

Agua es Vida*

Javier Sancho Sanz

Departamento de Bioquímica y Biología Molecular y Celular
Facultad de Ciencias, Universidad de Zaragoza, 50009 Zaragoza

Abstract

Water is the simplest compound formed by oxygen and hydrogen, and the second more abundant molecule in the Universe. We drink water everyday, we washed ourselves with water, we fish and swim in it, we cook with it (perhaps not everything at the same time) and, nevertheless, it is possible that we disregard the intimate relationship that water maintains with our life and with life in general. Water seems an ordinary substance but the opposite is right. Although it is the most studied material, its behavior and functions are still poorly understood. The title of this article invites to pose the question: why water is life? That, I will try to explain.

1 El agua en nuestra vida diaria y en las actividades económicas

La importancia del agua para las personas explica la relevancia que adquiere en distintas religiones. La mayoría consideran al agua purificadora y muchas incorporan rituales de lavado. La religión grecorromana, bastante exuberante, propone un dios del agua, Neptuno; hace nacer dioses del agua, Venus; y dispone de numerosas deidades acuáticas, como las sirenas. La Biblia menciona el agua en sus primeros versículos: “*En el principio creó Dios el cielo y la tierra. La tierra era caos y confusión y oscuridad por encima del abismo y un viento de Dios aleteaba por encima de las aguas.*” (Génesis 1:1 y 2). El Corán relata que “*Dios creó a todos los animales del agua*” (Corán 24:45), y el mismo Dios nos dice: “*Creamos del agua a todo ser vivo*” (Corán 31:30).

Los seres humanos se han asentado de forma general cerca de fuentes de agua. La civilización ha florecido alrededor de grandes ríos y rutas acuáticas. Mesopotamia se situaba entre los ríos Tigris y Eufrates. El antiguo Egipto dependía enteramente del Nilo. Las grandes metrópolis modernas como Londres, Nueva York o Hong Kong deben en parte el éxito a su acceso fácil al agua.

*Este artículo recoge la lección del mismo título que se impartió en el acto de celebración de la festividad de San Alberto Magno, en la Facultad de Ciencias de la Universidad de Zaragoza, el 15 de noviembre de 2007, actuando como padrinos los Profesores Carlos Gómez-Moreno y Fernando Faló.

En la literatura, nuestro depósito de sueños, deseos y temores, las imágenes del agua desempeñan un papel recurrente como metáfora de la vida y de la muerte. Espigando en nuestra tradición más allá del omnipresente Jorge Manrique, el agua resulta elemento esencial del juvenil *locus amoenus* renacentista:

*“Corrientes aguas, puras, cristalinas,
árboles que os estáis mirando en ellas...”*

Garcilaso de la Vega. Égloga I.

es símbolo de la esperanza:

*“Al olmo viejo, hendido por el rayo
y en su mitad podrido,
con las lluvias de abril y el sol de mayo
algunas hojas verdes le han salido.”*

Antonio Machado. A un olmo seco.

pero también es escenario de la desolación:

*“¡Pobre barquilla mía,
entre peñascos rota,
sin velas desvelada,
y entre las olas sola! ”*

Lope de Vega. Pobre barquilla mía.

Desde la antigüedad y hasta aproximadamente 1850, el agua ha sido un medio de transporte fundamental. En los siglos de la expansión europea se exploraron todos los océanos y se forjaron los imperios español, portugués, británico, francés y holandés cuyos fantasmas todavía se aparecen de vez en cuando en las cumbres de Jefes de Estado.

La Tierra contiene aproximadamente 1.4 Giga km³ de agua que cubren el 71% de su superficie. El 97% del agua superficial es salada y el 3% restante se localiza en glaciares, casquetes polares, ríos y lagos. Cada año, el 4% del agua terrestre se evapora, es transportada por el viento y vuelve a precipitar. En muchos países en desarrollo, el riego constituye el 90% del uso del agua. En países secos, como España, Portugal o Grecia, excede del 70%; mientras que en Inglaterra, el agua empleada en agricultura no llega al 1%.

