielo absorbe esa energía térmica.

Cuando el hielo recibe energía térmica sus moléculas se empiezan a separar. Y llegará un momento en que la cohesión con que siguen ligadas es suficientemente débil para que pierda esa consistencia que lo caracterizaba al estar en estado sólido.



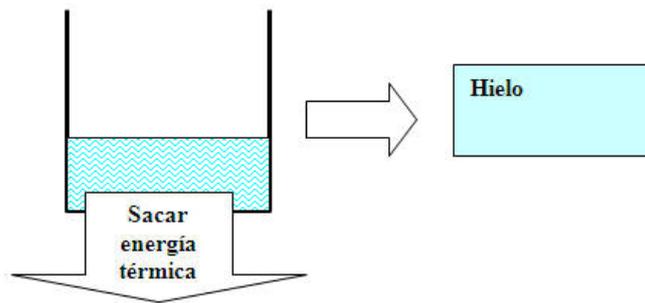
Cuando se calienta agua y esta se evapora, se le está proporcionando energía térmica al agua. El agua absorbe esa energía.

Al igual que el caso anterior, en el agua líquida, al recibir energía térmica, sus moléculas se separan más aún y llegará un momento que la cohesión entre moléculas es tan débil que habrá moléculas que escaparán y se esparcirán en el ambiente, en ese momento el agua líquida se está convirtiendo en gas de agua o vapor de agua.

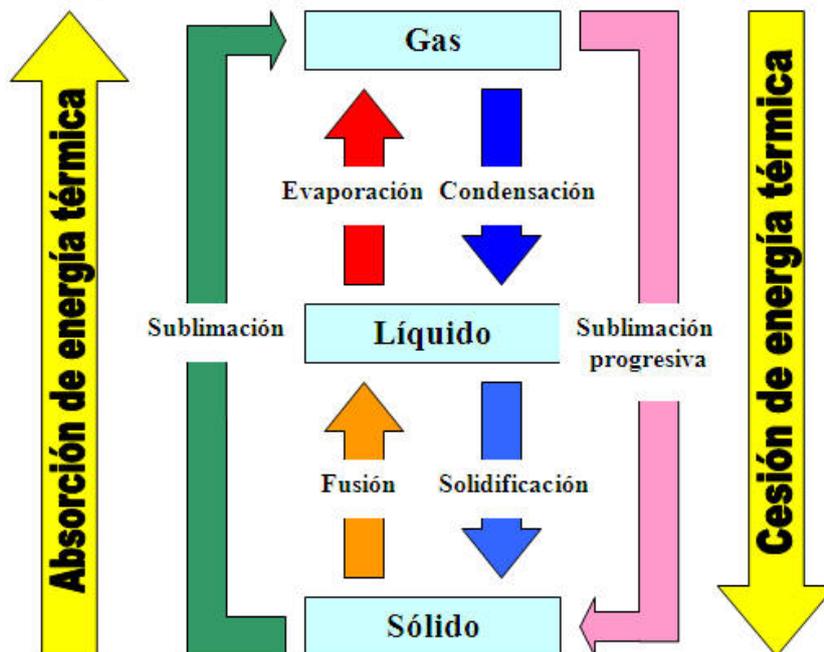


Cuando enfriamos agua para que se congele (solidifique), le estamos quitando energía térmica al agua. El agua está cediendo energía.

Aquí las moléculas de agua líquida pierden movilidad y las fuerzas de cohesión entre ellas va en aumento, lográndose finalmente la estructura cristalina que le da su naturaleza sólida.



En el caso de que moléculas de un gas, de vapor de agua por ejemplo, cedan energía térmica al ambiente, o a otro cuerpo, también perderán movilidad y empezarán a juntarse entre sí, dando origen a pequeñas gotitas de agua. Esto es la condensación, el paso de vapor de agua al estado líquido.



Entonces los cambios de estados de una materia se deben ya sea porque absorbe o porque cede energía térmica.

Pero, ¿siempre que un cuerpo absorbe, o cede, energía térmica cambia de estado? No. Totalmente no.

En general si un cuerpo absorbe energía térmica solo aumenta la temperatura que tiene. Y si la cede, solo disminuirá su temperatura.

Pero hay ciertos valores de temperaturas, para cada tipo de materia, en donde sí se puede producir un proceso de cambio de estado.

Nota. Por ahora no consideraremos factores importantes, en procesos térmicos, tales como la presión y el volumen de la materia. Solo nos referiremos a la temperatura.

Sigamos con el caso del agua.

A nivel del mar, el agua se solidifica solo a 0°C , el hielo se funde solo a 0°C , el agua se evapora a 100°C , el vapor de agua se condensa (se vuelve líquida) a 100°C .

Esas temperaturas especiales también reciben nombres especiales.

La temperatura en que una sustancia se fusiona, o solidifica, es llamada temperatura de fusión o, más usual, **punto de fusión**.

La temperatura en que una sustancia se evapora, o condensa, es llamada temperatura de ebullición, o **punto de ebullición**.

