



# El mundo de la química

# El agua y su mundo

¿Podemos vivir sin agua? ¿Te has preguntado alguna vez qué pasaría si dejaras de tomar agua? ¿Cómo harías para bañarte; para lavar la ropa que usas diariamente? Haciéndote esas preguntas te darás cuenta de que ese líquido que tan comúnmente usamos, y que a veces tal vez no aprecias lo suficiente, rodea muchas actividades de tu vida. Nuestras células tienen un alto contenido de agua y su presencia es vital para la subsistencia. Es éste un líquido de gran importancia en nuestra vida y tiene propiedades especiales que irás descubriendo con la lectura de este fascículo.

La enorme dependencia que tenemos todos los organismos vivos del agua ha llamado la atención de científicos, filósofos, poetas y muchos otros pensadores que la han asociado con la química desde tiempos muy remotos. Algunos, han afirmado incluso, que alrededor del agua existe un misterio, un arte y una ciencia.



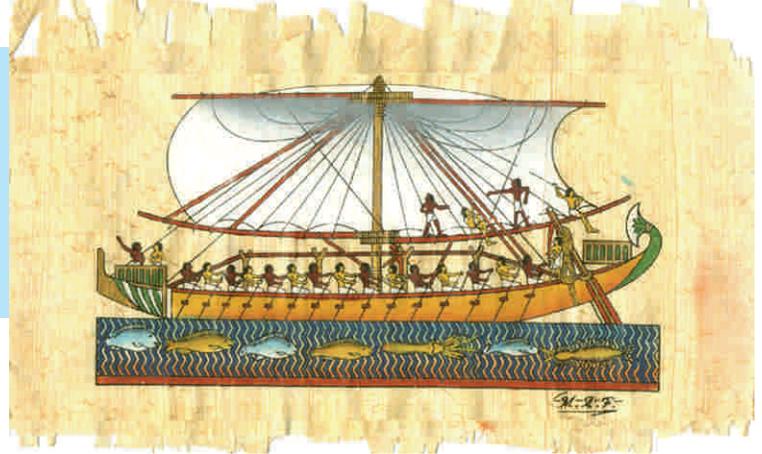
# Importancia del agua



Históricamente el agua ha servido como base del desarrollo de muchas de las poblaciones que hoy en día conocemos. El agua y la civilización no pueden ser separadas. De hecho, la ausencia de agua siempre ha estado asociada con la desaparición de los seres vivos.

Las primeras civilizaciones nacieron en los valles de los grandes ríos: el Tigris y el Eufrates en la antigua Mesopotamia, el Nilo en Egipto, el Indo en Pakistán y el Yangtsé o Yangtzé en China; sus torrentes hicieron posible que esas sociedades pasaran de una actividad agrícola de subsistencia a una economía próspera.

En Egipto se crearon los primeros sistemas de riego y diques que permitieron utilizar, en época de sequía, el agua del Nilo que había sido almacenada durante el invierno. Igualmente en Mesopotamia (hoy Irak) se logró canalizar el agua de los ríos Tigris y Eufrates para satisfacer el consumo humano y regar las plantaciones de trigo.



146



Moisés cruzando el Mar Rojo. Capilla Sixtina, Roma, Italia.

Como el agua siempre ha sido tan importante para los humanos, no sólo se han desarrollado civilizaciones alrededor de ella, sino que también han nacido muchas historias, mitos y leyendas.

Uno de los pasajes de la Biblia da cuenta de la división de las aguas del Mar Rojo por parte de Moisés.

La mitología narra que los celtas lanzaban monedas y joyas a los ríos y lagos para agradecer a los dioses porque pensaban que ellos vivían allí.

Los chinos creían que los fantasmas podían atravesar el agua sólo en línea recta, y colocaban puentes en zig-zag para evitar su llegada.

También en la mitología griega hay muchas asociaciones con el agua. La principal es la de Neptuno, dios de los mares. Otra es la princesa Juturna, quien al no poder evitar una guerra con los troyanos se ahogó mientras su hermano moría en batalla. Zeus tuvo piedad de ella y la convirtió en una ninfa: la diosa de las "aguas tranquilas". En el Foro Romano, en Italia, existe una fuente sagrada en su honor.