Antes de la revolución industrial, el agua era una fuente de energía esencial y, en la actualidad, la energía hidroeléctrica es una fuente de energía barata, limpia y renovable. En el futuro, el agua puede ser de nuevo la fuente de energía principal si se consigue

domesticar la fusión nuclear o, al menos, un vehículo para aprovechar otras fuentes de energía mediante pilas de hidrógeno.

Por su fácil disponibilidad y su alto calor específico, el agua líquida y el vapor se utilizan como intercambiadores de calor para refrigerar y para calentar. En las centrales térmicas actúa de refrigerante, vaporizándose e impulsando las turbinas que generan electricidad. En las centrales nucleares puede actuar como refrigerante y como moderador de neutrones. En la extinción de fuegos es útil debido a su alto calor de vaporización y por ser razonablemente inerte.

El agua ha sido utilizada como estándar científico. Así, en 1795 el gramo se definió como “*el peso absoluto de un volumen de agua pura igual a un cubo de una centésima de metro*” y, en 1967 el Kelvin, la unidad de temperatura termodinámica, se definió como “*la fracción 1/273.16 de la temperatura termodinámica del punto triple del agua*”.

Además de su uso en distintas actividades económicas, las personas utilizamos el agua en actividades de recreo (nadar, pescar, esquiar), ornamentales (fuentes) y a diario para cocinar o como disolvente para lavarnos, para lavar el coche o, simplemente, para deshacernos de los correspondientes residuos.

La demanda *per capita* de agua está creciendo al tiempo que la disponibilidad per capita disminuye a causa del crecimiento de la población y del desarrollo industrial. El agua es un recurso estratégico y un elemento importante en muchos conflictos políticos. El uso de agua transfronteriza causa problemas en algunas regiones de la Tierra. Oriente medio, donde el 5% de la población mundial debe repartirse el 1% del agua fresca disponible en el mundo, es un ejemplo cercano. Tanto Israel como Jordania dependen del río Jordán, controlado por Israel. El control del agua es también una parte fundamental del conflicto palestino. Los altos del Golán, que se disputan Siria e Israel, proporcionan a éste último un tercio del agua que consume. Algo más lejos, en Asia, Camboya, Vietnam, China y Laos disputan sobre el río Mekong, mientras Bangladesh e India pugnan por el uso del Ganges. En América, el Colorado desemboca exhausto en México, procedente de Estados Unidos. Afortunadamente en la Península Ibérica, Portugal y España lo llevan bastante mejor.

Aunque todos estos usos del agua son muy importantes y, ciertamente, contribuyen a darnos “*vidilla*”, no nos dicen por qué el agua es vida. Al fin y al cabo, los seres vivos han habitado la tierra durante miles de millones de años sin molestarse en desarrollar actividades económicas.

2 La molécula de agua

Como casi todas las sustancias, el agua se compone de moléculas. El hidrógeno que aparece en el agua se formó relativamente pronto tras el Big-Bang, pero el oxígeno tuvo

que esperar a que la primera generación de estrellas consumiera su hidrógeno y comenzara a fundir átomos de helio produciendo así, entre otros, átomos de oxígeno. Al terminar sus reacciones nucleares, estas estrellas explotaron diseminando el oxígeno. Después, la condensación de nubes interestelares de polvo y gas dio lugar a nuevas estrellas y en torno a ellas a planetas ricos en elementos pesados. Las personas estamos construidas con esos materiales y por eso se dice, poéticamente, que somos polvo de estrellas. La abundancia de oxígeno e hidrógeno y su alta reactividad explican que el agua sea una molécula abundante en el Universo.

