Notes d'Aigua Agbar

5

El agua: nuevos retos

Juan María Sánchez

1. Sinopsis	1
2. Reflexiones sobre el agua	1
3. Consumo y calidad del agua	2
4. Cantidad de agua en la Tierra	3
5. Función del agua	5
6. El ciclo natural del agua y la formación de los mares	8
7. Agua y desarrollo	10
8. Usos del agua y efectos de la acción del hombre	10
9. El mar, nueva fuente de suministro	14
9.1. Estado actual de la desalación en el mundo	15
9.2. ¿Convertiremos los mares en un mar muerto?	17
9.3. Desalación y energía	18
10. Obligaciones del sector del agua	19

Edición bilingüe
Castellano
Inglés

Documentos de divulgación de la Fundació Agbar 2009 **Nº 05**

Notes d'Aigua Agbar

La **Fundació Agbar** tiene como objetivo principal el fomento de los valores diferenciados del Grupo Agbar, como son el compromiso con el medio ambiente, la materialización de los máximos estándares de calidad, el avance tecnológico y la voluntad de servicio. A través de la educación, la concienciación y el diálogo, servimos de nexo con la Sociedad en la transmisión de una visión del agua orientada hacia el conocimiento y hacia el futuro. Para ello, la Fundación se aproxima a los usuarios y a los ciudadanos mediante la promoción del desarrollo sostenible, la investigación, la reflexión y la difusión del conocimiento sobre el Agua.

El agua: nuevos retos

Juan María Sánchez

Especialista en Desalación, con más de treinta años de experiencia en este campo.

Por su amplia experiencia en todos los procesos, ha realizado numerosos estudios de viabilidad de plantas desaladoras, auditorias técnicas y estudios de mejoras de instalaciones existentes.
Ha aportado al campo de la desalación mejoras en los procesos y en la reducción del consumo energético. Ha participado en Investigación y Desarrollo de procesos de desalación.

Este texto se presentó por primera vez durante el ciclo de conferencias SID 2007-2008 sobre escaseces globales emergentes y cambios energéticos, y fue publicado en B. Berendsen (ed.), *Emerging global scarcities and power shifts*, KIT Publishers, Ámsterdam, 2009 (ISBN 978 90 6832 689 5).

© Fundació Agbar, 2009

La Fundació Agbar ha elegido este texto reconociendo su interés general y su aportación al debate sobre el Agua. No obstante, la responsabilidad de las opiniones formuladas en esta publicación corresponde exclusivamente a su autor y la Fundació Agbar no se identifica necesariamente con su contenido.

Esta publicación ha sido realizada con papel Cyclus 100% reciclado, sin cloro ni blanqueadores. Con este tipo de iniciativas, la Fundació Agbar quiere promover el uso de papel reciclado en sus oficinas, de acuerdo con el compromiso de respeto al medio ambiente que el Grupo Agbar recoge en su Código Medioambiental Corporativo.

Fotografía: Ferran Martí
Edición: Ormobook
Maquetación: Ormograf
Impresión: Ormoprint

Fundació Agbar
Ctra. de Sant Joan Despí,1 08940 Cornellà de Llobregat Barcelona España
Tel 93 342 35 00 Fax 93 342 35 31 www.fundacioagbar.org

1. Sinopsis

Partiendo de una definición de los conceptos de consumo y calidad del agua más ajustados a la realidad de su uso, se hace un análisis de los recursos de agua dulce disponibles en la Tierra, se estudia el papel que juega el agua en la Tierra no solo como recurso a ser utilizado sino también y principalmente desde el punto de vista medioambiental. Asimismo, se analizan los aspectos del agua que inciden en el hombre, como la salud y el desarrollo, o sobre el ecosistema Tierra, es decir, la vida.

Se analizan las causas del estrés hídrico, los factores que influyen en el mismo y la forma en que estos seguirán actuando en el futuro.

Se estudia el papel que juega la desalación del agua del mar y cómo permite la utilización del mar, la fuente de agua más grande que existe en la Tierra.

Finalmente, concluimos con la necesidad de gestionar la demanda de agua y, con este fin, la necesidad de establecer el coste real de la misma como factor determinante en la regulación de dicha demanda.

2. Reflexiones sobre el agua

El agua es un elemento tan cotidiano en nuestras vidas, tan común, tan del día a día, que pocas veces nos hemos parado a pensar sobre ella. En la escuela nos enseñan que el agua es incolora, inodora e insípida. Nada de esto ayuda a que le prestemos atención, es "tan transparente" que ni la vemos, no tiene olor ni sabor, pasa desapercibida y, sin embargo, la vida no sería posible sin ella.

Desde el punto de vista físico-químico tiene propiedades que la hacen única. La molécula forma un dipolo, como un imán en miniatura, con un polo positivo y otro negativo. Esta estructura tan especial permite explicar gran parte de sus propiedades, como la de ser líquida a temperatura ambiente; la capacidad para ionizar y, en consecuencia, disolver las sales; la tensión superficial que presenta en estado líquido; que en forma sólida sea menos densa que en estado líquido, por lo que el hielo flota en el agua, su gran capacidad para acumular calor, y otras muchas propiedades.

3. Consumo y calidad del agua

En ocasiones el lenguaje y la forma en que nos expresamos no reflejan la realidad de los hechos. Así, cuando hablamos del agua decimos que consumimos agua. Nada más incorrecto. El agua ni se crea ni se destruye, se formó en el principio de los tiempos con las estrellas y su cantidad sobre la Tierra permanece prácticamente inalterada. Utilizamos agua, pero no la consumimos. Se consume petróleo, alimentos, pero no el agua, que solamente utilizamos. ¿Para qué utilizamos el agua? En la mayoría de los casos, los humanos utilizamos el agua como medio de eliminación y transporte de elementos tóxicos o residuales y, en este sentido, lo que hacemos es contaminar el agua aprovechando una de sus propiedades más importantes: disolver sustancias. Así, cuando lavamos la ropa, el suelo o la vajilla estamos utilizando el agua para disolver materias indeseadas que estos objetos tienen y transportarlas para sacarlas de nuestros hogares. Cuando bebemos agua, el organismo la utiliza para disolver nutrientes con el fin que estos puedan ser asimilados por las células y, al mismo tiempo, eliminar los residuos, a través de la orina y el sudor que estas mismas células han generado, evitando de esta manera su acumulación en el organismo.

Otro de los usos importantes que hacemos del agua en nuestros hogares es calentar. Para ello, aprovechamos otra de sus importantes propiedades: la gran capacidad para acumular calor. La usamos para cocinar los alimentos, logrando de esta manera que sean más digeribles, evitando que se quemen y aportando nuevas propiedades que los hacen más agradables al gusto. Asimismo, la usamos para calentar nuestras casas, al transportar el calor generado por el combustible consumido en las calderas y llevarlo hasta los radiadores.

Entre los principales usos del agua también encontramos la agricultura. El riego permite disolver las sales de la tierra y transportarlas al interior de las plantas donde, mediante la adsorción del anhídrido carbónico de la atmósfera, el CO_2 y la radiación solar que activa la función clorofílica, se transforman en materia orgánica vegetal permitiendo su crecimiento y reproducción.