# El planeta azul y el color del agua

A nuestro planeta, la Tierra, se le llama el planeta azul precisamente por la gran extensión de nuestros océanos y mares. Tan sólo un 29,2% de la superficie de la Tierra está formada por tierra firme, mientras que un 70,8% está cubierta por el mar. Esta enorme presencia determina, en buena parte, la existencia de vida en nuestro planeta.

A pesar de que el agua de los mares y océanos pareciera ser de color azul o azul-verdoso, **el agua es incolora**. El color observado es el resultado de fenómenos de difusión, absorción y, sobretudo, reflexión/refracción de la luz que penetra la superficie marina y oceánica. Así que, por una parte, lo observado depende de la intensidad de la luz que incide sobre la superficie, la presencia de nubosidad y el estado de agitación del agua. Pero por otra parte, el color que se ve puede depender fuertemente de la concentración de partículas, organismos o microorganismos presentes en suspensión en una zona determinada. Así pues, en la cercanía de ciertas costas y desembocaduras de ríos, el agua pareciera ser de color marrón-amarillo y hasta rojizo, producto de los sólidos en suspensión que son arrastrados desde tierra hacia los mares u océanos.

Los organismos microscópicos que presentan coloraciones propias pueden modificar la tonalidad y es así como las aguas del Golfo de California, llamado Mar Bermejo, y las del Mar Rojo tienen un color pardo debido a la presencia de algas, minúsculos animales dinoflagelados (fitoplancton marino) que poseen estas coloraciones y una elevada concentración de sal, 42 ‰ (por mil).

Cuando la cantidad de dinoflagelados coloreados aumenta en el agua del mar y llegan a existir diez millones de individuos por milímetro cúbico de agua, entonces forman lo que se conoce con el nombre de "marea roja". En el estado Sucre, por ejemplo, tenemos el caso de Playa Colorada, que recibe ese nombre debido a que sus arenas contienen altos porcentajes de arcilla, haciendo que la playa se vea de color rojizo. En verdad, en ninguno de esos casos el agua es coloreada.



147



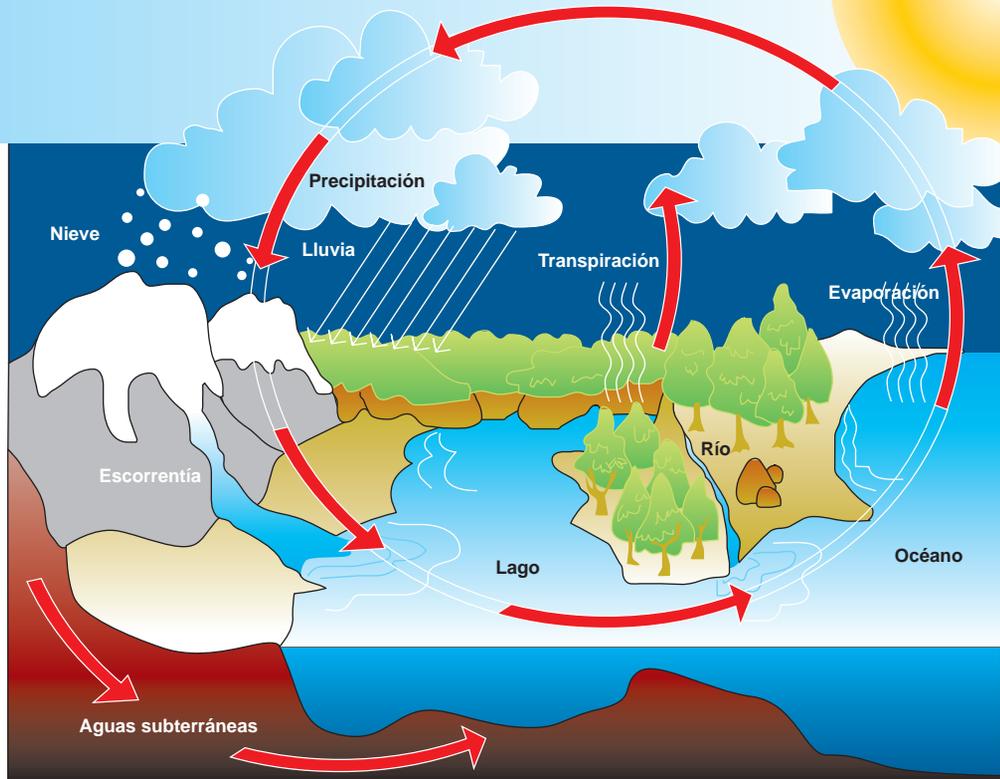
## ¿Sabías que...?

