

El agua... ¿es sólo agua?

Martín Merino-Ibarra, Mariel Barjau-Aguilar, Oscar A. Gerardo Nieto, Emiliano Monroy-Ríos, Patricia M. Valdespino-Castillo, y Jorge A. Ramírez-Zierold

"Cuando pensamos en el agua... no imaginamos todo lo que las aguas naturales en realidad contienen"

Para los químicos, el agua es un compuesto formado por moléculas de estructura tetraédrica (como una pirámide, pero con sus cuatro caras idénticas), una naturaleza polar y el cual tiene propiedades físicas macroscópicas, principalmente térmicas, que permiten que nuestro planeta sea como es, y que exista la vida tal y como la conocemos.

Esto es decir muchísimo ... no se puede decir algo similar para la mayoría de los compuestos químicos. Sin embargo, no lo es todo, aún hay mucho más en cada uno de los rincones de nuestro planeta donde hay agua... ¡Vamos a verlo!

¿Agua pura? ¿Agua dulce?

Además de moléculas de agua, en las aguas naturales de la Tierra hay también sales disueltas, porque el agua es capaz de disolver desde poca hasta mucha sal. Tan es así, que cuando probamos el agua de mar, casi no podemos aguantar lo intenso de su sabor salado (35 g por litro).

Los responsables de este intenso sabor y de la salinidad de los mares son unos cuantos iones, que es la forma en que las sales se encuentran cuando están disueltas en el agua. A estos iones, se les conoce como “iones mayores” porque son los más abundantes (se encuentran en concentraciones de gramo por litro) en el agua de mar, y también en los lagos y ríos, donde, están presentes aún en el agua que nos parezca más dulce. Los más frecuentes entre estos iones son los de sodio, cloro, magnesio y sulfato, seguidos de los carbonatos.

Los iones menores

Además de los mayores, hay diversos iones disueltos naturalmente en el agua, que se encuentran en concentraciones miles de veces más bajas que los iones mayores. Estos “iones menores” son muy importantes, no por su concentración, pero sí por sus propiedades particulares. Algunos ejemplos son los iones de hierro y de manganeso, que permiten que las plantas hagan fotosíntesis y que nosotros podamos respirar... ¡Ufff, sí que había un poco más en el agua!

Así que las aguas naturales como los mares, los ríos, los lagos, el agua de los pozos y la de los acuíferos debajo de la superficie, son una sopa de sales, es decir, de iones mayores y menores... Esto se debe a que la molécula del agua tiene una naturaleza parecida a la de los iones, tiene una polaridad de cargas eléctricas que los hace compatibles entre sí, y que permite el milagro de su disolución, haciendo al agua un gran disolvente y que se la conozca como el “disolvente universal”. ¿Pero por qué universal, si hemos hablado solamente de sales, de iones y moléculas con carga? Ah, pues es que hay más, el agua también es capaz de disolver compuestos no polares, es decir, compuestos sin carga. Y entre ellos hay dos tipos de compuestos que están por todos lados en nuestras vidas, y... je je, ¡también en las aguas naturales!

¿Qué crees que son? Pues son: 1) las sustancias orgánicas y 2) ¡los gases! Sí, los que forman el aire que respiramos, como el nitrógeno y el oxígeno, pero también otros gases de los que hemos oído hablar menos, pero que se están volviendo cada vez más famosos... cada vez oímos más de ellos y cada vez escucharemos más ¿conoces algunos?

Si dijiste el dióxido de carbono o CO_2 acertaste, ¡ese es uno de ellos!, pero hay otros gases cada vez más importantes, como los óxidos de nitrógeno y el metano

Lo más curioso es que, en el agua, en las aguas naturales, también se encuentran disueltos estos gases ... y eso ocurre todo el tiempo ¡a pesar de que la naturaleza del agua no lo favorece!