Por último, el agua se utiliza en el sector industrial para efectuar lavados y limpiezas tanto de máquinas como de materiales usados en los procesos. Se utiliza para transmitir calor, para disolver y para integrarla dentro de productos acabados.

En ninguno de los usos que hemos mencionado hay destrucción de la molécula de agua. Lo que sucede es que entra con una calidad determinada y sale con otra, normalmente peor, haciéndola inservible para el uso al que se había destinado, pero puede servir para otros usos con exigencias de calidad diferentes.

Aquí entra en juego otro concepto, la calidad del agua. Se trata de un concepto relativo, ya que no existe una definición de calidad única y, en ocasiones, un agua considerada de calidad para un servicio no es apta ni tiene la calidad exigida para otro y a la inversa. De esta manera, resulta que el agua de mar no es apta, no tiene la calidad requerida, para el consumo humano. En cambio, es apta para refrigerar el condensador de una central térmica. El agua pura, formada solamente por moléculas de H_2O, es adecuada para la industria farmacéutica o de la electrónica, pero no es apta para el consumo humano. El agua pura es muy difícil de encontrar en la naturaleza. Lo más parecido es el agua que hay en las nubes, el agua de lluvia o de deshielo, aunque en todas ellas hay minerales o bacterias que hacen que no sea pura al 100%. En general, el agua que hay en la naturaleza contiene sales disueltas, bacterias, virus y otras materias en suspensión. La comparación entre la composición del agua y la composición que debe tener para el uso al que se destina determina si es de calidad o no. En consecuencia, el concepto de calidad es un concepto relativo al uso. Cuando se trata de hacer un vertido a un cauce, la calidad que debe tener el agua que se va a verter es aquella que no tendrá impacto sobre el medio, es decir, aquella que no modificará la composición del agua existente, no impedirá los usos corriente abajo y no afectará al nicho ecológico de dicho cauce.

Por tanto, no consumimos agua, lo que hacemos es utilizar agua de una determinada calidad, que tras el uso queda inutilizable, ya que le hemos aportado algo que impide seguir usándola. Unas veces serán sales disueltas; otras, sustancias en suspensión, un incremento de temperatura o una combinación de ambos factores. Lo que sí hacemos es contaminar el agua al utilizarla.

4. Cantidad de agua en la Tierra

La cantidad de agua que existe en la Tierra es constante y es la que se formó en los inicios. Según estimaciones del UNEP de 2002, el agua existente representa un volumen de 1.400.000.000 km^3 (1). Al formarse el agua, se encontraba en forma de vapor y, por tanto, era agua pura (figura 1).

En la actualidad, el agua de los océanos y los mares representa aproximadamente el 97,5% del total, lo que equivale a un volumen de 1.365.000.000 km^3 con un alto contenido en sales. El 2,5% restante es agua dulce, lo que supone un volumen de 35.000.000 km^3 con bajo contenido en sales.

Al analizar la distribución del agua dulce, nos encontramos que el 68,9% está en forma de hielo y nieves perpetuas, lo que corresponde a un volumen de 24.115.000 km^3. El hecho de que se encuentre en forma de hielo y nieve impide su uso para abastecimiento. Un 30,8%, que equivale a un volumen de 10.780.000 km^3, se encuentra como agua subterránea hasta

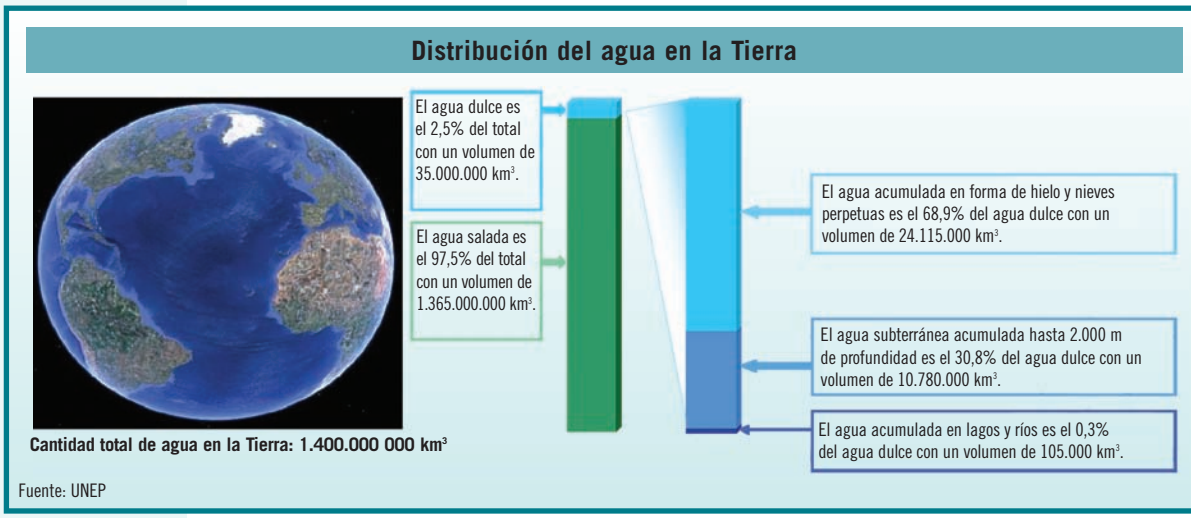


Figura 1

una profundidad de 2.000 m. Por este motivo solo se puede utilizar una parte de ella, ya que la que se encuentra a grandes profundidades o en forma de *permafrost*, no puede utilizarse. Por último, un 0,3% del agua dulce se encuentra en ríos y lagos, lo que corresponde a un volumen de 105.000 km^3, del que solo una parte es utilizable ya que hay que mantener caudales ecológicos y volúmenes adecuados que permitan garantizar la vida en ellos.

De todo el agua dulce existente en el planeta, menos de un 0,6% es aprovechable para uso humano, es decir un volumen de aproximadamente 200.000 km^3, con un reparto desigual. El reparto y la calidad de los recursos de agua disponibles vienen determinados por la acción del ciclo natural.

5. Función del agua

El agua en el planeta Tierra juega diferentes papeles, todos ellos de gran importancia y sin ella las cosas serían muy distintas. Analicemos los más importantes.

AGUA Y VIDA. Este es uno de los papeles más evidentes e importantes, se dice que sin agua no hay vida. Los seres que poblamos el planeta, ya sea del reino animal o vegetal, necesitamos agua para poder vivir y para la constitución de los tejidos vivos. En el hombre, el porcentaje de agua representa entre el 70% y el 90% del peso, dependiendo de la edad y otros factores. Dicho de otra manera, el agua es el principal constituyente del cuerpo humano. Lo mismo sucede con los animales, los vegetales, las células, los seres microscópicos y con cualquier ser vivo. Pero, además, el agua forma parte del nicho ecológico como es el caso de los seres que viven en ella, ya sea en el mar, en los lagos o en los ríos. Y también en las selvas, donde el ciclo de lluvias es el que determina y condiciona las especies vegetales y animales existentes. El agua está presente donde hay vida; podría haber agua y no existir vida, pero la inversa no sería posible.

