



# EL PLANETA AGUA EMPIEZA A QUEJARSE

*Manuel Toharia*

Ciudad de las Artes y las Ciencias y Museo de las Ciencias Príncipe Felipe de Valencia

## Resumen

Sin duda, hay razones para preocuparnos por la salud de los océanos, que es como decir del planeta entero porque incluso la vida tierra adentro tiene siempre relación, aunque sea por vía indirecta, con lo que ocurre en los mares. Múltiples amenazas de origen humano han acabado por poner de manifiesto las debilidades de ese entorno natural único porque solo tenemos un planeta, el nuestro. Se impone un cambio de enfoque con vistas a ir remediando lo ya deteriorado y evitar que siga ese proceso; y eso es lo que hoy suele llamarse desarrollo sostenible. No es utópico, pero exige replantearse la forma de desarrollo industrial que hemos venido teniendo desde hace un par de siglos.

## Abstract

*Undoubtedly we have good reason to be concerned about the health of the oceans, which is as much as to say of the entire planet, given that life on land is always linked, however indirectly, to what is happening in the oceans. Multiple human-caused threats have finally exposed the weaknesses of the unique ocean environment-unique because we only have one planet, this one. To repair the damage already done and prevent any further deterioration we need a change of approach. The new approach is what is known as sustainable development. This is not a utopian fantasy; it does, however, require that we rethink the kind of industrial development we have seen over the last couple of centuries.*

## 1. Un planeta más Agua que Tierra

No cabe duda de que nuestro planeta está mal bautizado. Si la superficie solo está cubierta de tierra firme apenas un 29 % del total, y el resto es agua, parece obvio que debió llamarse planeta *Agua*, no *Tierra*. Es cierto que por debajo del agua hay tierra igualmente, suponiendo que podamos llamar tierra al magma fundido del manto que llega hasta los 3.500 grados, y del núcleo férreo que sube hasta casi 7.000 grados, una temperatura superior incluso a la de la superficie del Sol –en su interior, nuestra estrella particular está a muchos millones de grados—. Pero, al menos en superficie, que es donde únicamente podemos estar los seres vivos, estamos en un planeta Agua mucho más que en un planeta Tierra.

Pero intentemos ser ecuanímes, dándole la importancia justa, que seguramente no es mucha, a un dato que después de todo es puramente geométrico ya que solo compara superficies de agua y tierra. Por ejemplo, podríamos considerar igualmente el volumen sólido, o sea a base

de tierra y rocas, de nuestro planeta comparado con el de agua. Los geólogos suelen decir que el conjunto del agua apenas supondría una cabeza de alfiler frente al volumen de materia del planeta del tamaño de un balón de fútbol. Pero, claro, la comparación no tiene sentido porque no hay vida por debajo de unos pocos metros en el subsuelo, ni por encima de la superficie, salvo algunas especies voladoras que tampoco pueden irse muy arriba.

Puestos a jugar con la geometría simple, ¿por qué no comparar el volumen de suelo ‘vitalmente habitable’ con el volumen de agua en el cual hay muy diversas formas de vida? Ahí sí que gana el agua, y por una mayoría aplastante. Porque llamar tierra al magma fundido del manto terrestre o al núcleo de hierro y algo de níquel que hay en el centro del planeta es como mínimo abusivo. Lo que conocemos por tierra, aquel elemento de segunda división de los griegos tras el aire, el agua y el fuego, solo existe en la superficie, como mucho en la llamada corteza. Que es una fina capa por encima del manto, de unos 50 a 100 kilómetros de espesor en los continentes y apenas unos pocos kilómetros bajo los mares más profundos.

No hay que olvidar que esa materia mineral bajo la capa superficial de la tierra se encuentra a temperaturas de miles de grados y presiones insoportables. En cambio, en el seno de la hidrosfera, incluso bajo los hielos flotantes, existen muy diversas formas de vida; incluidas las fosas abisales más profundas, sumidas en una permanente oscuridad y unas presiones que casi ningún ser vivo conocido podría aguantar.

Por si hiciera falta algún dato más, piénsese que la cumbre más alta del Himalaya ni siquiera alcanza los nueve kilómetros por encima del nivel medio de la superficie del planeta, que solemos llamar geoide y se aproxima mucho a una esfera levemente achatada por los polos. En cambio, solo en el Pacífico occidental hay al menos seis fosas oceánicas que bajan a más de diez kilómetros, y el récord, hasta donde sabemos, lo tiene la famosa fosa de las Marianas, entre Japón y Australia, con 11.034 metros de profundidad, seguida a muy poca distancia por la fosa de Tonga, al norte de Nueva Zelanda, que baja hasta 10.880 metros bajo el nivel del mar.

Por cierto, a esas profundidades el cuerpo humano quedaría aplastado como una hoja de papel, a una inimaginable presión de más de mil atmósferas. En cambio, al Everest se puede subir, con suficiente entrenamiento, sin necesitar siquiera oxígeno suplementario... Hasta ese punto estamos bien adaptados al suelo y al aire, y no al agua: subimos a casi 9.000 metros de altura sin oxígeno, pero si bajáramos a una profundidad igual en el mar quedaríamos aplastados casi como una oblea.

Y aún hay más. Para subrayar la trascendencia que tiene y ha tenido el agua respecto a las tierras emergidas, solo queda añadir que toda la vida existente en el planeta nació en el mar hace casi 4.000 millones de años, y habitó allí, y solo allí, durante el 90 % de ese tiempo. Lo sigue haciendo hoy, pero una pequeña parte de la actual biodiversidad lo hace en tierra firme.

Tampoco hace falta recordar que la vida es un fenómeno único, hasta donde sabemos, en todo el cosmos. Es decir, planetas rocosos como el nuestro conocemos al menos otros tres grandes –Mercurio, Venus, Marte– y todos los planetas menores y meteoritos, empezando por el destronado Plutón. Incluso hemos identificado ya unos miles de planetas extrasolares,

algunos de los cuales podrían asemejarse a la Tierra. Pero lo que importan no son las rocas y otras propiedades, sino si allí hay o no agua.

## 2. La hidrosfera del planeta Tierra

¿De dónde sale tanta agua? ¿Apareció en la Tierra junto a los demás elementos minerales semifundidos, a una temperatura de cientos, miles de grados, en aquel planeta naciente de hace 4.500 años? ¿Acaso vino del espacio de nadie sabe dónde?