Los gases disueltos

La cantidad de gases que puede haber en el agua está limitada, bastante limitada: solo un poquito de cada gas se puede disolver en el agua. Un caso que ilustra muy bien esto es el oxígeno, ese gas que necesitamos para respirar. En el caso del oxígeno, la cantidad que puede haber disuelto en el agua, es ¡cincuenta veces menos que el que hay en el aire! Por ello, su disponibilidad puede limitar o favorecer la presencia de diferentes organismos, los cuales pueden ser desde peces, para los cuales el oxígeno es indispensable, hasta algunos microorganismos para los cuales el oxígeno es un factor limitante o directamente tóxico.

Algunos procesos, como la contaminación orgánica -o *eutrofización*- consumen el poco oxígeno que puede disolverse en el agua, y por eso vemos noticias sobre la muerte de peces en lagos o ríos que han sido contaminados. La baja capacidad del agua para contener gases hace que sean muy vulnerables y mueran fácilmente cuando disminuye la concentración de oxígeno.

Además del oxígeno, otro de los gases más importantes en los ecosistemas acuáticos es el metano, del que seguro has escuchado hablar por su importante efecto invernadero. Aquí lo más relevante es que este gas puede ser producido en el agua, y que, dependiendo del grado de contaminación, de la disponibilidad de nutrientes y de la presencia de oxígeno, los ecosistemas acuáticos emiten cerca de la cuarta parte del metano a nivel global.

La materia orgánica y las partículas suspendidas

A diferencia de las sales y los iones, las sustancias orgánicas, están formadas por moléculas que no son polares como el agua, o que son poco polares. Muchas de ellas constituyen nuestro cuerpo y están formadas por cadenas de carbono, unas más cortas y otras más largas. Sin embargo, el agua nos sorprende nuevamente y se las ingenia para también disolver estas moléculas largas y con pocas cargas ... ¿Cómo lo hace? Bueno, la respuesta a esa pregunta es maravillosa, pero no tan fácil de explicar. Digamos que, para resumir, en lo que averiguas los detalles de este asunto, a ver si te suena que las moléculas de agua tienden entre sí unos puentes también muy famosos (los puentes de hidrógeno) que las agrupan en grandes racimos de moléculas que son parecidas a las orgánicas, y que permiten que estas sustancias también estén disueltas en las aguas naturales y, por supuesto, en las aguas de desecho de nuestras casas y de muchas industrias.

Los contaminantes

En este punto, además de haber incluido a la materia orgánica disuelta en la lista de los tipos de sustancias y componentes que contienen los cuerpos de agua naturales, acabamos de tocar con el punto clave para saber cuándo algo es un contaminante. La respuesta es

¡la concentración!, la cantidad presente es lo que hace que algo sea un contaminante. Lo que en pequeña cantidad no es dañino, lo puede ser en cantidades mayores. Como con los venenos, lo que puede matar – o, en el caso de los sistemas naturales, dañar, contaminar – es ¡la dosis! ... lo que importa es la relación entre lo que se agrega y lo que el sistema tenía, o lo que puede soportar. Esto varía mucho entre compuestos. Y es algo que estamos averiguando para cada uno de los tipos de contaminantes, y tenemos que entenderlo cabalmente. Por eso necesitamos que muchos científicos y ciudadanos trabajen en ello.

Entre los principales tipos de compuestos que, dependiendo de su concentración, pueden ser contaminantes están: los metales pesados, los hidrocarburos, los agroquímicos, los pesticidas, los disruptores endócrinos y los plásticos.



Figura 1. Principales componentes presentes en las aguas naturales

Nuestro recorrido por todo lo que hay en el agua -además del agua misma- termina aquí para todo lo que está disuelto, es decir, todo lo que se mantiene distribuido de forma similar en el agua, ya que las moléculas del agua lo rodean y lo separan de manera homogénea. Pero las aguas naturales tienen también la capacidad de contener partículas, fragmentos de materia sólida o semisólida que, sin estar disueltos, también están ahí (Figura 1).