AGUA, CLIMA Y ENTROPÍA. El agua juega un papel fundamental en la regulación del clima del planeta. Hoy todos somos conscientes del impacto que tiene nuestra forma de vida sobre el medio ambiente y de cómo el exceso de emisiones de CO_2 está provocando una elevación de la temperatura media del planeta. Dicha elevación tiene dos causas. La primera es el incremento de calor sobre el planeta, ya que al consumir cualquier tipo de energía, ésta termina convertida en calor de bajo nivel térmico, es decir, no utilizable, añadiéndose al calor recibido diariamente del Sol. La segunda, es el efecto aislante, producido por el CO_2 en la atmósfera, ya que dificulta la salida de dicho calor por radiación. Para mantener el equilibrio, la Tierra tiene que despedir calor por la noche, irradiándolo al espacio exterior. La cantidad de calor que debe emitir es igual a la que recibe diariamente del Sol más el calor generado por la actividad humana. Por ello, el consumo energético y, en consecuencia, las emisiones de CO_2, tienen como efecto más importante la elevación de la temperatura media de la Tierra, pues, como la termodinámica nos enseña, la cantidad de calor que un cuerpo puede irradiar es proporcional a la cuarta potencia de su temperatura.

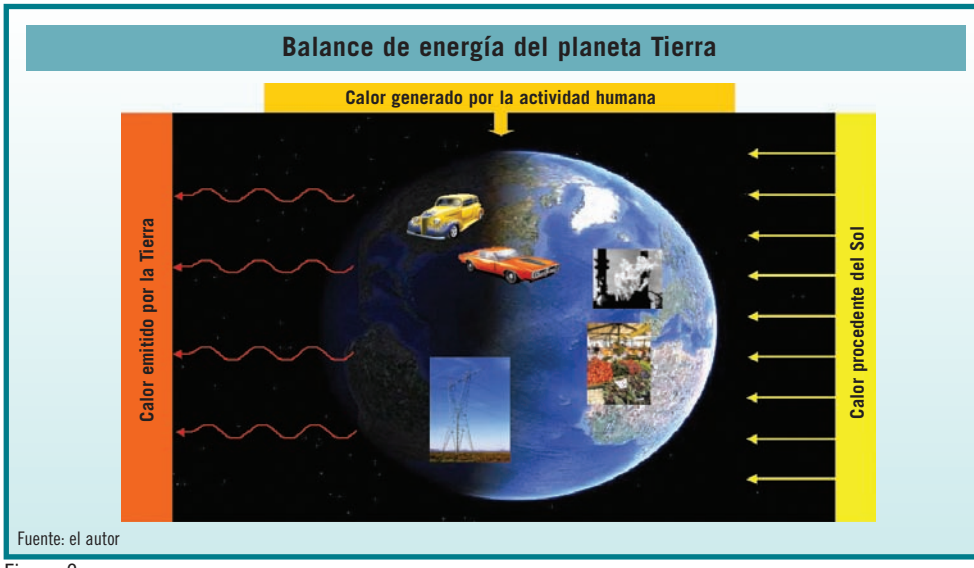


Figura 2

La elevación de la temperatura media del planeta está derritiendo los hielos. Al derretirse los hielos se absorbe calor, 80 kcal por cada kilo de agua, calor que no será necesario emitir, reduciendo de esta forma el "trabajo" del planeta. Además, con la elevación de la temperatura se produce una mayor evaporación del agua del mar. Esta evaporación absorbe unos 560 kcal por cada kilo de agua evaporada, reduciendo la cantidad de calor a irradiar. Asimismo, las nubes formadas con el vapor de agua impiden la entrada de la radiación solar reduciendo la cantidad de calor procedente del Sol.

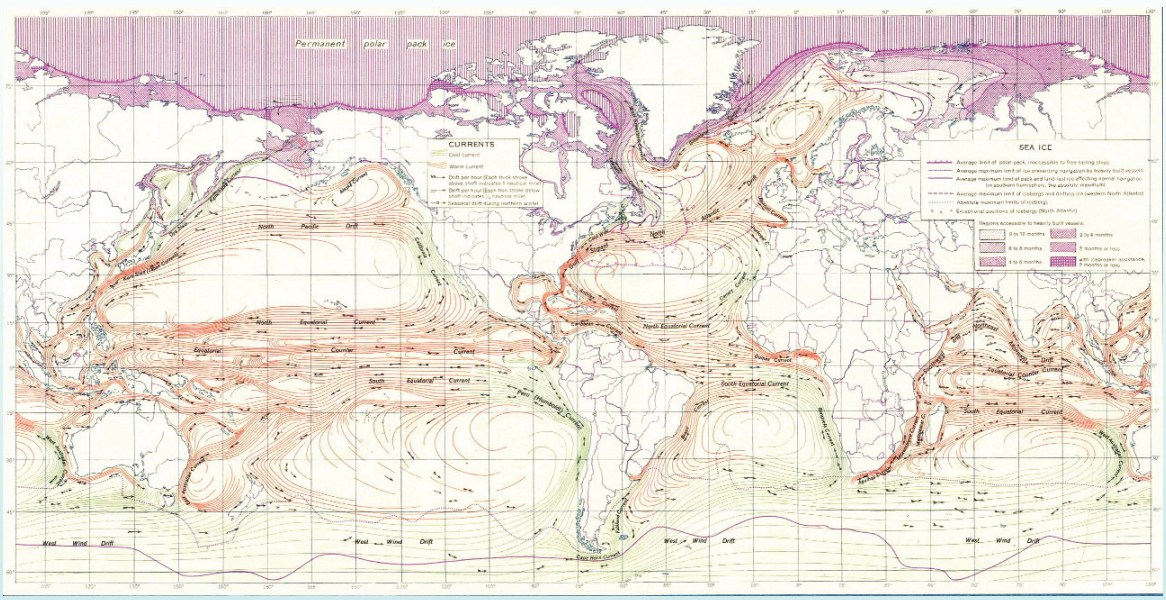
Lo descrito anteriormente no significa que el agua pueda resolver por sí sola el problema medioambiental del exceso de consumo de energía y de emisiones de CO_2, ya que el desequilibrio es tal, que a la postre provocaría que se derritiesen todos los hielos y nieves existentes y se evaporasen todos los mares y océanos, con lo que destruiríamos nuestro nicho ecológico. La solución al problema medioambiental pasa por reducir las emisiones de CO_2, causantes del efecto de aislamiento por la radiación y el consumo de energía utilizada por todo el planeta con el fin de evitar que tenga que emitir demasiada energía al exterior. Por otra parte, cuando las temperaturas descienden, el agua se congela en forma de hielo y nieve, en este proceso de congelación se desprenden 80 kcal por cada kilo de agua congelada, haciendo que la temperatura ambiente suba. Asimismo, se producen lluvias condensando las nubes y con cada kilo de agua de lluvia se desprenden al ambiente del orden de 560 kcal.

La descripción realizada pone de manifiesto la manera en que el agua, ante cambios climáticos, actúa como un colchón que absorbe energía cuando hace falta y la desprende cuando es necesario tratando de suavizar las temperaturas, al pasar de un estado a otro, sin embargo no es la solución al cambio climático.

El agua no solo actúa como un elemento regulador global, sino que también actúa regulando el clima de áreas más localizadas mediante las corrientes oceánicas. En la figura 3 podemos observar la representación de las principales corrientes oceánicas existentes. Estas corrientes sirven para reducir las diferencias de temperaturas entre las distintas regiones del planeta. Hay corrientes cálidas, otras son frías y otras mixtas.