Así, se ha detectado la presencia de agua, probablemente congelada, en cráteres cercanos a los polos de la luna. Se piensa que en Marte hay hielo subterráneo y sus casquetes polares, aunque están formados esencialmente por dióxido de carbono sólido, también parecen contener agua. Es incluso probable que Marte tuviera antiguamente un clima parecido al de la Tierra y se ha especulado con la posibilidad de que algunos microbios marcianos se hayan refugiado en el interior del planeta donde haría más calor, habría agua líquida y estarían protegidos de la radiación ultravioleta. También se ha encontrado evidencia de agua en algunas lunas de Júpiter y de Saturno. Por ejemplo, la superficie de la luna de Júpiter Europa está cuarteada, como si contuviese hielo que se congela y descongela, y se piensa que debajo podría haber agua líquida. Por otro lado, los cometas son una mezcla de polvo y gases congelados, agua entre otros, y se los ha descrito como inmensas bolas de nieve sucia. Fuera ya del sistema solar, se sabe que algunos exoplanetas contienen vapor de agua, y el agua está también presente en las nubes interestelares.

A pesar de esta aparente abundancia de agua en diversos cuerpos celestes, la Tierra es el único planeta del Sistema Solar que contiene grandes cantidades de agua líquida. ¿Por qué es distinta la Tierra de otros planetas? Por un lado, su tamaño y distancia al sol permiten que su temperatura y presión sean las adecuadas. Por otra parte, es posible que la permanencia de agua líquida en la Tierra se haya visto favorecida por la aparición de vida, pues la fotosíntesis, desarrollada por las cianobacterias, liberó a la atmósfera oxígeno molecular que destruyó el amoníaco y el metano que habrían elevado la temperatura atmosférica por efecto invernadero. El agua que ha ido perdiendo la Tierra se estima en el 0.2% del total. Esto significa que el agua que nos rodea (aproximadamente $1.4 \cdot 10^{24}$ gramos) es probablemente la misma que contenía la Tierra en su más tierna infancia.

La composición química del agua comenzó a ser conocida a partir de los trabajos de Cavendish. La molécula de agua contiene dos átomos de hidrógeno y uno de oxígeno por lo que su fórmula química es H_2O . Tiene forma de “V” muy abierta, con el oxígeno en el vértice, pero, en realidad, como el oxígeno es mucho mayor que los hidrógenos, la molécula de agua es parecida a una esfera con dos protuberancias. Se trata de un objeto subnanoscópico con un diámetro aproximado de 2.75 \AA .

La característica más destacada de la molécula del agua es su polaridad, que deriva de su distribución electrónica. Debido a la diferente electronegatividad de sus átomos, la molécula de agua presenta carga parcial negativa en el oxígeno y positiva en los hidrógenos. La polaridad del agua determina buena parte de sus propiedades, como su capacidad de adherirse a otras moléculas polares y de formar un líquido muy cohesivo.

Los puentes de hidrógeno son enlaces débiles que aparecen cuando un átomo de hidrógeno es compartido por dos átomos electronegativos entre los que actúa como puente. Las moléculas de agua forman puentes de hidrógeno entre ellas (tres o cuatro puentes cada molécula) lo que determina la gran cohesión del agua líquida.

Aunque a veces no se tenga presente, el agua es una molécula reactiva. El átomo de oxígeno es un nucleófilo fuerte que interviene en buena parte de las reacciones bioquímicas. Por otro lado, el agua se escinde fácilmente en iones hidrógeno e hidroxilo, que reaccionan con las moléculas biológicas, contribuyendo a modular su carga eléctrica.

3 El agua líquida

La aparente simplicidad de la molécula de agua es engañosa pues da lugar a un líquido singular. El agua es la única sustancia natural que, en condiciones estándar de presión y temperatura, aparece como un equilibrio entre los estados sólido, líquido y gaseoso.

El gas es sólo una colección de moléculas de agua aisladas y no presenta demasiado interés. El sólido, el hielo, adopta una estructura cristalina en la que cada molécula forma cuatro puentes de hidrógeno con otras tantas moléculas vecinas. Los cristales de hielo presentan simetría hexagonal y dan lugar a formas de gran complejidad y belleza.

