





# AGUA CIRCULAR

## RESCATAR AGUA PARA COMBATIR LA CRECIENTE ARIDEZ CLIMÁTICA

Ramon Folch

El agua es siempre la misma. En un incesante proceso de precipitación, circulación y evaporación (o evapotranspiración), describe un ciclo conocido por cualquier escolar. La misma gota de agua que bebemos hoy quizás ha pasado por el estómago de alguna vaca o por la bañera láctica de Cleopatra. Pero siempre llueve agua limpia, por sucia que haya llegado a los ríos o al mar. El sol se ocupa de destilarla (aunque, cada vez más, llega a tierra ensuciada a causa de los contaminantes atmosféricos). Toda el agua que bebemos, por mineral que sea, es agua probablemente reciclada. Tendemos a olvidarlo.

### ■ LA NUEVA SEQUÍA ESTRUCTURAL

Los episodios de sequía, recurrentes en la cuenca mediterránea, hasta ahora han formado parte de un ciclo tan aparentemente errático como asumido. Los afrontamos regulando los cursos fluviales mediante embalses: acumulamos cuando llueve y recurrimos al agua embalsada cuando las precipitaciones no mantienen los caudales ni satisfacen la demanda para los usos humanos, sean domésticos, industriales o agrícolas. Además, con los embalses regulamos avenidas indeseadas y generamos energía hidroeléctrica. El modelo ha funcionado durante un siglo. Pero ahora los embalses se están quedando vacíos.

Todos los modelos predictivos coinciden en que el cambio climático en curso comportará, en el Mediterráneo, temperaturas más altas y precipitaciones inferiores a las habituales hasta ahora. Debemos adaptarnos. ¿Y si, más que sufrir sequías, fuéramos, pues, hacia la aridez? Sería tanto como decir que las erráticas sequías temporales, tradicionales en la cuenca mediterránea, amenazarían con convertirse en una progresiva aridez estable. Una sequía estructural, en definitiva.

Si así fuera, solo con embalses no saldríamos del aprieto. Los embalses permiten hacer frente a la irregularidad, no al déficit. De hecho, los embalses ya casi

no bastan en el actual balance de oferta y demanda. El consumo doméstico se ha contenido, hasta el punto de situarse en solo 110-120 litros por persona y día en áreas como la de Barcelona (ha bajado, de los 145 litros de 2002 a los 101,5 de 2022). El consumo medio es de aproximadamente 125 litros por persona y día en Cataluña, 130 en las Baleares y 160 en la Comunidad Valenciana; la media española es de 132 litros por persona y día.<sup>1</sup> En cualquier caso, la población ha aumentado, por no hablar de la demanda industrial o de la progresiva extensión de los regadíos. Así pues, las llamadas a la moderación y al ahorro en agua doméstica ya empiezan a ser impertinentes, dado el cambio de hábitos de la población, que deja poco margen de mejora. En el uso agrícola sí que lo hay, pero en el industrial o en el doméstico, casi nada o nada. El problema, hoy en día y en nuestro país, es más poder garantizar la oferta que hacer disminuir la demanda.

En Cataluña, la demanda total de agua abastecida por las redes municipales y las fuentes propias de determinados usuarios es del orden de 600 hm<sup>3</sup> anuales, es decir, de 600 millones de m<sup>3</sup>. Si añadimos el agua para uso agrícola (más del 70 % de la demanda

total), la cifra sube hasta casi 3.000 hm<sup>3</sup> anuales. En el País Valenciano, las redes y las fuentes propias atienden a una demanda de aproximadamente 500 hm<sup>3</sup> anuales y en las Baleares de casi 130 hm<sup>3</sup> anuales. En el conjunto del Estado, esta cifra supera los 4.200 hm<sup>3</sup> anuales. En la actual situación de sequía estructural incipiente, ¿podemos hacer frente a estas demandas sin afectar seriamente a los caudales ecológicos? Posiblemente, no.

El estado de los embalses españoles en la primavera de 2023 así lo hace temer. Las precipitaciones han sido escasísimas durante muchos meses. De noviembre

**«Las erráticas sequías temporales, tradicionales en la cuenca mediterránea, amenazan con convertirse en una sequía estructural»**

<sup>1</sup> Cifras medias y redondeadas correspondientes al período 2015-2020, a partir de datos del Instituto Nacional de Estadística, de la Agencia Catalana del Agua y de Agbar.