La tesis más comúnmente admitida hasta hace poco tiempo postulaba que ni en la Tierra ni en los demás planetas pudo haber tanta agua cuando aparecieron, como elementos residuales expulsados de un Sol naciente en forma de pavesas incandescentes. Su temperatura era elevadísima y el agua, vaporizada, si la hubiera, se perdería en el espacio.

Pero poco a poco estos residuos ardientes fueron enfriándose y, a base de chocar unos con otros, acabaron conformando grandes esferas de materia más o menos sólida, con otras pequeñas masas girando en torno suyo: los planetas y sus satélites. Todo el conjunto quedó, a su vez, dándole vueltas a la estrella recién aparecida, debido a su atracción gravitatoria. La prueba más evidente que se puede aducir es que en ningún planeta ni grande ni pequeño hay demasiada agua líquida.

Es cierto, sí; pero en cambio parece que abunda el agua helada o incluso en forma de vapor. Y no es de extrañar; la molécula de agua es una sencilla combinación, muy estable químicamente, del más frecuente de los elementos del universo, el hidrógeno, y del tercer elemento más abundante, el oxígeno. Otra cosa es que el margen para que exista agua en fase líquida es muy estrecho. Conviene recordar que, entre el cero absoluto,  $-273,15$  °C, y el cero Celsius, el agua es sólida; y entre el 100 °C y muchos cientos de grados es vapor. Y ya a temperaturas altísimas, la energía térmica puede ser capaz de desagregar las moléculas de agua en sus componentes básicos. Tendríamos un plasma a base de iones de hidrógeno y oxígeno, además de otros compuestos ionizados del entorno donde eso ocurra. Es obvio, por ejemplo, que en el interior de las estrellas, Sol incluido, hay plasma con iones de hidrógeno y de otros elementos.

O sea que el margen del agua líquida es estrecho, esos cien grados a los que en la Tierra en cambio estamos bastante acostumbrados, pero que son muy poca cosa, y además muy insólitos por no decir exóticos, en el resto del universo; las temperaturas son muchísimo más altas que cien grados, o muchísimo más bajas que cero Celsius.

Y eso incluye a los planetas más cercanos a nosotros. En Marte hay un poco de agua helada en los polos, y unos vestigios de vapor de agua en su tenue atmósfera, la centésima parte de la terrestre. Y Venus tiene mucho vapor de agua en su atmósfera, pero hace tanto calor —en promedio, 400 °C— que es imposible que haya agua líquida; solo vapor, principal responsable de buena parte de ese infernal efecto invernadero, junto a otros gases como el dióxido de carbono y algunos otros.

En lugares muy alejados del Sol, como algunos de los más importantes satélites de los grandes planetas exteriores, hay mucha agua; mejor dicho, hielo. Destaca a este respecto Europa, el menor de los cuatro satélites grandes de Júpiter (3.122 km de diámetro; la Luna tiene 3.476 km). A pesar de ser mucho más pequeño que nuestro planeta, este satélite joviano alberga en cambio el doble de agua que aquí; eso sí, congelada en superficie. Se supone que por debajo hay inmensos océanos de agua líquida. Pero aún más llamativo es el caso de Titán, el satélite de mayor tamaño de Saturno, cuyo diámetro de 5.162 km es algo inferior al del planeta Marte, que mide 6.787 km de diámetro (recordemos que la Tierra tiene un diámetro de más de 12.756 km). Pues bien, Titán alberga en su atmósfera, en sus mares y en sus continentes helados mucha agua en forma de vapor, quizá de agua líquida y sobre todo de hielo, en una cantidad once veces mayor que la que tenemos nosotros aquí. Y tiene, además, mucho metano también en las tres fases... Titán es fascinante; para Carl Sagan era un buen candidato para tener algún tipo de vida con una estructura biológica de base diferente a la que conocemos en la Tierra basada en moléculas con cadenas de carbono.

Los cometas también tienen mucho hielo; se hace visible al vaporizarse cuando se acercan al Sol. La cola de los cometas no es, pues, una estela derivada de su rápido deambular por el espacio sino un chorro de vapor que se congela luego en el espacio haciéndose visible; un chorro que se sitúa al otro lado del núcleo del cometa, situándose por así decirlo «a la sombra» del astro y apuntando al espacio en dirección opuesta a la del Sol.

¿De qué están hechos los cometas? No son realmente cuerpos sólidos sino una aglomeración de elementos minerales disueltos o agregados a una gran cantidad de agua helada; los expertos los definen de forma muy expresiva como «bolas grandes de nieve sucia».

Parece, pues, que el agua que hoy observamos en la Tierra procede de otros cuerpos celestes; probablemente los cometas, que fueron muy abundantes y ubicuos en los primeros tiempos del sistema solar. Otra cosa es saber de dónde procede el agua de esos cometas; se asume que todos ellos pertenecen al Sistema Solar, es decir nacieron poco después de aparecer el Sol.

Están mucho más lejos que los planetas que conocemos, en una zona esférica muy poblada por elementos ligeros expulsados del Sol naciente, que precisamente por su ligereza se fueron muy lejos; se llama *nube de Oort*.

En aquel viaje inicialmente explosivo, hubo energía de sobra para que se pudieran combinar esos átomos –el hidrógeno y otros elementos ligeros como el litio, el berilio, el boro, el carbono, el nitrógeno, oxígeno y flúor– para formar moléculas simples que se estabilizaron al alcanzar lugares alejados a temperaturas muy frías. Hemos excluido el helio y el neón, que no se combinan con otros átomos; son gases nobles.

Como ya hemos visto que el hidrógeno y el oxígeno son muy abundantes, parece lógico suponer que abundaran mucho las moléculas de agua, helada por supuesto, ya que en los confines del sistema solar la temperatura espacial es del orden de 270 grados bajo cero. En esa nube de Oort se encuentran, pues, los componentes de los futuros cometas que luego, una

vez que escapan por algún tipo de perturbación gravitatoria, acaban siendo atraídos por el Sol en un solo viaje de ida, o en varios viajes periódicos.