El líquido es inodoro, insípido y, en pequeña cantidad, incoloro, aunque, en realidad, es ligeramente azul. Resulta sorprendente que el agua sea líquida en condiciones estándar de presión y temperatura porque todos los elementos que rodean al oxígeno en la Tabla Periódica (nitrógeno, fósforo, azufre, cloro y flúor) forman con el hidrógeno compuestos gaseosos en esas condiciones. El comportamiento especial del agua se debe a la fortaleza de los puentes de hidrógeno que establecen entre sí sus moléculas. Puede decirse que la polarización convierte al agua en una molécula social, aunque bastante xenófoba, como se verá. Resulta curioso que los átomos de hidrógeno del agua saltan de molécula en molécula y no residen en la misma más de un milisegundo. Si los puentes de hidrógeno del agua fueran más fuertes se comportaría como un vidrio y si fueran más débiles como un gas.

El agua es una sustancia extraña que presenta numerosas anomalías. Por ejemplo, el agua líquida es más densa que el hielo. Esto es muy raro porque el estado sólido de casi todas las cosas es más denso que su estado líquido. Sin embargo, el hielo flota, lo que para muchos animales acuáticos significa la diferencia entre la vida y la muerte. El hielo

se forma siempre en la superficie mientras que el agua líquida subyacente se mantiene a 4 grados aislada por la capa de hielo. Así, los lagos no se hielan del todo en invierno. Por otro lado, antes de congelarse, el agua que se enfría en la superficie, aumenta de densidad y se hunde transportando oxígeno a las profundidades.

Otra anomalía del agua es que tiene puntos de fusión y evaporación muy altos. Comparada con otras moléculas de su tamaño, el agua hierve a temperatura elevada. Si el agua fuera “normal” sería un gas a temperatura ambiente. Por otra parte, su calor de vaporización es muy elevado, lo que se debe a que, para arrancar las moléculas de agua del seno de la disolución, hay que romper sus puentes de hidrógeno. El alto calor de vaporización del agua nos protege frente a la deshidratación y nos proporciona un mecanismo para refrigerarnos mediante el sudor.

El agua tiene un calor específico muy alto, treinta veces más que el oro. Para elevar su temperatura hay que proporcionar mucho calor y, una vez calentada, tarda en enfriarse. Esta propiedad influye considerablemente en el clima global de la Tierra, determina la bondad de los climas costeros frente a los continentales, ayuda a mantener estable la temperatura corporal de los seres vivos y convierte al agua en un eficaz refrigerante industrial.

La gran tensión superficial del agua es también una manifestación de la cohesión entre sus moléculas y explica, por ejemplo, la estabilidad de las gotas de agua sobre diversas superficies sólidas, y su aparente elasticidad frente al impacto de esas mismas gotas sobre su propia superficie. Por capilaridad, el agua asciende por tubos estrechos en contra de la gravedad. La capilaridad se debe a una combinación de las propiedades de adhesión y cohesividad del agua y sirve de ayuda para transportar agua y nutrientes disueltos a las partes altas de las plantas.

El agua es un potente disolvente. Las sustancias que se disuelven en ella se denominan hidrófilas y las que no lo hacen hidrófobas. Para que una sustancia se disuelva en agua, sus moléculas deben establecer con el agua interacciones nuevas que compensen las que formaban entre sí las moléculas de agua entre las que se intercalan. Las sustancias que no pueden hacer eso son simplemente expulsadas del seno de la disolución acuosa.

Algunas propiedades del agua se pueden describir con bastante precisión usando modelos simplificados de su geometría y distribución electrónica, pero la falta de un buen modelo general del agua líquida constituye un freno para el estudio de muchos fenómenos biológicos de gran importancia, *a priori* susceptibles de simulación computacional.