El agua no solo tiende a uniformar las temperaturas, evitando grandes diferencias entre unas regiones y otras, también tiende a reducir las diferencias físicas del planeta. Así, las lluvias erosionan las montañas, disuelven las sales de la tierra y arrastran sólidos que se van a depositar al mar, rellenándolo. Podríamos decir que el agua tiende a aumentar la entropía del planeta Tierra, en el sentido más termodinámico del término.

Corrientes oceánicas



Fuente: Fundación Wikimedia Commons

Figura 3

AGUA Y SALUD. El acceso a recursos de agua salubres ha determinado el estado de salud de las personas y los pueblos. La higiene personal ha aumentado, entre otras cosas, la esperanza de vida de la gente; las regulaciones sobre la calidad del agua de abastecimiento han reducido o eliminado elementos que en otros tiempos fueron causa de enfermedades (plomo, arsénico, virus, bacterias, etc.) y se ha mejorado la calidad de vida y reducido las causas de enfermedades y muerte. El agua es uno de los vectores de salud más importantes en las sociedades modernas.

"La falta de acceso a agua potable segura es la principal causa de enfermedad y mortalidad, debido a la exposición a agentes infecciosos, a contaminantes químicos y a la falta de higiene. El acceso inadecuado al agua en los domicilios es causa también de desventajas económicas, ya que obliga a comprometer muchos recursos humanos para su búsqueda y transporte." (2)

Se estima que cada semana 42.000 personas mueren debido al uso de agua no potable o sin las debidas condiciones sanitarias. El 90% de estas personas son niños menores de cinco años.

6. El ciclo natural del agua y la formación de los mares

El ciclo del agua es un ciclo cerrado. Para explicarlo utilizaremos la figura 4, empezando por la evaporación del agua del mar por el Sol. Posteriormente, los vientos arrastran las nubes y hacen que estas se condensen en forma de lluvia o nieve.

Como ya dijimos el agua de lluvia prácticamente es agua pura. Esta, al caer sobre la tierra e ir pasando por ella, disuelve sales, arrastra arenas y se va uniendo a otras corrientes formando lagos y ríos. Los ríos finalmente desembocan en el mar donde dejan las sales disueltas y los materiales arrastrados. Este ciclo (el agua disuelve las sales de la tierra, las transporta al mar, vuelve a evaporarse, cae en forma de lluvia, vuelve a disolver sales, etc.) es el que, al cabo de millones de años, ha provocado la salinización de los mares y océanos. El proceso continúa actualmente, de forma que, dentro de otros millones de años, la salinidad de los mares y océanos se habrá incrementado. El incremento es suficientemente pequeño como para que no podamos detectarlo ni

Ciclo natural del agua

Fuente: el autor

Figura 4

siquiera en un lapso de miles de años; gracias a ello, los seres que viven en el mar pueden ir adaptándose a las nuevas condiciones. De esta manera se han formado los mares y océanos.

Los seres vivos y, entre ellos, el hombre, necesitan agua. Por ello, desde el principio de los tiempos, han utilizado los recursos disponibles, cuyo efecto, como ya hemos comentado anteriormente, ha sido el de contaminarlos. No obstante, mientras esta contaminación era pequeña y afectaba a caudales relativamente pequeños, la naturaleza tenía una capacidad de autodepuración. El agua, al discurrir por los ríos, se airea y el propio ecosistema es capaz de aprovechar la materia orgánica aportada por el uso, para servir de alimento a otros seres que, de esta forma, la limpian de nuevo. Es el ciclo natural y ha funcionado durante muchos siglos.

En la actualidad, debido a la fuerte presión ejercida sobre el recurso agua, a causa de una población mucho más numerosa y a que la contaminación producida es más intensa, la naturaleza ya no tiene la capacidad autodepuradora. Por este motivo, se hace indispensable la intervención humana que, por medio de las plantas depuradoras de agua, tanto urbanas como industriales, la limpia. Estas plantas copian los procesos naturales acelerándolos, con el fin de depurar el agua para que, cuando se devuelva al medio natural, esté libre de contaminantes y no se impida su uso posterior, ni afecte al medio natural.

7. Agua y desarrollo

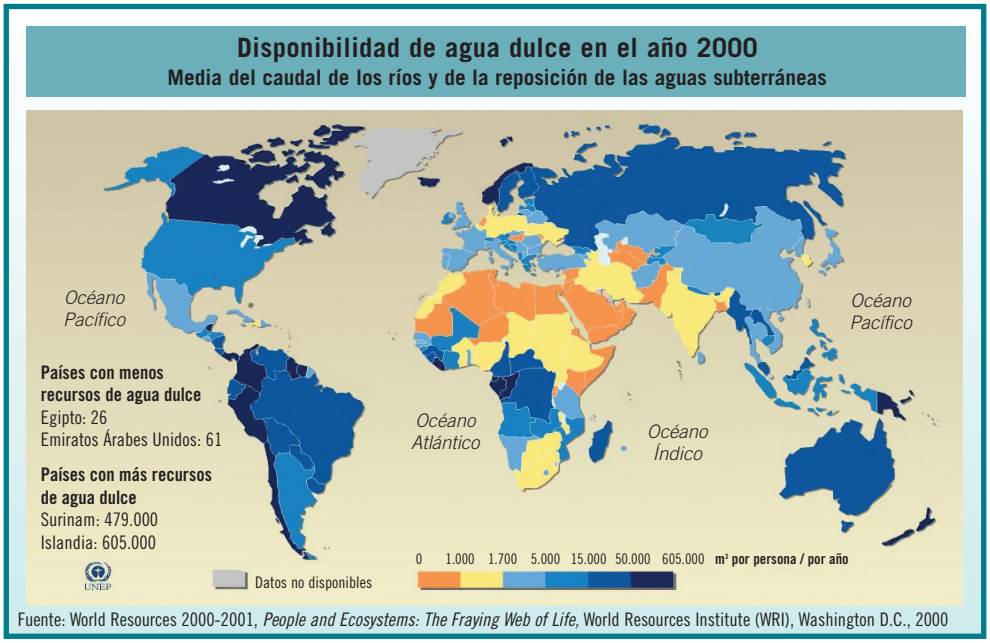
Desde el comienzo de los tiempos, el hombre ha buscado vivir cerca de fuentes de agua. Las grandes civilizaciones han tenido su desarrollo ligado al agua, el imperio egipcio con el Nilo como gran hacedor, anteriormente el Creciente Fértil en la actual Mesopotamia donde había agua en gran cantidad. Las ciudades más antiguas y prósperas se han asentado a las orillas de ríos (Roma, París, Londres) o cerca del mar, (Estambul, Alejandría, Atenas). El acceso a fuentes de agua ha determinado el nivel de desarrollo de los pueblos. En la actualidad, según datos extraídos del World Water Development Report n.º 3 de las Naciones Unidas (3), en el mundo hay 1.400 millones de personas clasificadas como pobres, de las cuales el 44% vive en el sur de Asia, el 24% en las regiones subsaharianas y en el este de Asia, y un 6,5% en Latinoamérica y en el Caribe. Si observamos el mapa de la figura 5, vemos que existe una correspondencia casi unívoca entre zonas pobres y zonas sin disponibilidad o de muy escasa disponibilidad de agua.