Hace unos 4.500 millones de años se formaron los planetas y la nube de Oort –además de una zona intermedia, llamada cinturón de Kuiper, habitada por otros residuos del Sol naciente pero con elementos más pesados, en forma pulverizada, también con mucha agua helada. De ahí salen los cometas de periodo corto, los demás vienen de Oort. Pues bien, en aquellos primeros tiempos del sistema solar, debieron abundar los choques entre todos esos residuos espaciales que quedaron atrapados, más cerca o más lejos de la estrella recién nacida y girando en torno a ella.

O sea que la hipótesis de que el agua viniera a la Tierra a lomos de miles de cometas no es en absoluto descabellada.

Sin embargo, al analizar los isótopos del agua de algunos cometas, son diferentes en masa a los del agua de nuestros océanos; o sea que si no toda, una parte al menos de la hidrosfera terrestre tiene otra procedencia. Quizá el cinturón de asteroides que circunda al Sol entre Marte y Júpiter; son unos cien mil pequeños objetos rocosos que no se sabe bien cómo se formaron. Algunos, como el llamado 24-THEMIS, contienen mucho hielo; quizá el choque de algunos de aquellos asteroides primitivos con la Tierra aportó parte del agua que ahora tenemos...

Y hay quien defiende la hipótesis de que el agua haya podido aparecer aquí mismo, en la Tierra. Según esta idea los océanos se formaron debido a que el planeta en formación tenía muy alta temperatura y mucho hidrógeno combinado a los óxidos de las rocas semifundidas. Así pudieron formarse las moléculas de agua, en forma de vapor, que luego al enfriarse el conjunto acabó condensándose en los huecos de la superficie medio fundida, acabando por formar lagos, mares y océanos. No es una idea que tenga unanimidad entre los expertos porque no hay evidencias de esa abundancia de hidrógeno en la Tierra inicial; si estaba libre, al ser tan ligero habría escapado al espacio antes de combinarse con oxígeno y otros elementos. Pero ¿quién sabe?

### 3. La vida nace y evoluciona en los mares

Cuando la Tierra era ya un planeta relativamente estable, pero todavía con temperaturas muy altas, lo justo para que hubiese aún muchísimas nubes, una enorme actividad tormentosa y algunas zonas con agua líquida muy caliente, espesa, con múltiples elementos minerales disueltos, habían pasado casi 500 millones de años desde que el Sol había aparecido expulsando en torno suyo aquellas pavesas incandescentes que luego se aglomerarían para dar planetas, satélites, cometas, la nube de Oort, el cinturón de Kuiper, los asteroides...

Y no mucho tiempo después, en aquella «sopa primordial», como la llamó en 1924 el bioquímico ruso Alexander Oparin (1894-1980), pudo aparecer un extraño conglomerado de moléculas minerales capaces de autorreplicarse; por así decirlo, de tener descendencia. Una

idea que curiosamente también tuvo en 1929 el químico británico John Haldane (1892-1964). Se supo luego que la obra del ruso no fue traducida al inglés hasta mucho más tarde, o sea que Haldane tuvo la misma idea, unos años más tarde y a miles de kilómetros de distancia. Él reconoció la prioridad de la obra del ruso años más tarde.

La idea de ambos se basaba en el hecho, que ya hace casi un siglo parecía evidente, de que la atmósfera primitiva era muy diferente a la actual, además de abundar notablemente las descargas eléctricas muy energéticas y la energía ultravioleta del Sol, sin freno alguno en la atmósfera como lo hay ahora. Descartaban así otra idea emitida en 1908 por el químico sueco Svante Arrhenius (1859-1927), muy famoso por haber recibido en 1903 el Nobel de Química por su trabajo sobre los iones, que afirmaba que las moléculas orgánicas esenciales solo pudieron venir desde el espacio. Aunque quedaba sin explicar cómo pudieron formarse más allá de nuestro planeta.

Esa idea fue retomada bastante más tarde por otros científicos como el controvertido astrónomo Fred Hoyle (1915-2001), defensor de teorías opuestas a la existencia del Big Bang. Lo que defendieron Arrhenius y luego Hoyle fue una especie de 'panspermia cósmica', que sembró la Tierra de elementos complejos de los que derivamos los primeros seres vivos.

En todo caso, con o sin panspermia cósmica, el mecanismo que acabó aglomerando moléculas muy distintas para dar una protocélula capaz de reproducirse parece similar: mucha energía eléctrica y ultravioleta, en un agua muy caliente con superabundancia de todo tipo de moléculas minerales y orgánicas básicas.

Bastante más tarde pareció quedar demostrada definitivamente la teoría con los experimentos del químico norteamericano Stanley Miller (1892-1964), quien simuló en su laboratorio a mediados del siglo pasado las condiciones que se suponía tenía la superficie de la Tierra hace 4.000 millones de años. Pudo así obtener moléculas orgánicas similares a las que podemos hoy identificar en algunos seres vivos, partiendo de moléculas inorgánicas. No fue una prueba definitiva, como no lo son las que vinieron después con mayor éxito aún; pero es obvio que tales experimentos demuestran no tanto cómo se formó la vida espontáneamente en el planeta recién nacido, sino cómo pudo haberse formado...

El caso es que tenemos constancia fósil de que hubo ya seres vivos autónomos que se reproducían en los mares del planeta hace algo menos de 4.000 millones de años. Seres vivos monocelulares y muy primitivos; que proliferaron en el mar con pocos cambios durante muchos millones de años. Hoy se acepta que pertenecían a dos de los tres dominios de la vida agrupados en un solo grupo, las Moneras. Viene del griego *monos*, uno. Es decir, seres de una sola célula.

Ahora distinguimos en ellas dos grandes dominios: las Arqueas y las Bacterias. Siguen existiendo hoy, con escasas evoluciones, allí donde hay agua: no solo en mar sino a veces en el agua confinada que existe en el interior de seres vivos multicelulares. Y contienen material genético, pero diluido en toda la célula; se les llama células *procariotas*.



El tercer dominio de la vida es bastante posterior y está compuesto por seres vivos con una sola célula o con muchas. Pero esas células tienen ya en su interior un núcleo en el que se concentra el material genético; se les llama células *eucariotas*. Las Protistas se subdividen en cuatro reinos. El reino Protista, de igual nombre, que agrupa muchas especies, pero esencialmente protozoos y determinados tipos de algas. Y los tres reinos bien conocidos: hongos, vegetales y animales.