El agravamiento de las sequías en la cuenca mediterránea hace necesario replantear el sistema de gestión de las aguas residuales y reenfocarlo hacia la recuperación de un agua cada vez más escasa. En la imagen, agua en curso de tratamiento en las instalaciones de depuración y regeneración de aguas residuales de El Baix Llobregat.

de 2021 a noviembre de 2022, el Observatorio Fabra de Barcelona registró 278,5 l/m<sup>2</sup>, menos de la mitad de la precipitación media ordinaria,<sup>2</sup> que es del orden de 600 litros por m<sup>2</sup>. Por el contrario, en este mismo período, en el País Valenciano se recogió más lluvia de lo habitual (602,7 l/m<sup>2</sup>, frente a los 500 l de media en los últimos treinta años), pero la cifra es engañosa, ya que se ve distorsionada por los aguaceros de la primavera de 2022 (más de 400 l/m<sup>2</sup> entre el 4 de marzo y el 4 de mayo). La realidad es que el verano, el otoño y el invierno posteriores han sido muy secos, y el agua acumulada en los embalses es escasa: en Cataluña y en el País Valenciano, estaban entre el 30 % y el 45 % de su capacidad a entrada de invierno y, en Cataluña, cerca del 25% a mediados de primavera de 2023.

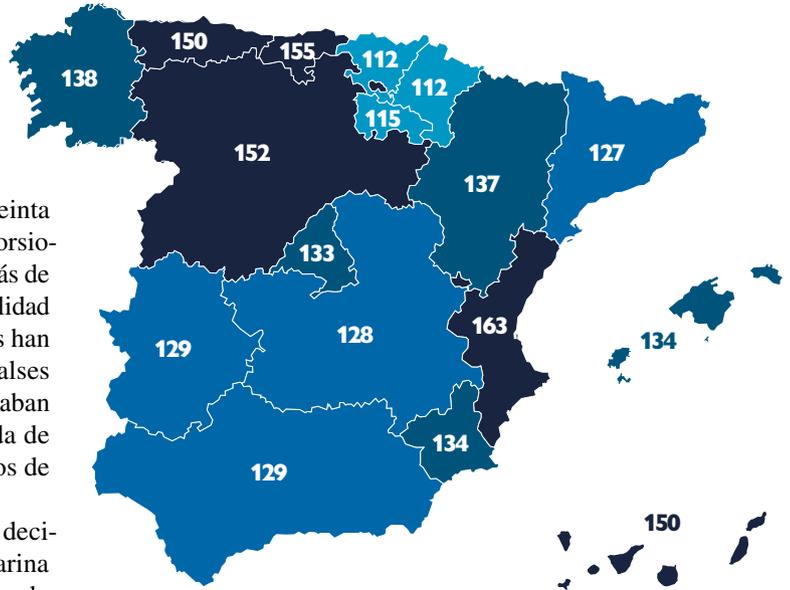
Ante este estado de cosas, las autoridades han decidido que las plantas de desalinización de agua marina funcionen a máximo rendimiento o incluso han tomado la determinación de construir nuevas plantas. Ya hace tiempo que este tipo de instalaciones son determinantes en las Baleares, con ríos o acuíferos escasos o inexistentes y con demanda creciente a causa del turismo: la mitad o más del agua de su red procede de plantas desaladoras. ¿Tiene sentido recurrir a la misma política en el País Valenciano o en Cataluña? Algunos pensamos, y razonamos, que quizás no.

## ■ EL RESCATE DE LA CIRCULARIDAD

De acuerdo con el actual paradigma operativo, una estación depuradora de aguas residuales (EDAR) es una planta industrial que funciona con una materia prima llamada *agua sucia*, que genera un producto llamado *barro*, con el que no sabe qué hacer, y que tiene un residuo, llamado *agua depurada*, que arroja a los ríos o al mar. Este planteamiento paradójico se explica en términos genealógicos. Nace en países con abundancia de agua, cuyo problema era, y es, quitar la suciedad del sistema, no rescatar el agua. La misma denominación de estas instalaciones ya lo proclama: estaciones *depuradoras*, no estaciones *rescatadoras* de agua y recursos.