El agua ha jugado un papel civilizador. Aquellos pueblos que dominaron el agua y aprendieron cómo optimizar su uso con la construcción de infraestructuras, lograron desarrollar y mantener sus territorios cohesionados. Como ejemplos tenemos el Imperio Romano, con la construcción de acueductos y tanques de acumulación, o los árabes, que con la construcción de acequias y canales de riego –de los cuales aún quedan muestras en uso en varias zonas de España–, impulsaron el desarrollo agrícola de la Península Ibérica durante ocho siglos.

El agua también ha originado disputas y enfrentamientos entre las personas y guerras entre países por el control de las fuentes, obligando a establecer legislación y tribunales específicos, como el Tribunal de las Aguas en Valencia, cuyo objetivo es regular el uso de un recurso escaso y evitar los enfrentamientos.

8. Usos del agua y efectos de la acción del hombre

El agua dulce disponible para usos humanos se reparte aproximadamente en un 70% para agricultura, un 20% para abastecimiento humano y el resto para usos industriales. Estos porcentajes varían de unos países a otros en función



Fuente: World Resources 2000-2001, *People and Ecosystems: The Fraying Web of Life,* World Resources Institute (WRI), Washington D.C., 2000

Figura 5

de su desarrollo, tipo de población (urbana o rural) o de si se trata de un país agrícola o no. Como ya dijimos al principio, todo uso del agua conlleva la adición de algo que la contamina. Esta contaminación es diferente dependiendo del uso y nivel de tecnificación o desarrollo. De esta manera, la agricultura produce una contaminación por herbicidas, pesticidas, abonos y aportes de DBO y sólidos en suspensión. Cuanto más tecnificada es la agricultura que se practica más aportes de este tipo de sustancias tiene. Por otra parte, el problema de la contaminación agrícola proviene de la dificultad o imposibilidad de depurarla ya que el tipo de contaminación producida es "difusa" y el agua usada pasa directamente a los acuíferos de forma no canalizada por lo que no es posible hacer un tratamiento de depuración previo al vertido, lo que complica los tratamientos de adecuación para usos posteriores del recurso. La ganadería aporta DQO, antibióticos, estrógenos y otros. Estas aguas residuales ganaderas pueden recogerse previamente al vertido y tratarse específicamente. El uso en abastecimiento añade DBO y sólidos suspendidos, aparte de algunas otras sustancias en menor cantidad, pero de consecuencias importantes como son los disruptores hormonales, antibióticos, antipiréticos, drogas, contaminación vírica y bacteriana, etc. Las aguas residuales urbanas se tratan en plantas depuradoras antes de su vertido al cauce natural. El uso industrial aporta contaminantes muy diferentes dependiendo del tipo de industria de que se trate. Generalmente aportan metales pesados, contaminación térmica, DQO,

sólidos en suspensión y otros. Las aguas residuales industriales deben ser depuradas en la propia industria antes de su vertido y, en general, se debe propiciar la reutilización del agua depurada en la propia industria. El motivo es que conviene más tratar específicamente la contaminación producida antes de mezclarla con aguas de otras procedencias cuyo tratamiento puede complicarse en exceso y realizarse de manera menos eficaz debido a la presencia, en ocasiones, de contaminantes antagónicos.

La acción humana sobre el agua no se limita a la contaminación por el uso, la construcción misma de infraestructuras de aprovechamiento y distribución también tiene impacto sobre el recurso agua. Así, la construcción de pantanos tiene como consecuencia el depósito de materias sedimentables en los mismos, además de la reducción de caudales aguas abajo. La modificación de los cursos de agua por este motivo ha tenido un impacto ambiental considerable; ejemplo de ello son la presa de las Tres Gargantas, en China, y la presa de Asuán, en el Nilo.

La presión sobre el recurso agua es cada vez mayor. Las causas son el aumento de la población mundial que crece a un ritmo de unos 84 millones de personas al año, lo que supone un incremento anual de las necesidades de agua de unos 64.000 millones de metros cúbicos. Por otra parte, el incremento de población tiene lugar principalmente en los países en desarrollo, lo que significará una presión adicional sobre el recurso, debido a que estos países, al incorporarse a un mayor nivel de desarrollo, aumentarán su consumo per cápita.

En los países desarrollados el consumo per cápita está entre los 300 y los 800 litros al día por habitante (1), mientras que en los países en desarrollo con recursos de agua se sitúa entre los 60 y los 150 litros al día por habitante, bajando a entre 20 y 60 litros al día por habitante en países con escasez de recursos. En consecuencia, el aumento de población y de desarrollo de los países en desarrollo tiene un efecto directo determinante sobre las necesidades de agua, incrementándolas de forma exponencial. Por otra parte, el aumento del desarrollo y de población significa un aumento de las necesidades de alimentos, presionando sobre la producción agrícola y ganadera, así como sobre las necesidades de bienes, presionando a su vez sobre la industria. La suma de todos estos efectos tiene como resultado una mayor presión sobre el

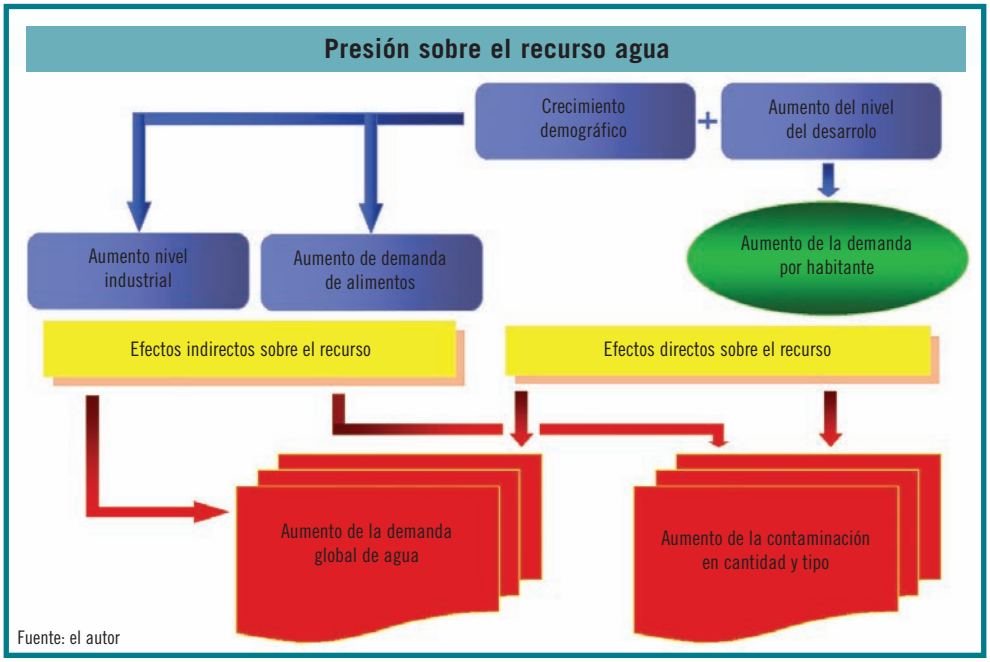


Figura 6

recurso agua, al aumentar las necesidades de agua para regadío e industria. Todo ello supondrá un incremento del tipo de contaminación de las aguas, tanto en cantidad como en tipo de contaminantes. La tendencia generalizada al asentamiento de la población en grandes urbes –para el 2030 más del 80% de la población vivirá en centros urbanos– requerirá la construcción de grandes infraestructuras para asegurar el suministro de agua a estos centros de población y el saneamiento de las aguas residuales resultantes. En resumen, el aumento de población y el mayor desarrollo de los países en desarrollo, supondrá una mayor necesidad de disponibilidad de agua y una mayor contaminación de la misma.