Los seres vivos más complejos aparecieron muy tardíamente, pero algunas protistas simples monocelulares o en colonias, e incluso algunas plantas primitivas son antiguas, quizá existen desde hace 2.500 millones de años porque fueron los primeros seres vivos con clorofila, junto a algunas bacterias aún más antiguas como las bacterias azules, o cianobacterias.

El caso es que, por esa época, entre 2.000 y 2.500 millones antes de ahora, proliferaron en el mar de tal manera que, como resultado de la acción fotosintética catalizada por la clorofila, comenzó a haber mucho oxígeno en la atmósfera, como primera gran contaminación de la vida al planeta. No es necesario recordar que el oxígeno, por su obvio poder oxidante, es corrosivo y, al combinarse con muchas moléculas orgánicas, podían alterar gravemente la fisiología de los seres vivos. En esa fecha los expertos dan por concluido el eón Arcaico, para dar comienzo al eón Proterozoico.

Todavía era monocelular la vida en los mares terrestres. Si acaso, había colonias de bacterias, pero sin especialización de ningún tipo. Los primeros seres vivos complejos, o sea no solo multicelulares sino con órganos distintos para ejercer funciones concretas, tardarían todavía bastante en aparecer. Según los más recientes descubrimientos de los geobiólogos, los primeros registros fósiles de vida compleja datan este paso trascendental en unos 600 millones de años.

Eran animales invertebrados, pero algunos de gran tamaño, cuyos fósiles datados en poco más de esos 600 millones aparecieron en unas colinas del sur de Australia, llamadas Ediacara. Quizá fueron la respuesta de la vida, agazapada en el fondo del mar durante la enorme glaciación un poco anterior, durante la cual toda la Tierra estuvo cubierta de hielo durante millones de años. El caso es que esa fauna ediacareense desapareció, pero fue seguida no mucho después entre 570 y 535 millones de años por la aparición de nuevos seres vivos complejos, y al final animales vertebrados, con esqueleto. En esa fecha se suele considerar que se produjo la explosión de biodiversidad del Cámbrico, que inicia el último gran periodo de la vida en la Tierra, el Fanerozoico. Hoy lo dividimos en tres grandes eras: Paleozoico (antes era primaria), Mesozoico (antes era secundaria) y Proterozoico (antes eras terciaria y cuaternaria).

Al principio toda esa vitalidad en forma de animales, plantas, quizá hongos y, por supuesto bacterias y arqueas, seguía siendo marina. Pero gracias al oxígeno atmosférico, comenzó a haber ozono en la estratosfera capaz de filtrar, en parte al menos, la letal radiación ultravioleta. Y los primeros seres anfibios pudieron sufrir ciertas mutaciones al azar que los llevaron a sintetizar el oxígeno del aire tal y como ya lo hacían desde mucho antes con el oxígeno disuelto en el agua, esencial para ciertas reacciones como por ejemplo la síntesis del colágeno.

El caso es que una pequeña parte de la vida acabó viviendo fuera del mar; eso ocurrió en una fecha no muy bien determinada, pero probablemente en torno a 400 millones de años antes de ahora, antes del periodo carbonífero. La evolución de esos seres terrestres dio lugar a la actual biodiversidad de animales, plantas y hongos que habitamos la tierra emergida. Por supuesto, también siguió proliferando la vida en el agua, evolucionando del mismo modo pero un hábitat mucho más extenso: el conjunto de mares y océanos, a todas las profundidades.

De aquellos primeros seres anfibios que conquistaron tierra firme descendemos nosotros y todos los demás seres vivos que ahora viven fuera del agua. Y como desde siempre hemos vivido ahí, sobre islas y continentes, creímos que todo el planeta merecía llamarse como el terruño en el que nacimos y sin el que somos incapaces de seguir vivos. O sea, la tierra. Sin duda esa es la razón por la que hemos bautizado nuestro planeta como Tierra. En inglés, *Earth*; así llaman al cuarto elemento de los griegos: aire, agua, fuego y... tierra.

Pero, ya hemos visto que existen poderosas razones para que este planeta Tierra nuestro debiera ser llamado planeta Agua... Aunque, por supuesto, no se trata de convertir esta disquisición en ningún *casus belli* ni nada parecido. Se trata, si acaso, de un divertimento de una mentalidad científica con ligera tendencia a la provocación.

## 4. El planeta tiene la misma agua desde hace miles de millones de años

El agua no se renueva en el planeta. Es cierto que muy esporádicamente puede caer del cielo un residuo de cometa, con hielo, o algún meteorito con algo de agua helada. Pero es despreciable el incremento del agua ya existente, como lo es la posible pérdida de agua evaporada en los altos niveles de la atmósfera.

El agua total de la Tierra está en forma líquida o sólida en los mares y en las zonas polares y grandes glaciares montañosos. Y, claro, en el suelo y subsuelo, en los seres vivos... Una pequeña cantidad se encuentra en las capas más bajas del aire, en forma de vapor que, al condensarse, puede formar nieblas o nubes que se componen de gotitas de agua líquida. Y cuando precipita, repone el agua evaporada en otros lugares.

Por cierto, el vapor de agua es invisible; cuando se hace visible ya no está en forma de gas sino de agua líquida, aunque sean en forma de gotas minúsculas.

Pero asumiendo que hay mucha, ¿cuánta agua quiere decir «mucha»?

La cifra más reciente que difunde el Servicio Geológico de los Estados Unidos, que es reputada agencia oficial para estos temas, es de 1.386 millones de kilómetros cúbicos (ver Tabla 1).



Tabla 1. Las cifras de la hidrosfera terrestre

| Agua total                | Km <sup>3</sup> | Total de agua dulce (%) |
|---------------------------|-----------------|-------------------------|
| Mares y océanos           | 1.386.000.000   | 0                       |
| Hielo continental         | 24.000.000      | 69                      |
| Agua subterránea          | 23.400.000      |                         |
| <i>Salada</i>             | 12.900.000      | 0                       |
| <i>Dulce</i>              | 10.500.000      | 30                      |
| Suelos helados            | 300.000         | 0,86                    |
| Lagos                     | 42.300          |                         |
| <i>Agua salada</i>        | 20.500          |                         |
| <i>Agua dulce</i>         | 21.800          | 0,007                   |
| Humedad del suelo         | 16.500          | 0,005                   |
| Atmósfera (vapor y nubes) | 12.900          | 0,002                   |
| Suelos pantanosos         | 11.470          | 0,001                   |
| Ríos y embalses           | 2.120           | 0,0002                  |
| Seres vivos               | 1.120           | 0,0001                  |

Esos casi 1.400 millones de km<sup>3</sup> suponen, obviamente, una tal cantidad de agua que, medida con los parámetros habituales, por ejemplo, en litros, resulta imposible de imaginar porque supone 1.400 trillones de litros. Escrita con todos sus ceros, la cifra es: 1.400.000.000.000.000.000.000 litros.