Sin embargo, van surgiendo iniciativas para revertir esta estrategia, basadas en la economía circular. Es el caso, por ejemplo, de las llamadas *biofactorías* implementadas desde 2017 en Santiago de Chile. Aguas Andinas decidió que sus dos grandes plantas de tratamiento de aguas residuales de la Farfana y Mapocho, que entre ambas depuran unos 18 m<sup>3</sup> por segundo, funcionen como instalaciones de recuperación de agua, sin demanda de energía de la red y con reaprovechamiento

<sup>2</sup> Es un nivel de precipitación próximo al de los climas subáridos, como el almeriense, que se sitúan en torno a los 250 litros por m<sup>2</sup> y año.



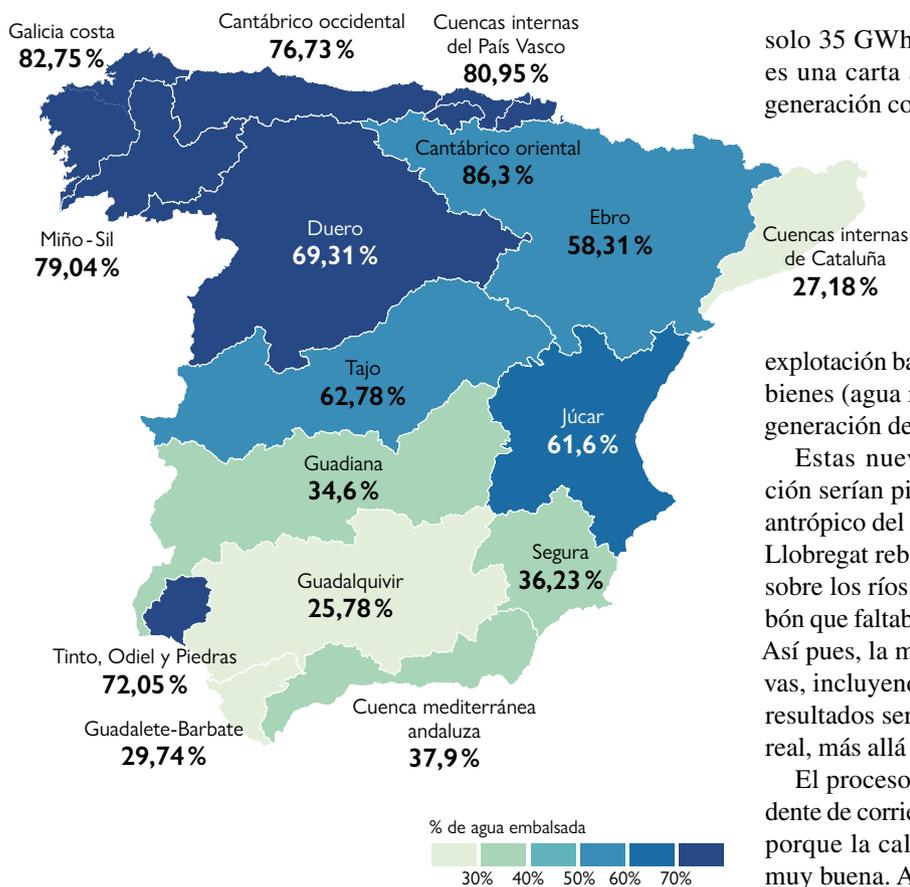
Consumo medio de agua doméstica en litros por persona y día (2019) en las comunidades autónomas del Estado español.

FUENTE: Instituto Nacional de Estadística

## «El problema hoy es más de poder garantizar la oferta de agua que de disminuir la demanda»

total de los fangos de depuración (Biofactoría del Gran Santiago). Aguas de Barcelona estudia replicar esta estrategia en la EDAR y en la ERA (estación de regeneración de agua) de El Baix Llobregat, con el nombre de *ecofactoría*. La EDAR hoy en funcionamiento trata una considerable parte de las aguas servidas del área de Barcelona (3,5 m<sup>3</sup> por segundo, equivalentes a unos 100 hm<sup>3</sup> anuales).