Para el agua son 0°C y 100°C respectivamente, pero para otras sustancias hay otros valores.

Si se tiene hielo a una baja temperatura, menor a 0°C , sus moléculas están cohesionadas de cierta forma. Si el hielo absorbe energía térmica sus moléculas se empezarán a agitar más rápido, pero aún tendrán la cohesión suficiente para no perder su solidez.

Cuando su temperatura alcanza los 0°C y sigue absorbiendo energía, sus moléculas se agitarán más aún y ahí la estructura cristalina de sus átomos se empezará a perder y el hielo se convertirá en agua líquida.

Si el agua está líquida a 0°C , o a otro valor mayor, y absorbe energía térmica, su temperatura empezará a aumentar, y sus átomos se moverán más rápido pero aún tendrán cierta cohesión que no termina por separarlos completamente, pero ya algunos lo hacen. Si sigue absorbiendo energía llegará a una temperatura de 100°C (a nivel del mar), y ahí si las fuerzas de cohesión no serán suficiente para mantener unidos a los átomos y moléculas que forman el agua y empezarán rápidamente a escaparse, con esto se estará produciendo la evaporación del agua.

Si lográramos contener el vapor de agua en un recipiente cerrado y siguiera absorbiendo energía térmica, entonces seguiría aumentando su temperatura. Pero cuidado, no intente hacer esto, podría ser muy peligroso. Averigüe qué puede suceder, por ejemplo, si en una olla a presión falla la válvula de escape y la de seguridad.

Y, al revés.

Si tenemos vapor de agua y le quitamos energía térmica (el vapor cede energía en este caso), primero disminuirá su temperatura (si está a más de 100°C) y luego se condensará, ¿han visto los vidrios empañados? Eso es por la condensación del agua.

Si se tiene agua líquida y ella cede energía térmica, y está a 0°C , empezará a solidificarse.

Atención: En la mayoría de las sustancias la temperatura de fusión coincide con la de solidificación, pero no en todas es así.

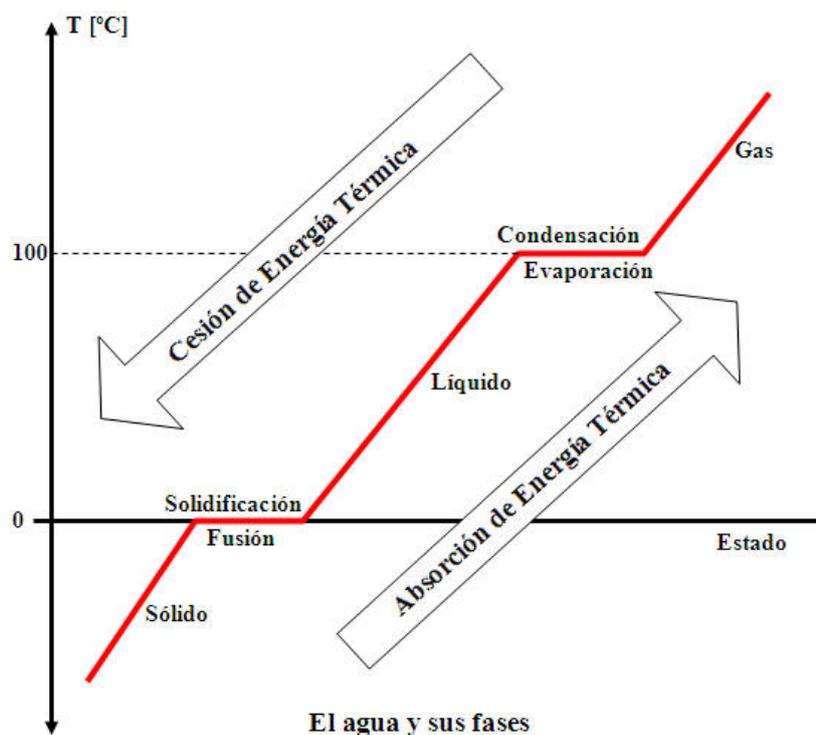
Hay casos en esas temperaturas son diferentes.

Se sugiere que averigüen por la "histéresis".

Ya se ha mencionado, pero repitémoslo.

La fusión, o solidificación, ocurre a temperatura constante. Mientras una sustancia está en proceso de fusión o de solidificación su temperatura no se modifica, será la equivalente al punto de fusión.

Lo mismo ocurre en el otro proceso, el de la evaporación y la condensación. También ocurren a temperatura constante, a la del punto de ebullición.



A ver, varias veces se ha mencionado la expresión “a nivel del mar”. Ocurre que un factor que influye en la temperatura a la que ocurre un cambio de estado es la presión atmosférica, y ella se modifica con la altura. En efecto, a mayor altura es menor la presión atmosférica, y es – entonces – menor la presión que afecta a una sustancia, por lo tanto la cohesión entre sus moléculas y átomos es menor, y eso hace que su temperatura en que empieza a evaporarse es menor a la que se verifica a nivel del mar.

Y también puede producirse, la evaporación, a más de 100°C. Por ejemplo, en una olla a presión, es normal que la evaporación ocurra a los 120°C más o menos.