El efecto de todo esto es la necesidad de una gestión integral del agua, de forma que el agua sea utilizada muchas veces antes de su devolución al cauce natural en las condiciones debidas. Con este fin es necesario partir de lo que decíamos al principio, que el concepto de calidad es un concepto relativo al uso, por lo que las aguas residuales procedentes de usos con mayores exigencias de calidad puedan ser adaptadas para ser utilizadas en otros usos con exigencias menores y así sucesivamente. Es decir, el concepto de fuente como agua captada directamente del medio natural se difumina, pasando a convertirse también en fuentes las aguas usadas anteriormente. Además, el avance

tecnológico permite disponer de fuentes con las que antes no podíamos contar, como el mar. Las plantas desaladoras hacen posible el viejo sueño de los marinos de hacer potable el agua de los mares y océanos, posibilitando el uso de la mayor fuente, el 97,5% de las aguas del planeta.

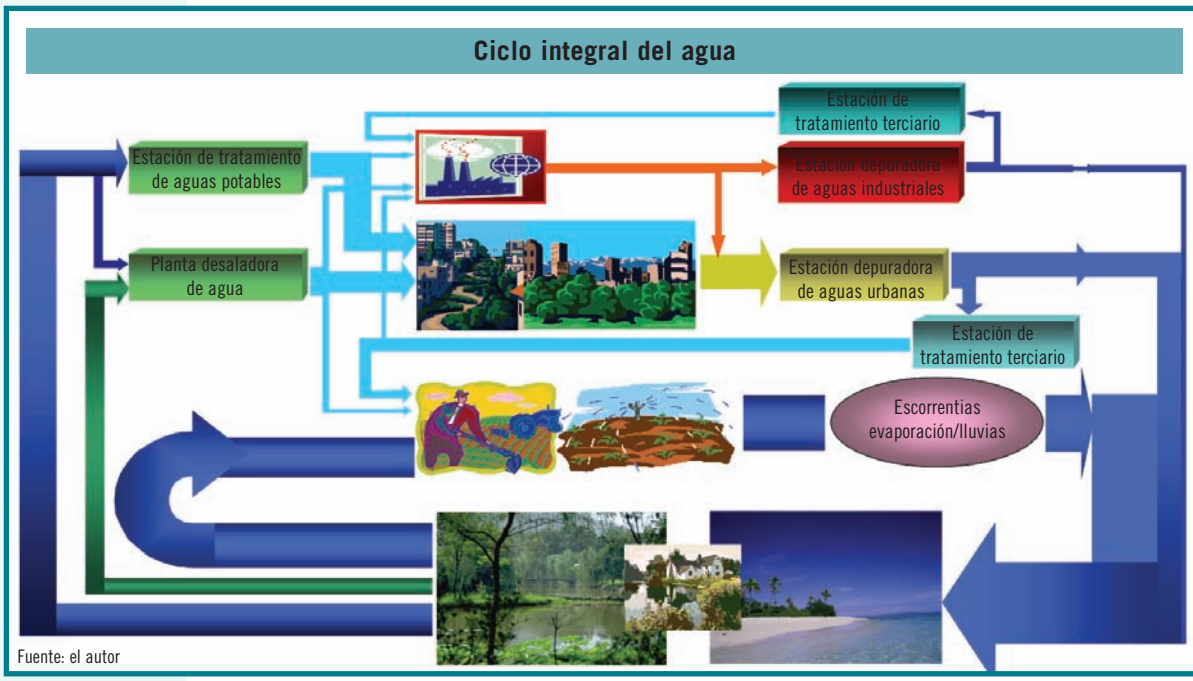
9. El mar, nueva fuente de suministro

Los factores que están empujando a la búsqueda de nuevas fuentes de agua son:

- Incremento de la población mundial
- Desarrollo de los pueblos
- Mayores exigencias de calidad de las aguas de abastecimiento
- Irregularidad territorial en la disponibilidad de agua dulce
- Necesidad de mantener los caudales ecológicos de los sistemas naturales
- Obligación de no afectar a los ecosistemas naturales
- Mayor contaminación de las aguas usadas

¿Y por qué el mar?

- La mayor parte de la población mundial vive en las costas –se estima que más del 50% de la población vive en zonas costeras situadas entre la cota cero y la cota 100. El abastecimiento de esta población con agua desala-



Fuente: el autor

Figura 7

da procedente del mar permitiría liberar los recursos de agua del interior que actualmente se envían a la costa, para ser utilizado en las poblaciones situadas tierra adentro, reduciendo la presión sobre estas fuentes.

- El agua del mar representa el 97,5% del recurso agua del planeta.
- El estado del arte de la tecnología permite usar este recurso.
- Los costes de producción de agua desalada han bajado considerablemente en los últimos 20 años, mientras que el coste del metro cúbico de agua procedente de otras fuentes se ha incrementado paulatinamente. En la actualidad el coste del agua desalada, incluyendo la amortización y la producción hasta salida de planta desaladora se sitúa entre los 0,4 y los 0,7 €/m^3, dependiendo del tamaño de la planta y del precio de la energía eléctrica.
- La calidad del agua desalada se puede adaptar a cualquier exigencia de calidad necesaria, lo que permite ofrecer "agua a la carta".
- Los impactos medioambientales de las plantas desaladoras de agua de mar se han minimizado.

En los siguientes apartados analizaremos algunos de los aspectos más polémicos de esta tecnología.

9.1 Estado actual de la desalación en el mundo

Según los datos de la International Desalination Association (IDA) (4) hasta 2007, la cantidad de agua producida por desalación en el mundo era del orden de 60 millones de metros cúbicos diarios, de los cuales el 58,4% procedía del mar y el resto de aguas salobres y otras procedencias. Lo que significa que del mar se extraían unos 35 millones de metros cúbicos cada día.

La tecnología de desalación nació hace muchos años y ha ido evolucionando de forma muy rápida haciéndose cada vez más eficiente. En la figura 9 se muestra el reparto actual de los procesos de desalación en el mundo.

El reparto por regiones de la capacidad de agua obtenida mediante desalación muestra un uso masivo en áreas secas del planeta que no tienen otros recursos de agua, aunque cada vez se están incorporando más regiones con escasez de agua y zonas secas de países que disponen de recursos, pero que están mal repartidos.