El agua es indispensable para la vida del ser humano. Es el principal agente termoregulador del organismo; permite conseguir un equilibrio de temperaturas en todo el cuerpo y hace posible la disipación del calor metabólico que observamos cuando realizamos ejercicios fuertes. Nuestro organismo, y el de cualquier otro ser vivo, necesita agua para funcionar normalmente puesto que tanto las reacciones bioquímicas como el transporte adecuado de las sustancias tienen lugar en solución acuosa. Además, el agua constituye al menos dos terceras partes del cuerpo humano.



# El ciclo del agua

El calor del sol hace que el agua de los ríos, océanos, mares y lagos se evapore. Es por ello que el aire contiene una cantidad considerable de agua en forma de vapor, la cual se conoce como **humedad atmosférica**. Cuando el aire se enfría, el vapor se condensa y el agua se precipita bajo formas diversas (lluvia, nieve, granizo, rocío...). Una parte del agua vuelve a caer sobre el mar, otra circula por los terrenos y se encauza en torrentes y ríos que desembocan en mares, océanos y lagos. Y una gran cantidad de ella se infiltra y origina corrientes y lagunas subterráneas que luego afloran en los manantiales.



De toda la cantidad de agua que hay en el planeta, solamente el 3% es agua dulce y apenas la mitad de ella es potable. El agua de procedencia natural (de mar, ríos, pozos, lagos o de lluvia) contiene cantidades variables de sales (alcalinas y alcalinotérreas) y gases (dióxido de carbono y aire), además de compuestos orgánicos y microorganismos. Se le considera potable cuando está libre de gérmenes y sustancias químicas dañinas y, por tanto, es apta para consumo humano. Debe ser límpida e inodora, fresca y agradable, contener algunos gases y sales disueltos en pequeñas cantidades, pero no debe tener materias orgánicas, gérmenes o bacterias. Para hacer que el agua sea apta para consumo humano se puede someter a ebullición, filtrado, coagulación, cloración, aereación o destilación. En la mayoría de las grandes ciudades se utiliza una combinación de todos estos métodos en las plantas de tratamiento.