Las partículas suspendidas

Las partículas suspendidas en las aguas naturales pueden permanecer así, suspendidas por un cierto tiempo, a veces largo, a veces más corto, depende de muchas cosas, de su peso, de su naturaleza... ¡es un mundo en sí mismo! También es un mundo estudiar estas partículas y necesitamos mucha ayuda para hacerlo. Cuando las partículas son minerales, que son sólidas, suelen hundirse a menos de que sean muy muy pequeñas y, cuando logran llegar al fondo, las terminamos llamando sedimentos. Cuando son orgánicas, las partículas se pueden agrupar o también hundir, o puede que alguien se las coma, y en general las conocemos como “detritus”.

Los organismos acuáticos

Pero hablando de comer... eso nos lleva al otro tipo de partículas que hay en el agua: ¡Las que están vivas! El agua, las aguas naturales, están llenas de vida, de seres vivos que, en su mayoría, funcionan como partículas suspendidas. A diferencia de las moléculas, aunque no están disueltos, son quizás el componente más activo de las aguas naturales. Son los transformadores de la materia, son los químicos del agua y del planeta. Los seres vivos de los cuerpos de agua hacen de todo: hacen la fotosíntesis, respiran oxígeno u otras moléculas, transforman las sustancias orgánicas, atrapan nutrientes, producen gases que luego pueden ser emitidos o no, en fin, crecen, se reproducen, mueren, reciclan... ¡sí que son otro mundo totalmente!

Este otro mundo merece ser contado en muchas otras historias como la que hemos contado aquí, pero que nos ha servido para coronar con la mayor belleza este panorama tan maravilloso de todo lo que es el agua, el agua que cubre la mayor parte de nuestro planeta, el agua de los lagos y ríos, el agua de un charco o de un pozo, y hasta el agua que bebemos.

Lo que aún no sabemos

El agua es mucho para nosotros, y por eso sabemos mucho de ella. Sin embargo, no queremos cerrar esta breve historia dejando una sensación de que lo sabemos todo sobre el agua... Nada más alejado de la realidad que eso; por el contrario, ¡los misterios que aún nos faltan por descubrir sobre el agua son quizá aún más sorprendentes que los que ya conocemos!

Aquí van unas pistas de lo que estamos por descubrir:

- Si nos asomamos a la literatura científica reciente sobre el agua, los científicos ya no hablan solamente de los puentes de hidrógeno, sino de la "red tridimensional adaptativa de enlaces de hidrógeno, o enlaces-(H) ".
- Esta red tridimensional que forman las moléculas de agua se modifica con la presencia de proteínas y otras macromoléculas -como ocurre en las células de los seres vivos- tan dramáticamente que, en esas condiciones, ya se la conoce como "agua en confinamiento"
- Se ha postulado que, en el agua en confinamiento, la red de enlaces-(H) convierte al agua en una matriz de transmisión de información, de manera que cualquier cambio químico, por ejemplo, la presencia de un sólo ion nuevo en un extremo de la célula es percibida también en el extremo opuesto de la célula, a pesar de que entre estos extremos haya miles de millones de moléculas de agua.
- Por ello, ahora muchos científicos han pasado de pensar que el agua hace posible la vida, a preguntarse si no es que el agua, más bien, ... ¡es la vida!

Así que todo a nuestro alrededor, cuando navegamos, cuando saltamos de una piedra a otra, cuando nos bañamos, cuando vemos agua ... vemos agua, sí, pero también ¡mucho más!

Agradecimientos

Agradecemos al proyecto CONAHCYT CF-2023-G-155, UNAM (PAPITT IN111321 y PASPA, DGAPA (responsable M.M-I), así como al proyecto UNAM PAPIIT IA103324 (responsable P.M.V-C), así como las becas CONAHCYT de estancias posdoctorales a M.B-A, O.A.G.N., P:M.V-C y J.A.R-Z., así como a Sergio Castillo-Sandoval por su trabajo técnico.