Las externalizadoras EDAR actuales, con considerable gasto de energía, depuran el agua sin recuperarla (la vierten al mar o al río) y generan grandes cantidades de fangos. Estos fangos, en el mejor de los casos, son empleados como abono agrícola, con una desecación previa energéticamente costosa, no siempre eficiente y, en todo caso, con pérdida de muchos de los componentes valiosos que contienen (por ejemplo, el fósforo, que podría recuperarse en forma de estruvita, en vez de tirarlo con el agua depurada vertida y acabar generando eutrofizaciones indeseables). Las actuales EDAR responden a un planteamiento en ciclo abierto, con muchas externalizaciones negativas y sin sentido de la optimización de recursos. Por eso resultan caras de operar y son solo parcialmente satisfactorias. Hasta hace poco, en la EDAR de El Llobregat solo se reutilizaba el 1 % del agua tratada (1 hm<sup>3</sup> anual) y se generaban casi 35.000



Estado de las reservas hídricas de los embalses españoles peninsulares a fecha de 28 de marzo de 2023, por cuencas hidrográficas. Si exceptuamos los de Galicia y la cornisa cantábrica, la mayoría del resto de embalses están por debajo del 55% de su capacidad. La situación más grave es la de los embalses de la cuenca del Guadalquivir y los de las cuencas internas de Cataluña, situados por debajo del 28% (y se entiende el 10% final es desestimable porque suele ser agua muy fangosa o de mala calidad).

FUENTE: Boletín Hidrológico Nacional

toneladas de fangos cada año, que se destinaban a usos agrícolas; de los 110 GWh que se consumían anualmente (entre gas y electricidad), solo 12 GWh (10%) provenían del biogás generado por los digestores de la misma planta. Como en todas las demás EDAR, el gasto energético y los costes de explotación eran altos, la producción de bienes resultaba escasa y la generación de residuos pobremente valorizados, elevada.

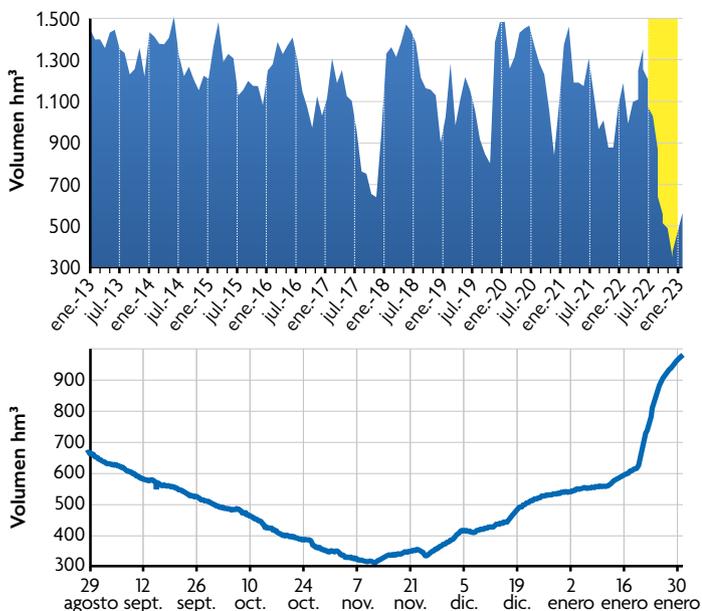
La ecofactoría en curso de diseño permitiría recuperar la totalidad del agua tratada (100 hm<sup>3</sup> anuales) para usos industriales y ambientales –y quizás también domésticos–; reducir al menos en un 50% los fangos generados y reaprovecharlos; recuperar fósforo; reducir la demanda energética hasta solo el 30%-35% de la actual, e incrementar la autogeneración de energía (biogás) o la captación de energía renovable hasta cubrir la práctica totalidad de la nueva demanda (que sería de

solo 35 GWh anuales, frente a los 110 actuales). No es una carta a los Reyes. Sería una planta de nueva generación concebida con otra mentalidad e inscrita en un nuevo marco de demanda –agua regenerada, nuevos materiales reaprovechados–, más que emergente en la actualidad. A pocos años vista, las ecofactorías podrían ser unas EDAR 2.0 con una demanda energética de la red prácticamente nula, con costes de explotación bajos y compensados por la venta de nuevos bienes (agua regenerada, materiales rescatados) y una generación de residuos finales insignificante.

Estas nuevas plantas de tratamiento y recuperación serían piezas claves para la compleción del ciclo antrópico del agua. En efecto, la ecofactoría de El Baix Llobregat rebajaría enormemente la presión extractora sobre los ríos Ter y Llobregat, al convertirse en el eslabón que faltaba para la compleción del ciclo antrópico.<sup>3</sup> Así pues, la minimización de las externalidades negativas, incluyendo las emisiones de CO<sub>2</sub>, y la mejoría de resultados serían las propias de una economía circular real, más allá de sueños especulativos.