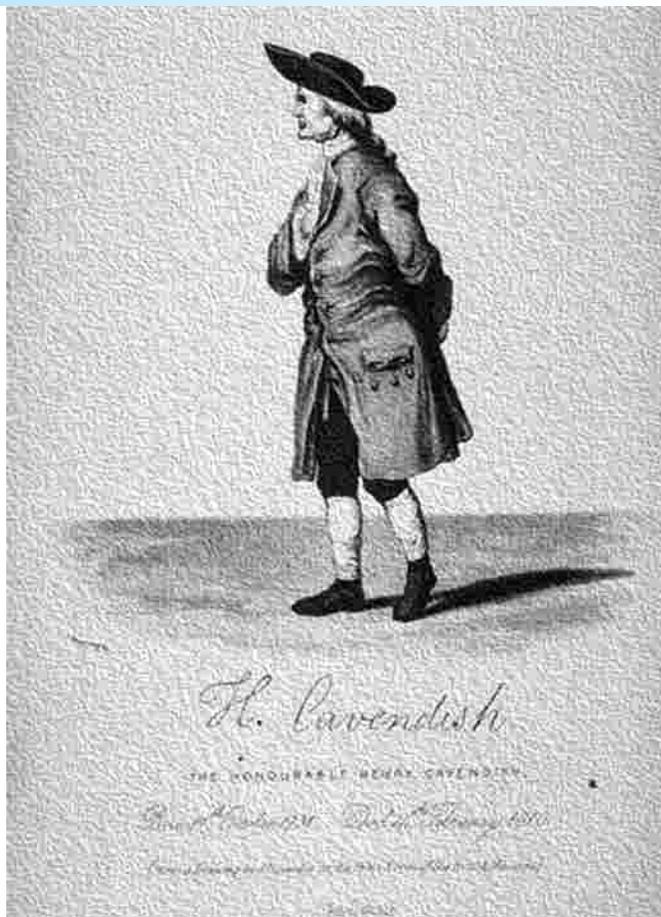
148

En nuestra vida diaria convivimos con los tres estados físicos del agua. Los cambios de estado de la materia fueron considerados en capítulos anteriores. Un compuesto en estado sólido lo podemos pasar al estado líquido por fusión, o al gaseoso directamente por sublimación. Igualmente, se puede pasar del estado líquido al gaseoso por evaporación. Todos estos procesos requieren energía para producirse. Cabe recordar que también los procesos inversos ocurren pero con liberación de energía.

El agua posee un intervalo amplio de temperaturas en las que se mantiene en estado líquido. Ese intervalo, a presión de una atmósfera (nivel del mar), va desde 0 °C, temperatura de congelación, a 100 °C que es su temperatura de ebullición. Históricamente, se han tomado las temperaturas de fusión y ebullición del agua como referencia de la escala de temperaturas.

## Un poco de historia

Henry Cavendish (1731–1810) fue un científico inglés que se destacó principalmente por sus aportes a la química y la física. Algunos de sus trabajos estuvieron relacionados con la electricidad, para lo cual midió la fuerza de la corriente eléctrica dándose a sí mismo descargas para estimar la magnitud del dolor. Además, perfeccionó la técnica de recolección de gases en agua y fue el primero en colocar un nombre a los componentes de ésta. Lavoisier demostró poco después que el agua está constituida, exclusivamente, por hidrógeno y oxígeno. Por su parte, Cavendish es muy recordado por su determinación de la composición del aire y la densidad media de la Tierra.