Otra cosa interesante, y se dijo al comienzo que volveríamos sobre ello, es la temperatura a la que existe el vapor de agua.

Seguramente muchas personas han escuchado indicadores meteorológicos. Entre ellos se habla de la humedad ambiental. ¿A qué se refiere?

Se refieren a la cantidad de agua, en forma de gas, que hay en la atmósfera. Y ese gas, vapor de agua, está a una temperatura bastante menor a los 100°C (que se supone que es la temperatura a la que el agua se evapora). Un día puede estar a 10°C y las personas pueden tener una sensación térmica de frío, e igual hay humedad ambiental, igual hay vapor de agua a esa temperatura, e incluso podría ser menor la temperatura.

¿Cómo se forman las nubes? Con agua que se evapora del mar. Y eso ocurre a temperatura no muy alta. ¿Por qué se secan los charcos de agua que quedan después de una lluvia? En parte se filtran en la tierra, pero también en parte se evaporan al ambiente. ¿Las nubes son vapor de agua o no? Averigüe y responda esta pregunta.

Entonces, ¿cómo ocurre que haya vapor de agua a menos de 100°C?

El agua se evapora constantemente a temperatura ambiental. Cuando se calienta a 100°C solo se acelera el proceso.

En la evaporación del agua lo importante es que las moléculas de agua adquieran la suficiente energía cinética (de movimiento) para que escapen de la atracción que las liga con otras moléculas, y esa energía la “saca” del ambiente. Las moléculas que tienen ese privilegio son las que están en la superficie del líquido. Pero después de ellas vienen otras y así sucesivamente, y toda una gran cantidad de líquido podría terminar evaporándose sin nunca alcanzar una gran temperatura.

¿Es lo mismo evaporación que ebullición?

No, no es lo mismo. La ebullición ocurre cuando la totalidad de un líquido se encuentra a la temperatura de ebullición. Se aprecia cuando “brotan” burbujas. Es muy notorio en el agua hirviendo.

En algunos supermercados, o negocios, venden unos artefactos que se usan para sacar el aire en las botellas de vino (wine saver), una vez abiertas, ello es para evitar que el vino se oxide muy rápido. Bueno, lo importante es que son unos dispositivos para extraer aire de un recipiente cerrado, como una botella por ejemplo.

Consígase uno de esos dispositivos. Hierva agua, deje que se enfríe un poco, hasta unos 70°C más o menos. Vacíela en una botella de vidrio, con mucho cuidado para no romper la botella, hasta las tres cuartas partes. Luego ponga el dispositivo extractor de aire como tapa y empiece a sacar aire de la botella. Al poco rato empezarán a brotar burbujas. El agua empezará a hervir. Y estará hirviendo a menos de 100°C. Es muy fácil y didáctico este experimento.

Y, por último, ¿han escuchado de la “sublimación”?

Es el proceso de cambio de estado de una sustancia, de sólido a gaseoso, sin pasar por el estado líquido.

El hielo seco, por ejemplo, se sublima. Averigüe qué es y cómo se fabrica el hielo seco.

La naftalina y el azufre también se pueden sublimar.

También existe el proceso inverso, es decir, pasar de gas a sólido sin pasar por el estado líquido, esto se conoce como “sublimación progresiva” y un ejemplo bastante común es la formación de los copos de nieve o la escarcha.

Ah, pero capaz que alguien se pueda preguntar: ¿Todas las sustancias pueden presentarse en los tres estados?

No. ¿Se imaginan, por ejemplo, un trozo de madera en forma líquida, o gas de madera? Aquí hay tema pendiente por indagar.

Se ha hablado mucho sobre el agua. Pero los cambios de estados ocurren en muchas sustancias.

Un trozo de cobre, por ejemplo, su punto de fusión es $1.085\text{ }^{\circ}\text{C}$, y su punto de ebullición es $2.567\text{ }^{\circ}\text{C}$. Esto significa que el cobre sólido pasa a estado líquido si se le calienta la temperatura de su punto de fusión y se evapora la temperatura del punto de ebullición.

El Oxígeno tiene su punto de fusión a $-218\text{ }^{\circ}\text{C}$ y su punto de ebullición a $-183\text{ }^{\circ}\text{C}$. Con estos datos se debe entender, entonces, por qué en el aire el oxígeno está en estado gaseoso. Se evapora a una temperatura mucho menor a la que normalmente es la temperatura ambiental.

Bueno, pueden buscar otros valores para otras sustancias.

Para finalizar, un par de preguntas a los lectores más avanzados:

Si una sustancia cambia de fase, de sólido a líquido o de líquido a gas, o al revés, y tiene un volumen constante. ¿Por qué no cambia la temperatura que tiene en esos procesos?

Otro tema interesante es en relación al “sobreenfriamiento” y al “sobrecalentamiento”. Este tema está tratado en el artículo “El calentador de manos reutilizable”, y lo escribió el doctor en Física, señor José Luis Giordano, y se encuentra en la sección “Como funcionan las cosas”, en la página www.profisica.cl.