El proceso de potabilización del agua cruda, procedente de corrientes superficiales o subálvea, es complejo, porque la calidad de las aguas captadas no suele ser muy buena. A menudo es bastante mala, de hecho. En el caso extremo de las aguas superficiales del Llobregat captadas en la estación de tratamiento de agua potable (ETAP) de Sant Joan Despí, por ejemplo, es necesario filtrar, preoxidar, flocular, decantar, refiltrar, tratar con carbón activo, ultrafiltrar, tratar con rayos ultravioleta, hacer ósmosis inversa, remineralizar, clorar y estabilizar. El agua cruda captada en esta planta tiene una calidad inferior al agua depurada que, 9 kilómetros más abajo, en la EDAR de El Baix Llobregat, se lanza al mar... No parece nada lógico. Ahora que hemos logrado servicio y garantía sanitaria, debemos abordar decididamente la compleción del ciclo hidrológico y no fiarnos únicamente de nuevas captaciones, incluyendo la desalinización. Es decir, debemos cerrarlo y hacer que sea de verdad un ciclo. No puede ser que tratemos la gran mayoría de nuestras aguas residuales, pero no sepamos qué debemos hacer una vez depuradas. En Barcelona, la mayoría se van al mar (unos 8.000 litros cada segundo). Las playas están limpias, pero esa agua se pierde.

<sup>3</sup> Según los acuerdos de la Mesa del Ter, suscritos en 2017 entre la Generalitat de Cataluña, el Área Metropolitana de Barcelona, el Ayuntamiento de Girona, el Consorcio de la Costa Brava y otros agentes socioeconómicos, los 166 hm<sup>3</sup> anuales que hasta el 2017 podían trasvasarse de la cuenca del Ter al área barcelonesa deben irse reduciendo gradualmente hasta no superar los 90 hm<sup>3</sup> anuales en 2027. Hasta ahora, la reducción progresiva se está cumpliendo: en 2022, a pesar de la sequía, se han trasvasado menos de 140 hm<sup>3</sup>. Sin embargo, solo quedan cinco años para reducir hasta 90 hm<sup>3</sup> anuales...



Estado de las reservas hídricas del embalse de Mequinzenza (Zaragoza) en el decenio 2013-2022. De los 1.534 hm<sup>3</sup> de capacidad máxima, en diciembre de 2022 solo tenía 474,5 (31%). El descenso fue constante y extremo entre julio y noviembre de 2022 (de 1.020 a 337 hm<sup>3</sup>), como se aprecia en el gráfico inferior.

FUENTE: Aigües de Barcelona

## ■ REGENERAR VERSUS DESALAR

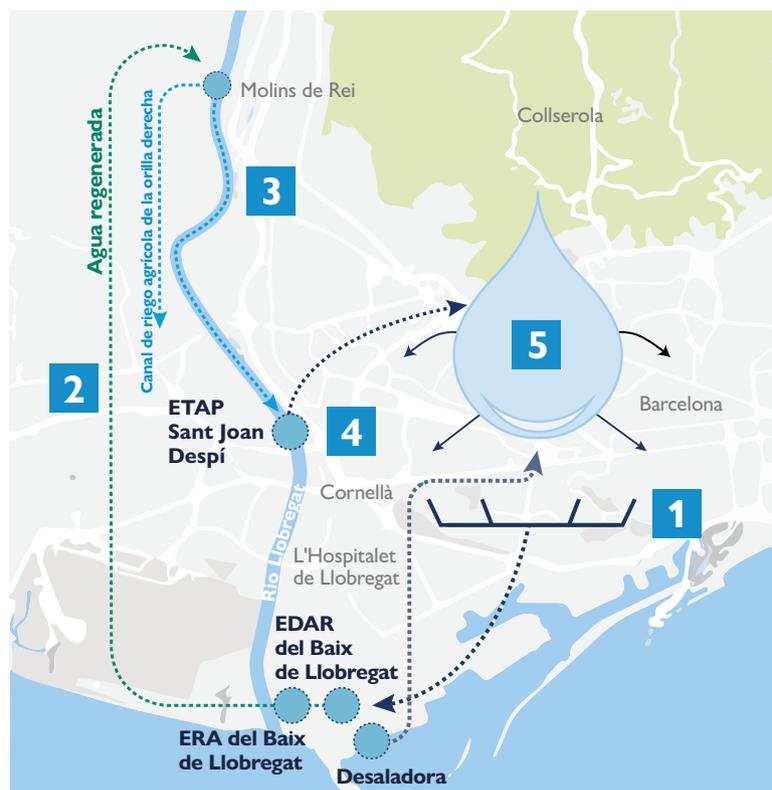
En todo el mundo, la ósmosis inversa se ha convertido en una rutina técnica en las numerosas instalaciones de desalinización de agua marina o salobre (IDAM e IDAS). Es una tecnología oportuna en lugares áridos y sin cursos de agua, sobre todo en islas, pero quizá se haga un uso abusivo, por innecesario, en otros lugares. Presenta varios inconvenientes, en especial la elevada demanda de energía y la generación de gran cantidad de salmueras (un litro por cada dos de agua marina tratada), lo que, localmente, puede ser un problema ambiental considerable.

