EL AGUA... TAN ANÓMALAMENTE INTRIGANTE

Posted on 5 septiembre, 2014 by Hilda Mercado Uribe



Aproximadamente, dos terceras partes del planeta Tierra están cubiertas por agua. Y hay fuertes evidencias científicas de que la vida se originó en los océanos. En este contexto, el bioquímico húngaro, Albert Szent-Györgyi, premio Nobel de medicina, consideró que "el agua del océano es un legado que traemos guardado en nuestro cuerpo"...

Category: Ciencia

Tag: Ciencias Exactas

El agua es el único líquido inorgánico que existe en forma natural y también, el único compuesto químico que se puede encontrar naturalmente en los tres estados físicos: sólido, líquido y vapor. Aproximadamente, dos terceras partes del planeta Tierra están cubiertas por agua. Y hay fuertes evidencias científicas de que la vida se originó en los océanos. En este contexto, el bioquímico húngaro, Albert Szent-Györgyi, premio Nobel de medicina, consideró que "el agua del océano es un legado que traemos guardado en nuestro cuerpo", refiriéndose a que las concentraciones iónicas de nuestra sangre reflejan todavía las que había en los océanos prematuros. Además, nuestras células están constituidas mayormente por agua (70-80 %), siendo esta indispensable para que nuestra

maquinaria celular lleve a cabo sus funciones.

La percepción general que se tiene del agua es que es un líquido ordinario, y muy pocos conocen sus propiedades excepcionales, que se han denominado anómalas. Este adjetivo no se debe a razones curativas o espirituales. El agua, a pesar de parecer una sustancia tan simple, es rebelde y desafiante a las predicciones más actuales de la Teoría de Líquidos. Y generaciones de importantes científicos han dedicado un gran esfuerzo para avanzar en su compresión.

> *Aunque la molécula del agua es neutra, su carga eléctrica no está distribuida homogéneamente*

El comportamiento anómalo del agua tiene su origen en las características físicas de la molécula y las interacciones que establece con sus pares. La molécula del agua es muy pequeña (su tamaño es aproximadamente de 3×10^{-10} m) y está formada por dos átomos de hidrógeno y uno de oxígeno, que se unen entre sí por enlaces relativamente fuertes (de alrededor de 5 eV), llamados enlaces covalentes. Aunque la molécula del agua es neutra, su carga eléctrica no está distribuida homogéneamente, más bien se encuentra concentrada cerca de la región del oxígeno. Se dice entonces que es polar, es decir, que cuando está en presencia de un campo eléctrico, se alinea en esa dirección.

Más interesante es la interacción que se establece con moléculas de agua vecinas. Esta se realiza mediante enlaces conocidos como puentes de hidrógeno, que ligan un polo positivo de una molécula con un polo negativo de otra. Tales uniones, por cierto, son mucho más débiles que los enlaces covalentes (20 veces menores). Esta característica hace del agua una sustancia muy inquieta, pues los puentes de hidrógeno están constantemente rompiéndose y volviéndose a formar. ¡De hecho, su vida media es de tan solo una billonésima de segundo! Uno pensaría entonces que al calentar el agua estos enlaces se rompen de manera más fácil, pues la energía térmica empieza a competir con la energía de los puentes de hidrógeno. Efectivamente; sin embargo, esto trae como consecuencia una de las anomalías más conocidas del agua, que se relaciona con su punto de fusión. De todos es conocido que la transición de fase de sólido a líquido del agua ocurre a los cero grados centígrados, pero las estimaciones obtenidas cuando se le compara con otros compuestos similares que contienen hidrógeno, dan como resultado que el agua debería en realidad fundirse a los -100 grados. Algo similar ocurre con su punto de ebullición, pues este debería ocurrir a los cero grados. Una consecuencia inmediata de lo anterior es que el agua en realidad se debería encontrar en la naturaleza mayormente en estado gaseoso, en lugar del estado líquido en la que se encuentra habitualmente. Igualmente perturbador es que la vida tendría que transcurrir a temperaturas menores a las que estamos acostumbrados (alrededor de 100 grados más abajo). La explicación más convincente de ambas anomalías es que una buena parte de la energía térmica aplicada a la sustancia se invierte en romper los puentes de hidrógeno, y el resto se usa para lograr

la transición en cuestión.