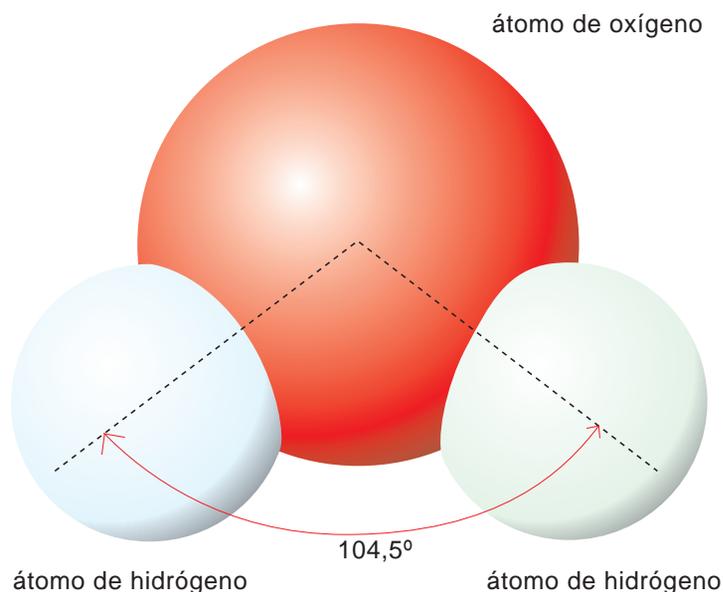


# ¿Qué tipo de compuesto es el agua?

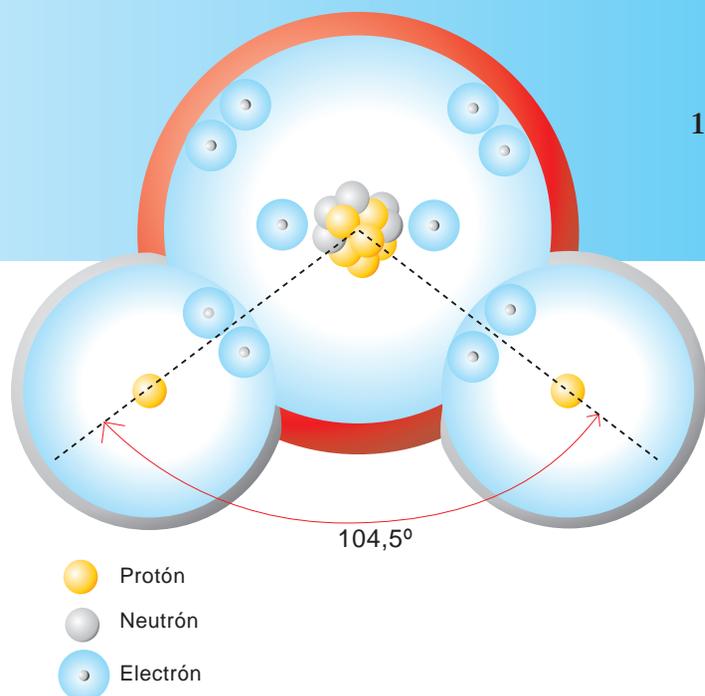
A pesar de lo simple que pueda parecer como sustancia, el agua tiene propiedades muy interesantes que determinan que se encuentre en estado líquido y la convierten en elemento indispensable en la vida diaria.

## El agua: Compuesto, molécula y estados físicos

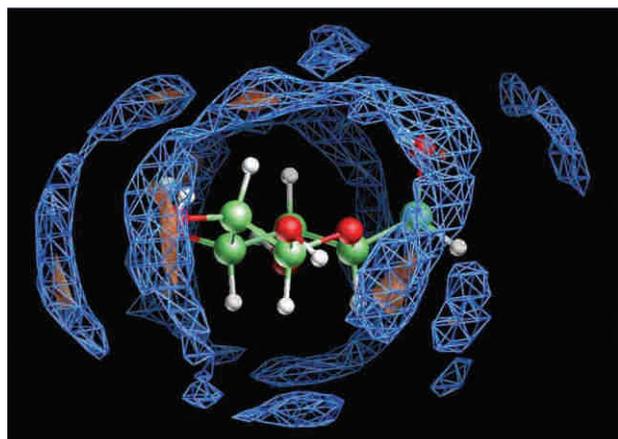
El agua pura es inodora, incolora e insípida. Es un compuesto formado por átomos de hidrógeno y oxígeno, y su fórmula química es  $H_2O$ . En la molécula de agua los dos átomos de hidrógeno se unen a uno de oxígeno a través de enlaces covalentes (que discutimos en un fascículo anterior), formando una molécula de geometría angular, tal como se observa en la figura.



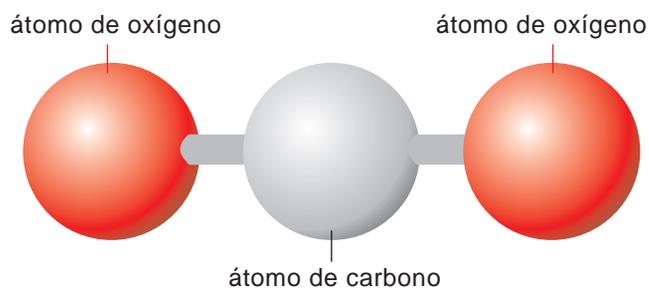
La estructura geométrica de la molécula de agua se debe a que los dos pares de electrones libres (no enlazados) del átomo de oxígeno crean una densidad de carga que actúa sobre los dos enlaces H-O obligándolos, por efecto de repulsión de cargas, a cerrar el ángulo H-O-H, que forman los tres átomos hasta un valor de 104,5°. Es por ello que el agua presenta una estructura angular en vez de una posible estructura lineal como otras moléculas triatómicas, por ejemplo, el  $CO_2$ .