Sí, muchísima agua. Pero seguimos sin tener una idea clara, siquiera sea aproximada, de lo que eso significa. Quizá podríamos utilizar otra unidad de medida, por ejemplo la que empleamos para medir la capacidad de los embalses. Esa unidad es el hectómetro cúbico (hm<sup>3</sup>), que equivale a mil millones de litros. Pues bien, la hidrosfera contiene casi un billón y medio de hectómetros cúbicos, 1.400.000.000.000.

Aunque es una unidad enorme, el hectómetro cúbico tampoco nos ayuda a imaginar cuánta agua hay en el planeta. A guisa de comparación, el embalse más grande de España (La Serena, Badajoz, sobre el río Zújar) tiene una capacidad máxima de 3.220 hm<sup>3</sup>. Hagan la división y verán cuántos embalses como este cabrían en la hidrosfera terrestre...

En la tabla que acompaña a estas líneas vemos que el agua del planeta es mayoritariamente agua salada, se estima que en torno al 97 %. El resto es agua dulce, la mayor parte en forma de hielo en la Antártida (en torno al 90 % del hielo total), en Groenlandia (en torno al 10 % de los hielos) y el resto en glaciares de montañas no polares.

Con un simple vistazo puede verse que el agua que hay en forma de vapor de agua en la atmósfera terrestres no es mucha; aunque este adjetivo conviene relativizarlo, porque dadas las inimaginables cifras de agua total, sí que no es mucha, pero aun así supone nada menos que casi 13.000 kilómetros cúbicos; mucha más que la de ríos y embalses. Y esa masa está flotando en el aire, sobre nosotros, casi siempre invisible; recuérdese que el vapor es invisible, solo es visible el agua de las nubes y nieblas, y de las precipitaciones, cuando ese vapor se condensa en el aire.

¿Cuánto pesa en toneladas el agua que hay en el aire? No es difícil de calcular, sabiendo que un kilómetro cúbico de agua condensada (nubes, precipitación) pesa más o menos mil millones de toneladas. Por supuesto, el vapor de agua pesa mucho menos, pero aún hablamos de cifras de miles de toneladas gravitando por encima de nuestras cabezas...

Ese vapor se encuentra confinado en las capas bajas del aire, la zona que llamamos troposfera. Por encima, ya en la estratosfera, no hay humedad; o como mucho puede haber algo de humedad residual que a una altitud de un centenar de kilómetros da lugar al fenómeno óptico de las *nubes noctilucentes*, generalmente visibles de forma muy esporádica en la atmósfera de las zonas polares.

El famoso ciclo del agua —en esencia, el agua se evapora en el mar, se condensa luego en nubes, precipita como lluvia o nieve, y acaba de nuevo en el mar— es tal que la cantidad total de agua del planeta es constante. Eso sí hay un permanente intercambio entre las aguas superficiales y atmosféricas, bastante rápido ya que ocurre varias veces en un año. En cambio, con las aguas de las simas oceánicas o del subsuelo profundo, ese intercambio es mucho más lento o simplemente no existe.

Los océanos contienen disueltos o en suspensión la mayor parte de los 92 elementos químicos naturales de la tabla periódica. Entre ellos predominan obviamente el cloro y el sodio, y ya en mucha menor cuantía el magnesio y el bromo. Solo estos cuatro elementos son explotados industrialmente por la humanidad. También revista interés la explotación de minerales depositados en el fondo marino; por ejemplo, nódulos de manganeso casi puro, además de algunos metales como hierro, níquel, cobre, cobalto, zinc, cromo, wolframio, plomo e incluso uranio.

En suma, todos los seres vivos somos seres de agua, dependientes del agua. Y los humanos, además, hemos sido capaces de idear sistemas de todo tipo para aprovechar ese medio líquido que nos rodea, a pesar de sernos hostil como terrícolas que somos. El agua no solo es la vida, sino que sin agua, no hay vida.

## 5. Pero, entonces ¿por qué dañamos nuestro entorno?

Todo lo que hemos visto hasta aquí nos ayuda a ponderar la enorme importancia del medio acuoso del planeta para la vida misma. Y, por extensión, la importancia que reviste hoy el entorno natural para la vida humana, que es la que nos pilla más cerca y la que más nos importa.

Solo que los humanos dependemos de la naturaleza, también del mar... Hasta tal punto que hoy comienza por fin a vislumbrarse algo de cordura en unas conductas desarrollistas que se iniciaron con la revolución industrial y que ahora han desembocado en un desarrollo sin duda deseable, pero probablemente ya insostenible, al menos con las mismas premisas previas. Y menos mal que ya se alzan voces, incluso en foros internacionales, reclamando una visión menos miope, más sostenible, sin perder lo mucho que algunos hemos conseguido tener, y buscando que ese bienestar sea compartido por cada vez más congéneres, contemporáneos y descendientes nuestros.

Aludíamos antes medio en broma al nombre del planeta, que debería haber sido Agua y no Tierra. Una anécdota que supone, apenas, un mero juego del intelecto, convengámoslo. Pero tiene algún interés si al menos sirve para recordarnos que esa enorme masa de agua se enfrenta a graves problemas precisamente por culpa de la mano del hombre.

No obstante, lejos de algunos catastrofismos propios de esta época de grandes amenazas globales cuando la humanidad nunca ha vivido más y mejor que ahora, conviene decir que los problemas de la sostenibilidad ambiental del desarrollo de los pueblos, los que ya somos ricos y los que quieren serlo, tienen visos de solución. El mar posee no pocas fortalezas, y ofrece aún oportunidades muy variadas como para hacer las cosas mejor de lo que veníamos haciéndolo en los dos últimos siglos.