Y a propósito de las bajas temperaturas, es inevitable traer a colación una de las propiedades más distintivas del agua en estas condiciones. Nos referimos a que en su punto de congelación, esta sustancia disminuye su densidad; algo que nuevamente, no sucede con otros líquidos. La razón es que el agua se expande, debido a que durante el proceso de cristalización los puentes de hidrógeno forman una red hexagonal abierta con grandes espacios vacíos que no existían en el estado líquido. El resultado es que esta masa, convertida en hielo, flota. Es esta característica la que hace posible que los organismos acuáticos que enfrentan crudos periodos invernales puedan protegerse y sobrevivir debajo de las capas de hielo. El mismo hielo en cubos que hace el congelador de nuestra casa. Vale hacer esta aclaración, pues el agua tiene la versatilidad de formar distintas estructuras cristalinas dependiendo de las condiciones de temperatura y presión a las que esté. Hasta ahora se han podido obtener en el laboratorio 15 estructuras diferentes de hielo.

El agua tiene una indiscutible participación en una gran cantidad de procesos biológicos. En casi todos ellos es muy obvia, pero si nos centramos en su carácter anómalo, hay dos manifestaciones que han generado acalorados debates en la comunidad de científicos interesados en el agua. La primera es que el agua pura puede existir en estado líquido a temperaturas mucho más bajas de los cero grados centígrados. A esta fase del agua se le ha llamado superfría, y se ha obtenido a presión ambiental en el laboratorio hasta los - 41°C. A temperaturas más bajas que esta, cambia abruptamente y se convierte en hielo cristalino. Pero ¿cuál es la causa que determina la temperatura mínima a la que el agua puede enfriarse antes de convertirse en hielo? Este es uno de los grandes problemas que no han sido resueltos todavía. Recientemente se reportaron resultados de estudios computacionales que muestran la formación del hielo hasta los -48°C, evidenciando también que dicho proceso es más complejo de lo que se pensaba, pues existen cambios físicos a nivel molecular que no se conocían y que preceden a la cristalización. Así, las anomalías del agua en esta región se acentúan. Las investigaciones continúan echando mano de modelos teóricos y de una diversidad de técnicas de laboratorio.

Comprender las peculiaridades del agua superfría tiene una gran relevancia, no solo por ser un tema de ciencia básica per se, sino porque tiene implicaciones en muchos ámbitos. Por ejemplo, los científicos que trabajan en el área de meteorología, crean modelos de la atmósfera terrestre basados en la cantidad de calor que absorben por unidad de masa (calor específico) el agua muy fría y el hielo que se encuentran dispersos sobre la Tierra. De manera que la determinación de la proporción de ambas fases, repercute en la precisión de las predicciones que se realizan. Una muy importante es el calentamiento global.

> *La fase superfría del agua es también un recurso que tienen algunas plantas, peces, insectos y otras especies*

La fase superfría del agua es también un recurso que tienen algunas plantas, peces, insectos y otras especies, para sobrevivir en ambientes de muy bajas temperaturas. Ellas han desarrollado estrategias para disminuir el punto de congelación de sus fluidos corporales a temperaturas muy por debajo de las mínimas soportadas comúnmente por los organismos. Si el agua presenta estas y otras excentricidades en su estado libre (en bulto), cuando se encuentra confinada en pequeños volúmenes, su comportamiento es aún más intrigante. El caso más trascendente es el que se presenta precisamente en el ambiente celular. El citoplasma contenido en la célula es fundamentalmente agua, la cual desempeña un papel muy activo en la vida de la misma, al grado de que una buena parte de los biólogos moleculares la consideran como un tipo de biomolécula. En este ambiente tan densamente poblado por iones y moléculas de características diversas, el agua ocupa un espacio muy reducido, y el tipo de superficie con las que hace contacto, modifica en forma diferente su estructura y dinámica; como el agua a su vez, modifica la esencia de estas estructuras inmersas en ella. Se conoce poco de estas interacciones aunque hay una gran cantidad de modelos y experimentos para poder explicarlas.

Un enigma también es que el agua confinada en espacios tan reducidos cristaliza a temperaturas muy bajas, esto es, se puede encontrar en estado superfrío. Por lo que las investigaciones del agua confinada proporcionan un medio para explorar la región de temperaturas inaccesibles del agua en bulto. La mayoría de las propiedades peculiares del agua se han explicado en base a la capacidad que tiene la molécula de tejer una red tetraédrica de puentes de hidrógeno con otras moléculas de agua. Sin embargo, existen todavía bastantes preguntas fundamentales que aún no hemos podido responder. Por ahora, quedémonos con lo que Szent-Györgyi dijo después de dedicar parte de su vida al estudio de esta sustancia: “la vida es el agua bailando al ritmo de los sólidos”. C^2