4 Otras vidas, otros disolventes

¿Es posible la vida sin agua? La imaginación de científicos y escritores (a veces las mismas personas) ha tratado de concebir alternativas a la bioquímica terrestre. Así, Haldane,

sugirió que cabía pensar en una bioquímica en la que el agua fuera reemplazada por amoníaco. De hecho, el amoníaco es un buen disolvente, un buen nucleófilo y presenta un rico comportamiento ácido-base. Además, sustituyendo aminoácidos por aminoamidas, sería posible construir proteínas idénticas a las naturales. Sin embargo, los puentes de hidrógeno del amoníaco líquido son mucho más débiles que los del agua por lo que el efecto “amoniofóbico” que podría ejercer sobre las moléculas poco polares sería escaso. Otra alternativa propuesta es el dióxido de carbono cuasi-líquido que aparece a altas presiones como las que se encuentran en Venus o Neptuno, aunque hay que señalar que la química del dióxido de carbono no se parece a la del agua.

En la bioquímica terrestre, el carbono desempeña un papel esencial, formando el esqueleto de las biomoléculas. Se ha propuesto que el boro podría ser una alternativa, pero aunque tiene fuerte tendencia a formar moléculas con enlaces covalentes, su química es muy distinta a la del carbono. Además, el boro es un elemento escaso en el Universo. El nitrógeno puede formar largas cadenas a bajas temperaturas en disolventes como el amoníaco, y combina bien con otros elementos como el carbono, el fósforo, el azufre y el boro. Un problema del nitrógeno es que los enlaces entre sus átomos tienden a estabilizarse formando nitrógeno elemental, que es un gas. El silicio, por su abundancia y parecido con el carbono, parece la alternativa más interesante. El espacio interestelar contiene silanos y siliconas. Sin embargo, una dificultad es que la oxidación del silicio produce una red tridimensional sólida de óxido de silicio cuya eliminación constituiría un grave problema respiratorio.

Este obstáculo no ha acobardado a los escritores que han imaginado criaturas de silicio que excretan ladrillos de vez en cuando. Algunos científicos escritores han inventado incluso formas de vida más raras. En *La nube negra*, el cosmólogo Fred Hoyle describe un organismo consistente en una pequeña nube interestelar pensante y autopropulsada con un cerebro consistente en una compleja red de moléculas, pero no explica cómo esas moléculas conseguirían mantener cierto orden en un medio de baja densidad. Por su parte, Carl Sagan publicó en 1976 un artículo científico sugiriendo la posibilidad de la existencia de organismos inflados de gas que flotarían en la atmósfera de Júpiter. Los gases sustituirían al agua y enzimas adheridas a la superficie interna de las burbujas capturarían moléculas de amoníaco o metano para construir réplicas de las burbujas.

Un paso más allá, la idea de vida sin necesidad de cuerpos materiales también ha sido considerada por la Ciencia Ficción. En cierto modo este concepto emparenta con el abuso al que se somete con frecuencia a la palabra energía cuando se la hace equivaler a vida. Cabe señalar que cualquier forma de vida que fuera pura energía (radiación electromagnética, presumiblemente), debería moverse a la velocidad de la luz y sería bastante difícil mantener conversaciones con ella.

De vuelta al plano material, la vida artificial constituye también una posibilidad in-

interesante. El ejemplo más característico, producto de la fantasía del bioquímico Isaac Asimov, son los robots. De hecho, los robots ya existen y esperamos que, cuando sus cerebros positrónicos estén perfeccionados, las cuatro leyes de la robótica que concibió Asimov funcionen satisfactoriamente.

A pesar de todas estas conjeturas, las formas de vida extraterrestres más populares han demostrado un gran apetito por el agua y por la carne humana, así que es razonable suponer que su bioquímica será parecida a la nuestra.

En definitiva, no conocemos ninguna forma de vida que no dependa del agua.