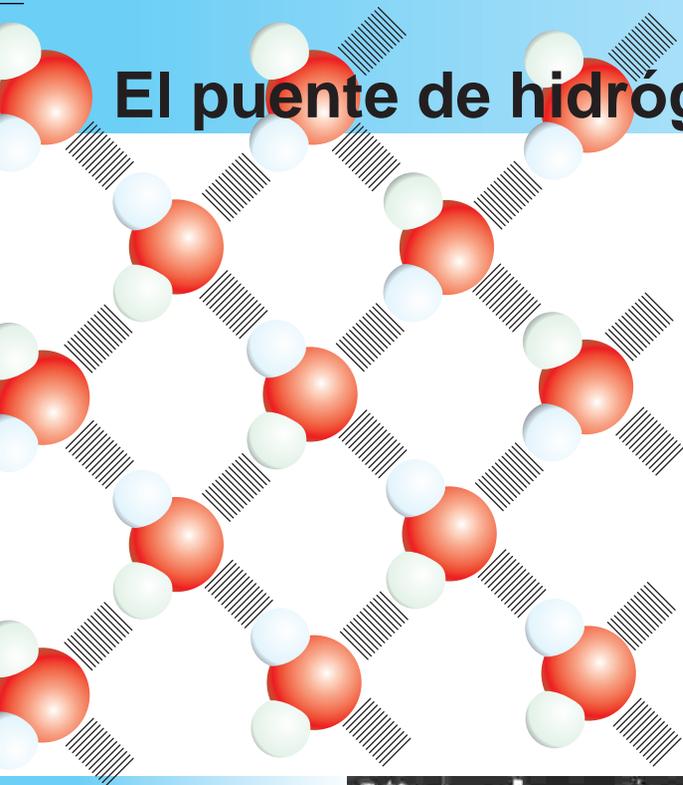
149



Molécula de glucosa envuelta en una capa hidratada de moléculas de agua



# El puente de hidrógeno y el agua



Un punto importante a considerar es que a nivel físico-químico, mientras en la mayoría de las sustancias la densidad aumenta a medida que la temperatura disminuye, en el caso del agua esto se cumple sólo hasta bajar a 4 °C. Cuando el agua se continúa enfriando por debajo de esta temperatura, la densidad disminuye. Es por ello que el hielo flota en el agua líquida.

Este comportamiento, aparentemente anómalo del hielo, se debe a que la estructura generada por interacciones llamadas puentes o enlaces de hidrógeno en estado sólido tiene un volumen molar mayor que aquel que posee en estado líquido. En las figuras se muestran, esquemáticamente, estos enlaces en ambas fases.

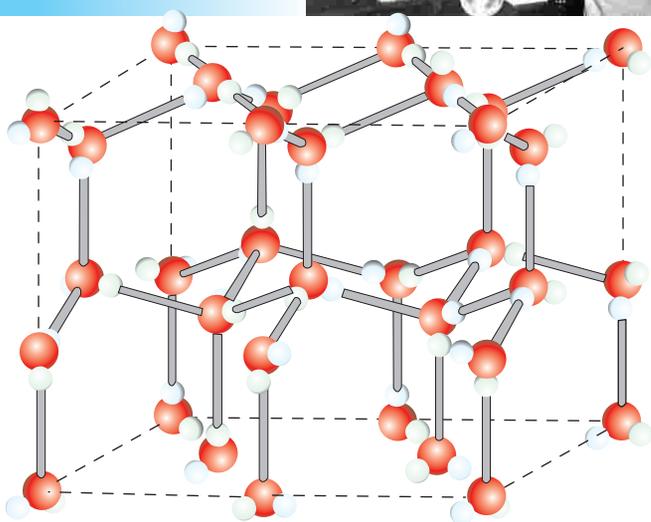
Para formar puentes de hidrógeno es necesario que las moléculas posean átomos con electrones no compartidos (como los oxígenos del agua) y que estos átomos sean muy electronegativos y de pequeño tamaño, como el oxígeno, el flúor y el nitrógeno. A pesar de que un puente de hidrógeno no es tan fuerte como un enlace covalente, es suficientemente resistente para determinar ciertas propiedades de un estado de la materia intermedio entre el sólido y el gaseoso, como lo es el estado líquido.