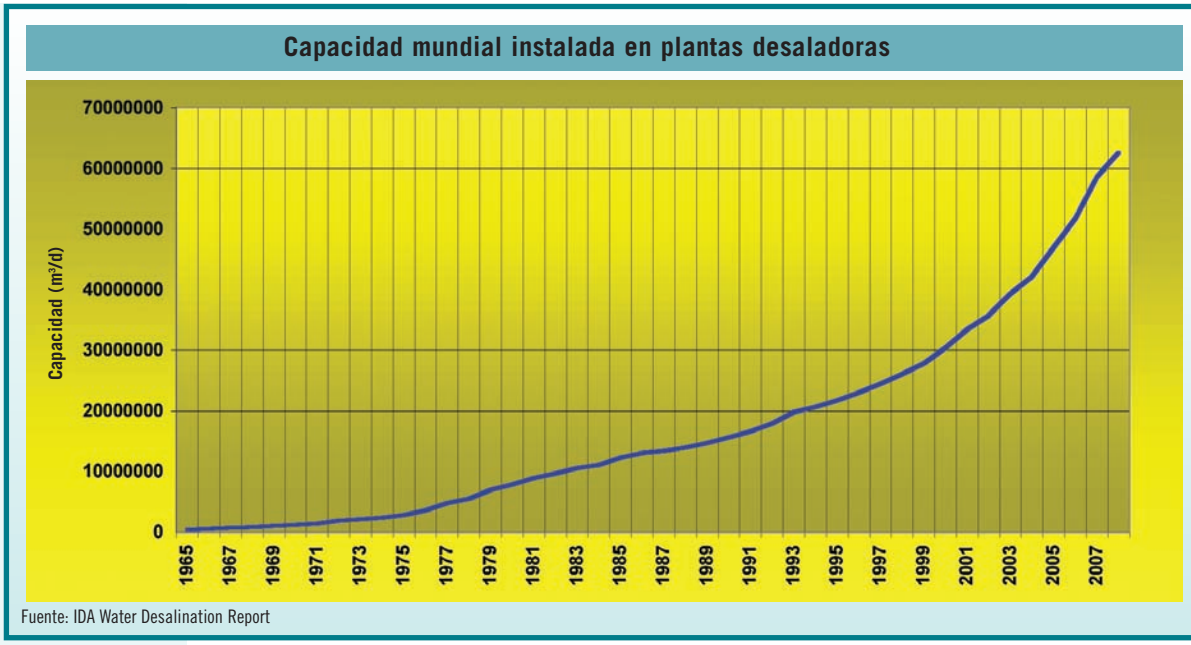


Figura 8

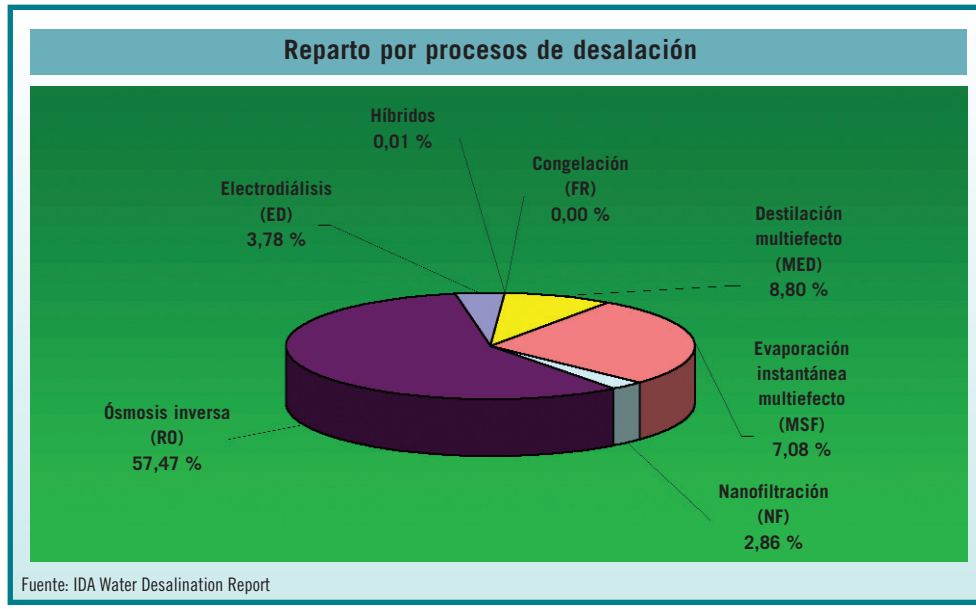


Figura 9

La desalación es una tecnología probada, que cuenta con amplia experiencia en el mundo y que es capaz de suministrar agua de calidad a partir de agua de mar, permitiendo que sea una fuente más de agua.

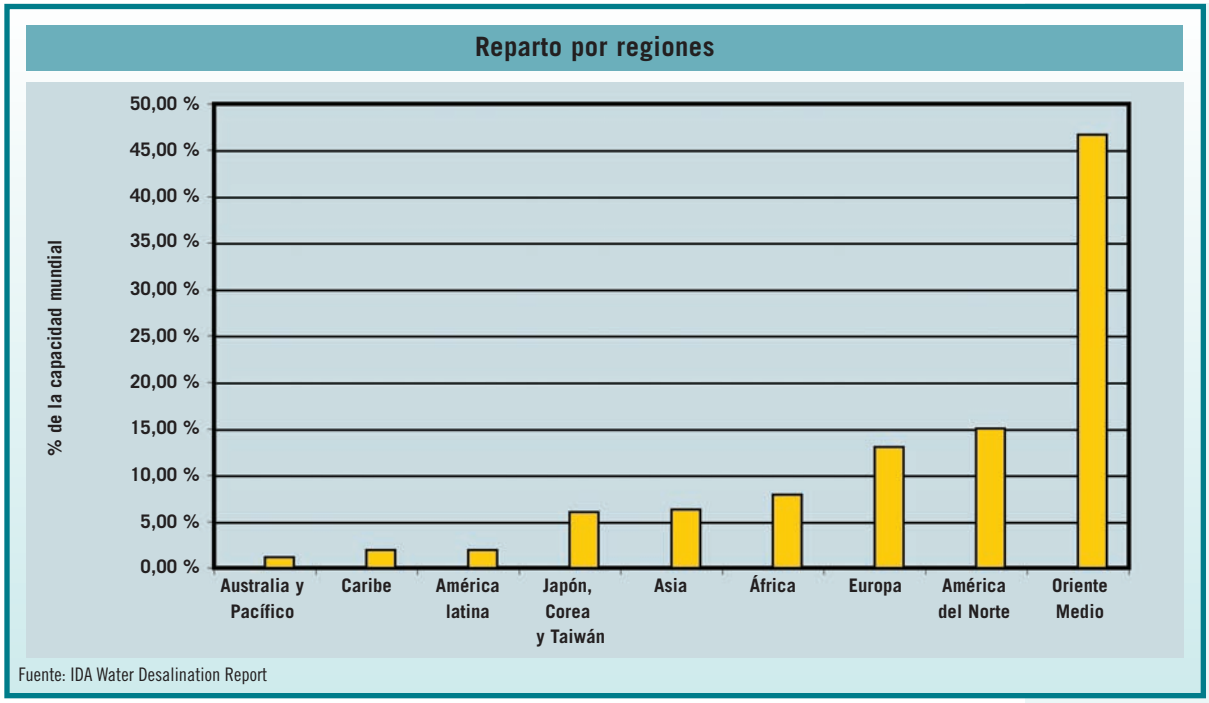


Figura 10

9.2 ¿Convertiremos los mares en un mar muerto?