Pero, sin duda, hay razones para preocuparnos por la salud de los océanos, que es como decir del planeta entero porque incluso la vida tierra adentro tiene siempre relación, aunque sea por vía indirecta, con lo que ocurre en los mares. La principal de esas preocupaciones es que nacen de una constatación desoladora: el daño que podemos estar infligiendo los humanos al entorno natural de todo el planeta ha sido y sigue siendo, en su inmensa mayoría, involuntario. Es decir, muy pocas veces contaminamos para hacer daño de forma consciente; al contrario, lo hacemos casi sin darnos cuenta a través de mecanismos casi siempre relacionados con nuestros comportamientos desperdiciadores de bienes y recursos naturales que usamos profusamente.

Y es que la naturaleza –recordemos que los mares suponen más del 70 % de ese entorno natural– se ve amenazada por el hecho de que nuestra vida actual se aprovecha de algunas de sus características más preciadas como fuente de sustento, como soporte de nuestro transporte, comunicaciones y otras actividades, y sobre todo como depositario final de muchos de nuestros residuos. Este último aspecto, claramente agresivo para la vida marina y para los suelos continentales, se basa en la idea apenas intuida de que el campo y el mar, así en genérico, son muy grandes y lo aguantan todo.

Pero no. Múltiples amenazas de origen humano han acabado por poner de manifiesto las debilidades de ese entorno natural único porque solo tenemos un planeta, el nuestro. Se impone un cambio de enfoque con vistas a ir remediando lo ya deteriorado y evitar que siga ese proceso; y eso es lo que hoy suele llamarse desarrollo sostenible. No es utópico, pero exige replantearse la forma de desarrollo industrial que hemos venido teniendo desde hace un par de siglos.

Conocemos mejor el medioambiente terrestre que el marino, pero incluso de este último vamos adquiriendo a pasos agigantados unos saberes que nos llevan no solo a darnos cuentas de las amenazas que se ciernen sobre él sino, sobre todo, a comenzar a apreciarlo por lo mucho que vale, a admirarlo e incluso amarlo por sus muchas virtudes, y a conservarlo precisamente para no perder todo eso. El turismo, la industria y sus residuos, los desechos urbanos, la sobrepesca, el plástico casi indestructible... Todo eso puede ser corregido sin por ello tener que renunciar a los beneficios ya alcanzados, mediante un tipo de desarrollo diferente en el que, por resumir, se tienda a una economía lo más circular posible –nada se tira, todo se recicla– en la que los recursos no renovables puedan ser poco a poco transformados en recursos secundarios renovables.

Eso no es fácil en el mundo de la energía que hoy sigue dependiendo mayoritariamente, en cuanto a energía primaria bruta, de las combustiones de productos fósiles irremplazables.

Pero las soluciones, tanto las que ya se están poniendo en marcha como las que habrán de venir, requieren ante todo la complicidad positiva de la población. Que solo puede conseguirse con educación informal, con mensajes de concienciación en positivo, huyendo de dramatismos espectaculares pero nada eficaces. Una labor en la que han de jugar un papel preponderante no solo las instituciones públicas y privadas que conocen y se ocupan del problema, sino también los medios de comunicación y la sociedad civil misma, a través de acciones directas de voluntariado y dispersión de los conocimientos.

Un buen ejemplo de este quehacer en positivo lo constituyen los modernos zoos y sobre todo los grandes acuarios, que además de mostrar las bellezas naturales en tierra y mar, también divulgan conocimientos formativos, a la vez que investigan, conservan y difunden el amor por los valores ambientales. Lástima que no proliferen los esforzados divulgadores como el llorado comandante Cousteau, cuyas filmaciones seguimos contemplando con deleite e incluso reverencia, al igual que ocurre con las del también llorado Félix Rodríguez de la Fuente, en este caso defendiendo el medioambiente más bien terrestre y sus criaturas.

La ciencia aún tiene mucho que aprender de los mares, de sus mecanismos y de las formas de vida de sus habitantes de todos los tamaños y especies. Porque hemos de ser conscientes de que de nosotros, los humanos del siglo XXI, de nuestra ciencia y de nuestro poderío tecnológico, si conseguimos encarrilarlo por vías más sostenibles, dependerá la posibilidad de ir reduciendo esas amenazas que, en algunas cuestiones, se nos antojan alarmantes.

## 6. ¿Cómo puede la humanidad estar dañando tan gravemente al planeta?

La alerta mundial en torno al daño que estamos provocando a la masa líquida del conjunto del planeta y a las tierras emergidas está presente casi a diario en los informativos de todo el mundo. Pero hay quien se pregunta, con cierto escepticismo, si eso es realmente posible...

Porque es obvio que los seres humanos somos primates inteligentes, sí, pero no estamos dotados de una fuerza y un tamaño excesivos —en eso nos ganan muchos animales y plantas— y, además, tenemos increíbles limitaciones en cuando abandonamos nuestro entorno natal, la tierra firme. No estamos a gusto ni podemos sobrevivir lejos del suelo porque ni sabemos volar ni podemos bucear más allá de un tiempo muy limitado bajo las aguas, y a no mucha profundidad.

Desde luego, nuestra inteligencia ha sabido proveernos de aviones, barcos y submarinos que surcan con seguridad los cielos y las aguas, en superficie y bajo ella. Pero, aun así, esas naves voladoras, flotantes o submarinas solo pueden afectar a una porción limitadísima de los océanos y de la atmósfera. El resto está libre, aparentemente al menos, de esa presencia humana siempre esporádica, aunque no por ello menos agresiva e impactante, tanto directa como indirectamente.

En todo caso, nuestra intuición parece indicar que no debe ser fácil contaminar tales masas de agua y aire en el conjunto del planeta. Alguien podría incluso decir que suena casi soberbio, presuntuoso. No somos tan poderosos, ¿no?...

Lo malo es que, de cierta manera generalmente sin querer, sin casi darnos cuenta, ya hemos adquirido la posibilidad sí, de dañar al planeta entero. Bueno, al planeta no; a la biosfera, en la que y de la que vivimos.

No podemos desplegar fuerza y potencia brutas, capaces de destruir el conjunto de la vida marina o terrestre. Pero sí hemos llegado a hacerlo a base de aplicar nuestra inteligencia con logros tecnológicos inauditos, que nos han proporcionado medios y herramientas para conseguir a gran escala múltiples bienes y servicios. Eso sí, con cierta inconsciencia despreocupada respecto a algunas consecuencias de esas actividades que buscan mejorar nuestra forma de vida tanto en cantidad como en calidad. Por ejemplo, todo tipo de residuos que acaban en el suelo, las aguas y el aire en cantidades ingentes; o el agotamiento de los recursos no renovables y que no reciclamos.