5 Necesidad de agua de los seres vivos

La necesidad de agua que tenemos las personas es evidente. En los adultos, el agua representa entre el 65 y el 75% del peso. Cada día debemos remplazar unos 2.5 litros de agua, en parte bebiendo y en parte mediante la comida. El cuerpo humano excreta agua de múltiples formas: en la orina, en el sudor, en la respiración y en las heces, principalmente. El resultado es que cada molécula de agua reside en nuestro cuerpo un promedio de dos semanas. Como es bien sabido, una persona no puede pasar más de unas cien horas sin tomar agua.

El agua desempeña numerosos papeles en los seres vivos. El agua es su disolvente esencial. Es el transportador y distribuidor de nutrientes, metabolitos y otras sustancias y el vehículo de eliminación de productos de deshecho. Es reactivo o producto de muchas reacciones metabólicas esenciales en que se sintetizan o degradan los principales polímeros biológicos o se obtiene energía, como en la fotosíntesis y en la respiración celular. Actúa como lubricante de estructuras corporales y como amortiguador de golpes y es un eficaz termorregulador.

La importancia de todos estos papeles es innegable y basta para situar al agua en el centro de la vida. Sin embargo, la relación del agua con los seres vivos es aún más profunda y su íntima naturaleza sólo se comprende a partir del efecto hidrófobo. Cuando al agua se añade un compuesto hidrófobo, la red de moléculas de agua que lo rodea se expande. Aunque las interacciones entre el soluto y las moléculas de agua son favorables, la entropía del sistema disminuye considerablemente porque las moléculas de agua que rodean al soluto se ordenan. Este cambio entrópico desfavorable hace que el proceso presente un cambio de energía libre positivo y sea, por tanto, globalmente desfavorable, por lo que las sustancias hidrófobas (el aceite, por ejemplo) presentan baja solubilidad en agua. Para minimizar estos procesos, el agua se las arregla para reducir su superficie de contacto con las moléculas hidrófobas por el sencillo procedimiento de agruparlas.

Las moléculas esenciales de los seres vivos son las proteínas, a las que confiamos la inmensa mayoría de las tareas bioquímicas. Enzimas, anticuerpos y muchas hormonas son

proteínas. Todas las proteínas son polímeros lineales de aminoácidos, que se sintetizan en el ribosoma y, en su forma desplegada inicial, son extraordinariamente flexibles. A pesar de ello, se pliegan espontáneamente adoptando en cuestión de milisegundos formas tridimensionales bien definidas que dependen de su secuencia de aminoácidos. Este proceso prodigioso está dirigido por el agua cuya alta cohesividad empuja a los aminoácidos hidrófobos de cada proteína a reunirse, forzando la compactación de la proteína. Durante el proceso de plegamiento, los grupos polares que necesariamente son también arrastrados al interior al compactarse la molécula de la proteína se organizan para formar entre ellos puentes de hidrógeno que definen la estructura tridimensional y compensan los puentes de hidrógeno que la proteína formaba con el agua antes de comenzar la reacción. Para que esta reacción sea rápida, su paisaje de energía debe tener forma de embudo y las barreras de energía entre conformaciones deben ser pequeñas. Se ha propuesto que el agua contribuye a suavizar las barreras de energía actuando como lubricante durante la reacción de plegamiento.