Nada más lejos de la realidad, es imposible que esto ocurra. El motivo único y principal es que el agua extraída del mar siempre termina, como todas las aguas, por volver al mar, por lo que el balance salino es cero. Dicho de otra manera, extraemos el agua temporalmente del mar, pero no de forma definitiva. Por otro lado, el efecto de las desaladoras apenas podría ser perceptible durante ese lapso ya que, por ejemplo, el Sol evapora del mar una cantidad mucho mayor de agua que la que nunca podremos extraer con las plantas desaladoras. Según datos del State Hydrological Institute de St. Petersburg (5), del Max Planck Institute y de la UNESCO (2), la cantidad anual de agua evaporada de los mares y océanos por el Sol asciende a 502.800 km^3, de los cuales 458.000 km^3 retornan de nuevo directamente a los mares y océanos en forma de lluvia, el resto (44.800 km^3) va a parar a la tierra para realizar el ciclo natural que ya explicamos. Esta agua tiene una tasa de retorno que varía entre 2 semanas y 10.000 años, dependiendo de que pase a formar parte de ríos, lagos, nieves o aguas subterráneas. El agua neta evaporada de 44.800 km^3/año representa una cantidad media diaria de 122.740 millones de metros cúbicos, que es más de 3.500 veces la cantidad extraída actualmente por las plantas

desaladoras del mundo. En consecuencia, no afectaremos medioambientalmente al medio marino ni salinizaremos el mar.

El problema con la sal no es el balance global en el mar, que como hemos dicho no va a salinizarse. El problema es que, en el proceso de desalación, el agua de mar se divide en dos corrientes líquidas, una de baja salinidad que es el agua producto, y otra, en la que se concentran las sales, que es la salmuera y que se devuelve al mar. Esta salmuera contiene las mismas sales que tiene el mar pero con una concentración dos veces más importante. Dicho de otra manera, si el mar tiene 35 kg de sales por metro cúbico, la salmuera tiene 70 kg. Existe un posible daño en el punto exacto de salida de la salmuera al medio marino ya que en ese punto la concentración de sales es el doble de la existente y puede afectar a las especies vivas del entorno. Se puede citar el conocido caso de la posidonia oceánica en el Mediterráneo, que es una especie protegida, por lo que se ha evitado cualquier daño por descargas de salmueras. En la actualidad es posible realizar descargas de salmuera sin afectar a la fauna y flora bentónica. Para ello disponemos de varias técnicas que se aplican en función de las condiciones medioambientales exigidas en cada caso. España es puntera en estas técnicas.

9.3 Desalación y energía

Otro de los problemas que se achacan a la desalación es la producción de CO_2. Dicha afirmación es totalmente falsa, ya que las plantas desaladoras no producen CO_2, ni lo desprenden. Lo que sí hacen es consumir energía eléctrica y en tanto que consumen energía, implica que se produce CO_2 en la generación de electricidad. Pero lo mismo sucede con tantas otras cosas de nuestra vida cotidiana, como los aires acondicionados, las lavadoras, los frigoríficos, los trenes eléctricos, etc.

Lo que sí es un hecho es que la tecnología de desalación ha ido reduciendo considerablemente el consumo de energía por metro cúbico de agua producida. De esta manera, se ha pasado de consumir más de 35 kWh por metro cúbico a 3,5 kWh en los últimos 30 años, lo que significa que el consumo de energía para producir agua desalada se ha reducido a la décima parte. Son pocos los procesos que han realizado un esfuerzo de investigación y desarrollo tan grande para reducir el consumo energético como la desalación.

Para poner un ejemplo, la cantidad de agua consumida por una familia de tres miembros en un día es de 450 litros. Si esta agua se obtuviese por desalación de agua de mar, la energía necesaria para ello sería igual a la energía consumida por el aire acondicionado de esa familia en una hora de funcionamiento.

Por tanto, para reducir el impacto ambiental por el consumo de energía, es necesario optimizar la forma de producir dicha energía eléctrica, de forma que las emisiones de CO_2 sean las mínimas posibles. De esta manera, se beneficia no solo el sector de la desalación, sino todos los sectores consumidores de energía eléctrica. Así como la obligación del sector de la desalación es procurar reducir el consumo de energía y minimizar los impactos ambientales por descargas de salmuera, la obligación del sector de la producción eléctrica es hacerlo de la forma más eficiente y con el menor impacto ambiental posible.

10. Obligaciones del sector del agua

Tradicionalmente, en buena parte del mundo el agua se ha considerado un recurso inagotable y gratuito del que se ha dispuesto en la cantidad que se ha necesitado. Actualmente, en muchas partes del mundo se sigue utilizando el agua ineficientemente, al disponerse de grandes volúmenes aptos para el uso humano de fácil obtención. En el otro extremo, existen zonas con un alto déficit de agua apta para uso humano, lo cual ha impedido y dificultado el desarrollo de las mismas.

El esquema está cambiando poco a poco, zonas que tradicionalmente han dispuesto de agua apta para uso humano en cantidad suficiente se encuentran ahora con que tienen déficit y empiezan a tomar medidas, buscando un uso eficiente del agua y nuevas fuentes. Por otra parte, zonas en las que tradicionalmente no se disponía de agua, lo que frenaba su desarrollo, están utilizando el mar como nueva fuente de agua.

Aunque en la actualidad la técnica permita utilizar una fuente de agua prácticamente inagotable como el mar, no significa que no se deba seguir actuando sobre la demanda de agua, gestionándola de forma adecuada. La mejor forma es fijar un precio para el metro cúbico. La política de precios bajos o precio cero

no es buena, pues ante coste cero la demanda es infinita. La asignación del coste a cada uno de los recursos en función de su origen, tratamiento y distribución, contribuye de forma decisiva para establecer las necesidades y definir las mejores fuentes de origen del agua. Otra cosa son las políticas sociales, que deben gestionarse desde el punto de vista de las tarifas.

La utilización adecuada de las diferentes fuentes permitirá el desarrollo de los países, así como atender la demanda de agua de calidad al contribuir de manera decisiva a la salud de la población, evitar la mortalidad infantil y ayudar al desarrollo social de los pueblos. Es responsabilidad de todos –autoridades, empresas, gestores, especialistas del campo del agua y sociedad civil– minimizar el consumo de agua, evitando el derroche, gestionar los recursos disponibles e impedir los impactos medioambientales negativos en el uso y la disposición del agua.

BIBLIOGRAFÍA

(1) United Nations Environment Programme (UNEP), 2002. *Vital Water Graphics.*

(2) United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization (UNESCO), 1999. París.

(3) World Water Assessment Programme, 2009. *The United Nations World Water Development Report 3: Water in a Changing World.* París / Londres: UNESCO / Earthscan.

(4) International Desalination Association (IDA), 2007. *Water Desalination Report.*

(5) Shiklomanov, Igor A. State Hydrological Institute (SHI), Sant Petersburg.

Water Systems Analysis Group, Universitat de New Hampshire.

World Water Assessment Programme, 2006. *The United Nations World Water Development Report 2: Water a Shared Responsibility.* París / Nova York: UNESCO / Berghahn Books.