En todo caso, esa culpabilidad derivada del desarrollo industrial debe ser matizada. Porque con ese proceder una parte de la humanidad, más o menos la quinta parte, que somos los pobladores de los países más ricos, ha más que doblado la esperanza media de vida de nuestra especie desde finales del siglo XIX. Una esperanza de vida que, antes de eso, apenas creció unos pocos años en los últimos veinte siglos. Un resultado inconcebible que ha desembocado en un fenómeno probablemente único en la biosfera: un crecimiento incontrolado del número de individuos de nuestra especie. Un crecimiento explosivo.

Sí, nadie podrá negar que ahora vimos mucho más y mucho mejor que antes. ¿Antes? ¿Con que fecha del pasado nos comparamos? La respuesta es sencilla: cualquiera. Cualquier tiempo pasado fue peor. Lo que de ningún modo pudo prever Jorge Manrique cuando escribió aquellos versos famosos de su elegía a la muerte del maese don Rodrigo, su padre:

Recuerde el alma dormida, avive el seso y despierte  
contemplando cómo se pasa la vida, cómo se viene la muerte,  
tan callando, cuán presto se va el placer,  
cómo, después de acordado, da dolor;  
cómo, a nuestro parecer,  
cualquiera tiempo pasado fue mejor.

Por supuesto, Manrique vivió en el siglo XV, en plena Reconquista y participando activamente en las intrigas de la reciente fusión de los reinos de Castilla y Aragón, con el común objetivo de combatir entre sí, y ya si acaso luchar contra los moros invasores... Vivió menos de 40 años, y su pesimismo, tan bellamente expresado, estaba justificado en aquella época.

Pero hoy sería imposible afirmar, con un mínimo de veracidad, eso de que «*cualquiera tiempo pasado fue mejor*». Vivimos en todo el mundo, incluidos los países más pobres, mejor que nunca. Eso sí, los ricos hemos progresado muy deprisa, y los pobres lo han hecho también, pero mucho más despacio...

Entonces ¿dónde está el problema? Todo lo dicho suena bien para la especie humana. Y no parece probar que tengamos la capacidad de dañar la vitalidad de los océanos del planeta, ni aún menos la del planeta entero.

Pero si nos vamos al origen de ese progreso exponencial de los humanos, observamos que todo se inició con una revolución industrial basada en transformaciones energéticas a base de máquinas muy eficientes que convertían el calor de combustión en otras energías útiles para el transporte y muchas otras tareas. De la máquina de vapor y luego los motores de explosión interna, además de muchas otras energías secundarias como la electricidad, derivaron directa o indirectamente todos los adelantos que, en pocos decenios, consiguieron mejorar increíblemente las condiciones de vida de los humanos. Pero ese proceso también favoreció el crecimiento exponencial de los individuos de nuestra especie. No es que aprendiéramos a reproducirnos como conejos, simplemente dejamos de morirnos como moscas gracias a los adelantos de la ciencia biomédica. Vivir más años y ser cada vez más numerosos conlleva necesidades globales crecientes, en un mundo en el que, además, el desarrollo iba exigiendo tener y gastar cada vez más... de todo.

Lo malo es que en todos esos procesos productivos se generaban residuos, que hoy llamamos contaminantes porque dañan al entorno natural, que con su mera presencia alteraban las condiciones de vida de todas las especies de la biosfera, incluidos nosotros mismos. Una alteración raras veces inocua. Porque esos desechos de todo tipo que eliminábamos —aún lo seguimos haciendo— dispersándolos en el aire, el suelo y las aguas eran los que poco a poco iban dañando no tanto al planeta como a sus moradores. Plantas y animales, desde luego; pero es que hemos llegado a tal nivel de insensatez que nos matamos a nosotros mismos. La ONU



reconoce hoy que hay más víctimas mortales por la contaminación en las grandes ciudades, sobre todo del Tercer Mundo, que por el consumo del tabaco: casi diez millones de personas al año, frente a poco más de siete millones.

Lo mismo ocurre con el suelo y, sobre todo, con las aguas del planeta entero. Los más de 7.700 millones de humanos que habitamos el planeta en el verano de 2019 nos hacíamos en una pequeña superficie. Recordemos que las tierras emergidas ocupan solo el 29 % de la superficie planetaria, pero es que las zonas habitables son mucho menos extensas que todo eso porque habría que restar las altas montañas, los desiertos, los continentes helados como la Antártida... Parece obvio que allí donde podemos vivir se acumule la basura de todo tipo que nosotros mismos y nuestra actividad industrial generamos.

Muchas de esas basuras acaban en las aguas corrientes y, en última instancia, terminan en el mar en las zonas costeras desde donde, gracias al oleaje y las corrientes marinas, acaban difundiéndose hacia el resto del agua. Si a esto sumamos las actividades humanas que contaminan directamente los océanos, como el transporte de crudo, por ejemplo, o la sobrepesca insostenible de recursos marinos comestibles, comprenderemos mejor que sí, aun siendo el mar muy grande, podemos ya estar dañándolo gravemente en su conjunto. Incluidos, por sorprendente que parezca, los mares polares en los que se ha encontrado una densidad de microplásticos similar a otras zonas oceánicas más próximas a las costas donde se produce esa contaminación de origen costero.

Otro aspecto del problema que supone nuestro impacto sobre el entorno natural tiene que ver con el agotamiento de nuestras actuales fuentes de energía y de buena parte de los recursos materiales que obtenemos del planeta. La mayoría de ellos se van agotando y nunca se podrán sustituir ya por haber sido eliminados de manera definitiva. Por ejemplo, el carbón y los hidrocarburos que, almacenados bajo tierra y mar desde hace muchos millones de años, los usamos ahora como proveedores del 80 % de esa energía primaria bruta de la que deriva, directa o indirectamente, todo el bienestar del que disfrutamos. Pero también buena parte de la contaminación que nos aflige y nos preocupa.

De ahí la pertinencia del concepto de *transición energética*: tenemos que iniciar ya, cuanto antes, un proceso de transformación de nuestras fuentes de energía de modo que el sistema sea cada vez menos insostenible. No podremos prescindir de golpe del petróleo o del carbón, eso es obvio; pero sí sabemos ya cómo mejorar la eficiencia de nuestros procesos, cómo ir reduciendo esa dependencia de los combustibles fósiles a base de consumir menos y mejor, e incrementando el uso de energías renovables hasta donde ello sea posible.