Referencias y videos sugeridos

Agua - El líquido más extraño del Universo - Documental HD 1080p. (2023, 19 de diciembre). Videoteca Documentales HD, <https://www.youtube.com/watch?v=2jxyw20pTAq>.

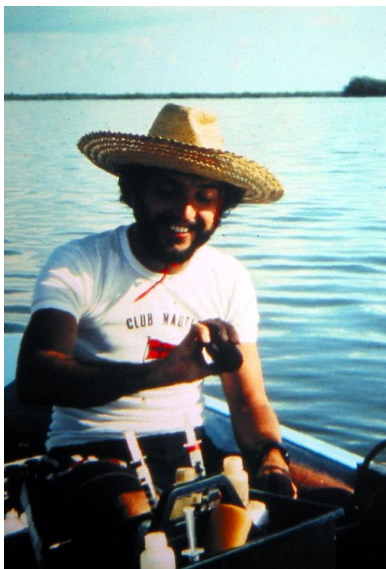
Dupertuis et al. 2022. Three-Dimensional Confinement of Water: H₂O Exhibits Long-Range (> 50 nm) Structure while D₂O Does Not. Nano Letters, 22(18): 7394- 7400. <https://arxiv.org/abs/2205.14037>

Fayer. 2011. Water in a crowd. Physiology, 26(6): 381-392. <https://journals.physiology.org/doi/pdf/10.1152/physiol.00021.2011>

Ramírez-Zierold et al. 2005. Materia orgánica y nutrientes en Nuestro Lago, Boletín del Patronato Pro-Valle de Bravo, 6:6-9.

Valdespino-Castillo et al. 2016. Los lagos tienen mucho que decir del Cambio Climático. Contactos, 99: 13-23.

Valdespino-Castillo et al. 2022. Si vives en el agua, ¡el oxígeno puede cambiarlo todo! Ecofronteras, 26: 76. <https://revistas.ecosur.mx/ecofronteras/index.php/eco>

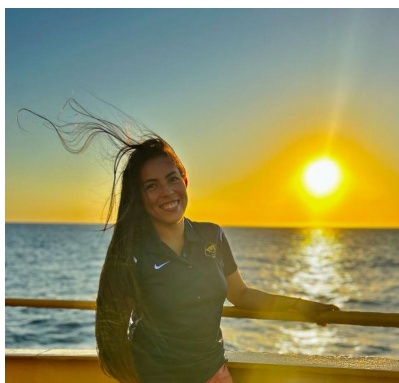


Dr. Martín Merino-Ibarra

Martín Merino-Ibarra definió tempranamente su vocación por la investigación. Apasionado desde niño por el mar, fue pionero en el estudio de ecosistemas costeros y oceánicos del Caribe Mexicano, incluyendo arrecifes coralinos, pastos marinos, lagunas costeras y la Surgencia de Yucatán, por la que en 1993 recibió el Premio Nacional de Investigación Oceanográfica. Con su análisis nacional sobre el Manejo Costero en México, abrió este campo a varias generaciones de investigadores. Buscando compartir el conocimiento, de 1996 a 2006 fue Coordinador del Posgrado en Ciencias del Mar y Limnología, y actualmente considera la divulgación una de sus prioridades como científico.

Email: mmerino@icml.unam.mx

ORCID: 0000-0002-3293-5770



Dra. Mariel Barjau-Aguilar

Mariel Barjau Aguilar es Doctora en Ciencias del Mar y Limnología de la UNAM. Su interés principal actual es entender el papel de la comunidad microbiana en la dinámica biogeoquímica de los sistemas acuáticos y su impacto a escala local y global. Actualmente realiza su primer Posdoctorado en el Instituto de Geología. Es **autora de correspondencia** de este artículo, envíe por favor sus comunicaciones a:

abmariel322@gmail.com