Las interacciones de las proteínas con el agua no son importantes sólo para que la reacción de plegamiento sea rápida sino también para mantener la estructura funcional final. Hay que destacar que el cambio de energía libre de plegamiento de las proteínas es ridículamente pequeño (en torno a 40 kJ/mol) y que en él se compensan en gran medida la disminución de entropía que experimenta la molécula de proteína, el aumento de entropía del agua y los miles de interacciones entre átomos de la proteína y las moléculas de agua que la rodean. Esta baja estabilidad de las proteínas explica que, en ocasiones, una simple mutación genética se traduzca en una proteína defectuosa cuyo mal funcionamiento es causa de enfermedad. La forma y distribución de carga de la superficie de cada una de las 20.000 ó 30.000 proteínas distintas que nos componen a las personas determina su capacidad de reconocer y, en su caso, reaccionar, con otras moléculas biológicas (pequeñas moléculas, otras proteínas o los mismos genes). Las moléculas de agua ordenadas en la superficie de las biomoléculas intervienen a menudo en el proceso de reconocimiento. Para comprender cómo funcionan nuestras células es necesario conocer la estructura de cada una de estas proteínas y las asociaciones que forman entre sí. En principio, tanto lo uno como lo otro podría predecirse a partir de la secuencia de aminoácidos (que es fácil de conocer) mediante cálculos computacionales. En este campo se están produciendo avances importantes y ya es posible la simulación computacional del plegamiento de proteínas muy pequeñas. La dificultad principal parece consistir en nuestra carencia de modelos sencillos y precisos del agua y de las fuerzas que establece con los átomos de las proteínas. Igualmente, mediante cálculos computacionales, es posible diseñar moléculas que se unan en un determinado punto de la superficie de una proteína diana, bien sea para inactivarla, como en el caso de los inhibidores que se emplean para neutralizar la proteasa del virus del SIDA, bien para estabilizarla si presenta una mutación genética causante de alguna

enfermedad. De forma análoga, la estructura en doble hélice del ADN, la molécula que contiene los genes, depende en buena medida del efecto hidrófobo ejercido por el agua.

Esto no es todo. El agua hace todavía otra cosa extraordinaria por nosotros. La característica esencial de todos los seres vivos es su organización en células, que constituyen su frontera y confinan sus moléculas. Los más pequeños, las bacterias y algunos organismos eucariotas, constan de una sola célula. Los mayores estamos compuestos por muchas células especializadas, como los glóbulos rojos y blancos, las neuronas, etc. La frontera de las células es la membrana celular, formada por lípidos que tienen una parte hidrófila y otra hidrófoba. En contacto con el agua, estos lípidos se organizan espontáneamente dando lugar a una doble capa en cuyo interior ocultan sus partes hidrófobas dejando sus partes hidrófilas en las caras externas en contacto con el agua. Así se construye una estructura cerrada, como un saco, en la que quedan contenidas las biomoléculas celulares: proteínas, ácidos nucleicos, etc. El efecto hidrófobo del agua, consecuencia de su gran cohesión, resulta por tanto esencial para la aparición y evolución posterior de las células. Aunque las membranas celulares son en principio impermeables, algunas proteínas se ubican en ellas y actúan transportando materia entre el interior y el exterior celular. La simulación computacional de estos procesos es todo un reto.

6 Conclusión

Como se ha visto, el agua influye en nuestras vidas de muchas maneras. Constituye más de la mitad de nuestro cuerpo y sin ella morimos en pocos días. En todos los seres vivos actúa como disolvente, como reactivo y como producto. Pero lo más singular es que otorga forma a cada proteína, a los ácidos nucleicos y a cada una de nuestras células. Y la forma es la función.

Al margen de las imaginaciones de científicos y escritores, la vida que conocemos no es posible sin agua. Por eso la Humanidad envía naves espaciales a la Luna, a Marte y más allá en busca de agua. La colonización espacial es imposible sin ella. Cuando Churchill arengaba a los británicos a emprender la lucha contra los nazis les ofreció sangre, sudor y lágrimas, es decir agua, agua y más agua, que no es poco.

Pienso que urge comprender la estructura del agua y su relación con las moléculas biológicas y las estructuras que se construyen con ellas para poder entender la estructura de la vida, para aprender a cuidar de ella y para poder repararla cuando resulta necesario.

La sociedad nos encomienda esta tarea a los científicos, quienes debemos abordarla con una perspectiva sinceramente multidisciplinar en que la Física, la Química y la Biología aúnen esfuerzos hasta que resulte difícil distinguirlas.

El ser humano se ha pasado la vida mirando al agua, prendado del agua. Ahora va a resultar que, después de todo, nuestra fascinación por el agua es puro narcisismo.