Efectivamente, el agua se presenta en estado líquido, a presión atmosférica en el intervalo de temperatura conocido, porque sus moléculas están unidas entre sí por enlaces de hidrógeno, tal como fue sugerido por Linus Pauling (foto). Estos puentes favorecen la unión de las moléculas y, como resultado, el agua líquida tiene una estructura relativamente ordenada (figura), y muy estable en un intervalo de temperaturas amplio. Los puentes de hidrógeno se forman y se rompen de manera continua a una velocidad que oscila entre una milmillonésima de segundo (un picosegundo) y una billonésima de segundo (un femtosegundo).

Cuando el agua pasa al estado sólido, es decir cuando se convierte en hielo, por efecto de la disminución de la temperatura las moléculas se organizan en una estructura que a pesar de ser compacta tiene un mayor volumen. Tal como observas en la imagen, cada molécula de agua se enlaza con otras cuatro a través de puentes de hidrógeno. Por lo tanto, en un volumen dado de hielo hay menos moléculas de agua que en el mismo volumen de agua líquida. Este es el motivo por el cual cuando el agua se congela su volumen aumenta y como consecuencia el hielo formado al congelarse el agua a 0 °C flota sobre ésta. Es también por esta razón que se rompen los envases de vidrio cuando se congelan botellas completamente llenas de agua.



150



## Interesante

Gracias a la particularidad de que el hielo flota sobre el agua es que muchas especies vivas pueden sobrevivir bajo mares congelados en aquellos países donde las temperaturas descienden considerablemente en invierno. En los mares y lagos se congela primero la capa superficial de las aguas, quedando por debajo del hielo agua líquida, cuya temperatura aumenta con la profundidad, llegando a ser de 4 °C en el fondo. Durante los meses invernales, este fenómeno permite el mantenimiento de la vida vegetal y animal en el agua.



# El agua es un regulador térmico muy estable

La capacidad del agua para modificar su temperatura depende de su calor específico (cantidad de calor que se debe absorber o perder para que 1g de sustancia cambie su temperatura en 1 °C).

El calor específico del agua es muy alto comparado con la mayoría de las sustancias. Por ello cambia su temperatura muy lentamente. Si tocas una olla donde se está calentando agua, te quemas el dedo mucho antes de que el agua comience a evaporarse debido a que el calor específico del agua es 10 veces mayor que el del hierro. Además, para evaporar un gramo de agua hace falta aproximadamente siete veces más calor que para fundirlo. Ésta es una propiedad relacionada con los puentes de hidrógeno, ya que la energía en forma de calor que se suministra al agua cuando se calienta, se utiliza para romper los puentes de hidrógeno existentes y para aumentar la energía cinética de las moléculas de agua.

Este fenómeno afecta enormemente a nuestro planeta, porque cuando la temperatura aumenta apenas un poco, las grandes masas de agua absorben y almacenan una gran cantidad de calor.



En los países en los que hay invierno, el enfriamiento gradual del agua calienta el aire y hace el invierno menos cruel. Es por ello también que los cambios estacionales en las zonas costeras son menos radicales que en las regiones internas. Además, el enfriamiento gradual del agua ayuda a que las temperaturas en los océanos puedan ser bastante estables, lo que favorece la vida marina.

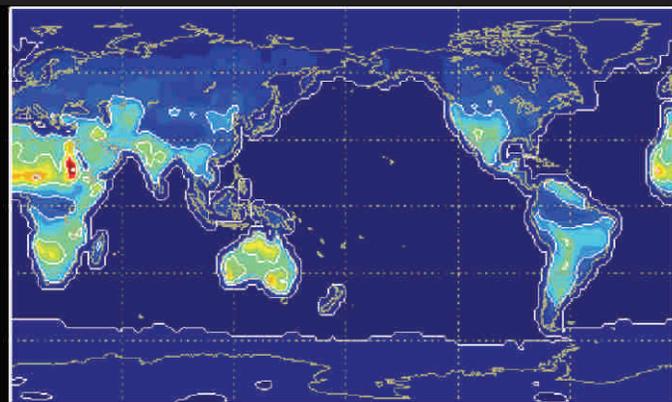
El agua que cubre nuestro planeta mantiene los cambios de temperatura dentro de límites que permiten la vida, y, como nosotros estamos hechos principalmente de agua, tenemos mayor capacidad para resistir los cambios estacionales que si estuviéramos compuestos por otro líquido con menor calor específico.