## 7. Comer... y beber

Con el desmesurado crecimiento de la población humana a lo largo del último siglo y medio hoy ya no podríamos alimentarnos solo con la caza o la recolección de frutos y vegetales

terrestres. Las especies de interés alimenticio en tierra firme solo pueden encontrarse en suelos fértiles y en climas propicios; y eso nos obliga una vez más a eliminar las zonas improductivas como los desiertos y las altas montañas, las regiones de climas extremos y muchos otros lugares donde no se puede producir alimento. Si viviéramos de la caza y la recolección solo podríamos, pues, explotar apenas un 10 % de la superficie total del planeta. Algo que era ya imposible para los mil millones de humanos de hace poco más de un siglo, y que resulta sencillamente impensable para la humanidad actual casi ocho veces más numerosa.

Si hoy sigue habiendo hambre en el mundo, a pesar de la ganadería y la agricultura, incluso con la pesca que, en algunos aspectos, sobre todo la que se ejerce en alta mar por grandes buques factoría, deberíamos controlar más y mejor... ¿qué solución podríamos encontrar a ese problema, que podría llegar a ser de mera supervivencia de nuestra especie? Porque la humanidad crece y crece. En todo el año 2018 el saldo entre personas nacidas y personas fallecidas fue positivo en más de 80 millones.

Bueno, el mar es muy grande. Y quizá pudiéramos imaginar que toda la humanidad pudiera subsistir alimentándose a base de las criaturas que habitan en su seno, aunque nosotros mismos seamos criaturas de tierra firme. Suena un poco utópico, claro. Fue el viejo sueño del capitán Nemo de Julio Verne y su Nautilus: vivir solamente del mar y en el mar. Eso sí en un submarino gigante, con su órgano de iglesia y todo.

Pero eso, no nos engañemos, era ya difícilmente defendible a finales del siglo XIX –al margen de que Nemo fuera un iconoclasta y un misógino feroz–, pero insistamos en que hoy somos ya sobre la faz del planeta casi ocho mil millones de seres humanos. Todos los cuales aspiran a la máxima exigencia en cuanto a la calidad y cantidad de vida que pueden tener. Que lo deseen los países más pobres, cuya población vive mucho menos, parece comprensible; pero es que también lo demandamos los habitantes de los países más desarrollados. Y sumamos en conjunto, conviene no olvidar la magnitud de estas cifras, 7.715 millones de personas, a fecha 1 de julio de 2019.

## 8. Amenazas humanas, fortaleza de los mares

Es obvio, pues, que las amenazas que se ciernen sobre el conjunto de los mares son de cuantía más que notable, y se deben obviamente a la humanidad industrializada. No por maldad manifiesta ni por afán destructivo voluntario; por simple ignorancia, a veces por pura desidia, en lo que respecta a las consecuencias de un desarrollo que aporta enormes ventajas para la calidad y la cantidad de vida de la mayoría de los habitantes, pero a costa de ir generando poco a poco, pero en cuantías ya amenazantes, unos impactos negativos crecientes sobre el entorno natural, tanto terrestre como sobre todo marino.

Es obvio que la humanidad ha sido siempre depredadora, sobre todo en los últimos miles de años, cuando fuimos poco a poco descubriendo algunas regularidades de la naturaleza que,

asimiladas como leyes naturales, nos llevaron no solo al conocimiento de su esencia sino, sobre todo, a encontrarles aplicaciones cada vez más variadas y sofisticadas. Un proceso progresivo, pero lento. La inteligencia estaba ahí, desde luego; pero el número de humanos listos –los *Homo sapiens sapiens* nos llamamos a nosotros mismos– era reducido, y además las condiciones del entorno no parecían especialmente proclives a mucho más que la mera subsistencia. Conviene recordar que tanto los neandertales como los cromañones –nosotros– vivíamos en un planeta en plena glaciación, la última de las cuatro famosas del último millón de años, en lo que antes llamábamos Cuaternario y hoy conocemos como Pleistoceno.

Pero llegó el Holoceno, que cubre los últimos 11.000 años; un instante a escala geológica pero que se inició cuando la Tierra experimentó un calentamiento brusco y muy considerable, pasando de la más cruda época glacial a las benignas temperaturas que tenemos desde entonces. Eso ha ido posibilitando el progreso cada vez más acelerado de la humanidad; un progreso explosivo en el último siglo y medio.

En nuestra mano está ahora ir poniendo remedios posibles, no utópicos, allí donde ello sea posible. Con formas de desarrollo nada revolucionarias, pero sí trascendentalmente diferentes en cuanto al enfoque. Ya no se trata de producir por producir, cuanto más mejor, sino de mejorar también cualitativamente en pos de la sostenibilidad futura de esos beneficios.

Lo que implica ir cambiando poco a poco el modelo energético para ir disminuyendo todo lo de prisa que se pueda nuestra dependencia de los combustibles fósiles, que se agotan y contaminan en exceso. Y además cuidar las formas del desarrollo económico de una forma lo más cíclica posible, donde se reduzca todo lo que se pueda el uso de procesos, bienes y servicios no renovables. Y conseguir alimentos de forma sostenible, con respeto al entorno natural y su supervivencia, garante de la sostenibilidad de esas producciones. Y reducir al máximo nuestros desechos para que, de una vez por todas, nos convirtamos en una sociedad sostenible en lugar de esa indeseable civilización del desperdicio a la que parecíamos encaminarnos a marchas forzadas.

En el fondo de todas estas cuestiones subyace una reflexión más filosófica que otra cosa: el desarrollo industrial –léase económico– ha olvidado (o lo ignora, sin más) el ciclo habitual de las transformaciones de energía y materia en la biosfera, para fijarse tan solo en la cuestión de la rentabilidad monetaria tan poderosa en la economía de mercado pero que, en realidad, es de tamaño muy reducido si la comparamos con los problemas que le estamos planteando a la Biosfera. Urge enmendar el error; nos va en ello no tanto la supervivencia del planeta, que no van por ahí los tiros, sino el mantenimiento de nuestros actuales niveles de bienestar y, lo que aún resulta más grave, la posibilidad de poderlos extender al resto de la humanidad actual y futura.