Si se pretendiera descomponer el agua en sus constituyentes, hidrógeno y oxígeno, se requeriría una gran cantidad de energía para lograrlo, mucho mayor que la energía necesaria para fundirla, calentarla o evaporarla, dado que para el agua sus enlaces intramoleculares son más fuertes que los intermoleculares.

## Para pensar

Te has preguntado por qué la ropa o tu cuerpo ¿se seca al aire libre con o sin sol? ¿Qué le ocurre al agua que moja la ropa o el cuerpo, por qué es más rápida con sol que sin sol?

Media de evaporación potencial 1979-95  
(W/m<sup>2</sup>/s)



MAX=821.216  
MIN=-3.63381



La evaporación potencial está definida como la cantidad de agua que puede ser evaporada donde se encuentre disponible. En el mapa destacan las zonas desérticas ya que su potencial de evaporación es muy alto.

151



# Agua: Un solvente como pocos



*Dissolving.*  
Cai Xiaohua, pintor chino.  
<http://www.shangallery.com>

Otra de las características principales del agua es que disuelve muchas y muy variadas sustancias, de tal manera que el mar es una inmensa solución de diversos solutos (por ejemplo  $O_2$ , NaCl, entre muchos otros). El agua es considerada por muchos como el solvente (disolvente) perfecto. Sin duda, el agua es el solvente más común de nuestro planeta y es capaz de disolver muchas sustancias, pero no todas.

Los compuestos iónicos como el NaCl y covalentes polares como el HCl son generalmente solubles en agua y en solventes con propiedades similares a ella, mientras que los compuestos covalentes –no polares– (hidrocarburos) lo son en solventes similares a los aceites. Al agua y a los solventes similares se les denomina polares, mientras que al aceite y a aquellos que se le parecen se les denomina no polares. Los líquidos polares, agua y alcohol, por ejemplo, son solubles (miscibles) entre sí. De igual manera son miscibles entre sí los no polares, por ejemplo, aceite y kerosene, pero el aceite y el agua son inmiscibles, pues el primero es polar y el segundo no.

## Solubilidad en agua

Otro punto importante es que a pesar de que hay compuestos muy solubles en agua, como la sal y el azúcar, su solubilidad no es ilimitada. Ella depende de la naturaleza química del soluto y de la temperatura. ¿Puedes decir dónde es más fácil preparar “agua de azúcar”, en agua helada o en agua a temperatura ambiente?

En el caso de solutos gaseosos, la solubilidad también depende de la presión. A diferencia de lo que ocurre con la mayoría de los sólidos en agua, que su solubilidad crece con el aumento de la temperatura, ocurre lo contrario con los gases. ¿Sabes cuándo se libera más gas de una malta, cuando la abres fría o cuando lo haces a temperatura ambiente?

Por cada temperatura existe un máximo de soluto que se puede disolver en una cantidad determinada de agua. A este máximo se le conoce como solubilidad de un soluto a dicha temperatura y se expresa generalmente en gramos de soluto por cada 100 g de agua. Se dice entonces que la solución está saturada a dicha temperatura. Mientras que por debajo de este valor la solución es insaturada o no está saturada a la temperatura considerada.

Cuando una solución saturada de un sólido es enfriada cuidadosamente llega a contener más soluto de la que el agua puede disolver a esa temperatura. En estos casos se dice que la solución está sobresaturada. Esta es una condición inestable de las soluciones ya que si se la agita bruscamente, si se raspan las paredes del envase que la contiene con un agitador de vidrio o si se le agrega un cristal de la sustancia que se está disolviendo, todo el exceso de soluto abandonará la solución dejando en ella sólo la cantidad de soluto que puede disolver el disolvente (agua en este caso) a esa temperatura. Después de la precipitación del exceso de soluto, quedará una solución saturada y en el fondo soluto sólido.