La primera desaladora construida en España fue la de Lanzarote, en las islas Canarias. Entró en servicio en 1964, con una capacidad de producción de agua potable de 2.500 m<sup>3</sup> al día (algo menos de 1 hm<sup>3</sup> anual). En la actualidad (2022) hay 765, entre IDAM e IDAS (cuarto estado del mundo con más instalaciones de desalinización), de las cuales un centenar son medianas o grandes (más de 10.000 m<sup>3</sup> al día). El incremento constante de los costes operativos de estas plantas, debido al aumento de precio de la energía, se ha convertido en un problema considerable. La mayor, que es la IDAM de Torrevieja (220.000 m<sup>3</sup> diarios), ha presupuestado para 2023 una partida de unos 60 millones de euros solo en electricidad.

Contrasta este oneroso entusiasmo español por la desalinización (9% de toda el agua potable) con el escaso recorrido de la regeneración. Es una opción quizás menos glamurosa, pero más económica, más lógica y, sobre todo,

estratégicamente mucho más acertada, porque comporta el funcionamiento en circuito casi cerrado, con una demanda limpia de nueva agua cruda mucho más baja. Responde a la lógica del ciclo natural del agua: excepto el agua consuntiva (la que se consume de verdad, porque se pierde o se incorpora a productos manufacturados), el resto de volumen hídrico procesado es agua vehicular que, una vez utilizada (limpieza, refrigeración, etc.) vuelve al sistema como agua residual recuperable. Con la regeneración e inmediata reutilización, solo es necesario aportar al ciclo nuevos modestos volúmenes de agua cruda para compensar el agua consuntiva. Es decir, en vez de tener que renovar íntegramente las existencias de agua procesada en ciclo abierto, que es lo que hacemos ahora, bastaría con captar solo el agua no vehicular, mientras que la vehicular se reincorporaría al sistema una vez regenerada. En un contexto de creciente aridez como el actual, esto supone un cambio radical de escenario.

La práctica de regenerar aguas (tratamiento terciario y más) tiene ya una larga tradición en todo el mundo. Aus-



Compleción, ya en funcionamiento (2022), del ciclo hídrico antrópico en el área de Barcelona, en El Baix Llobregat: **1**) aguas servidas que van a las estaciones de depuración de aguas residuales (EDAR) y de regeneración (ERA); **2**) tubería de transporte del agua regenerada hasta Molins de Rei (1 m<sup>3</sup>/s), donde se vierte al Llobregat; **3**) dilución y regeneración natural suplementaria en el tramo de río Molins de Rei - Sant Joan Despi (7 km); **4**) captación y potabilización en la estación de tratamiento de agua potable, y **5**) distribución del agua potable.

FUENTE: Aguas de Barcelona



Valabe / Wikimedia Commons

Biofactoría del Gran Santiago (Maipú, Santiago de Chile). Se procesan, con energía generada en los digestores de barros, unos  $18 \text{ m}^3$  por segundo de aguas residuales, que son recuperadas ( $565 \text{ hm}^3$  anuales), junto con el fósforo y otros componentes útiles. La misma solución global está implementándose en las EDAR y ERA de El Baix Llobregat ( $100 \text{ hm}^3$  anuales). Las desalinizadoras optan por otra vía: la de Santa Eulària del Riu, una de las tres en Ibiza, puede producir hasta  $15.000 \text{ m}^3$  diarios de agua potable ( $5,4 \text{ hm}^3$  anuales), mientras que la de Torrevieja, en la Vega Baja, una de las más grandes de Europa, es capaz de generar  $220.000 \text{ m}^3$  diarios de agua potable ( $80 \text{ hm}^3$  anuales) y se prevé una ampliación hasta los  $350.000 \text{ m}^3$  diarios ( $120 \text{ hm}^3$  anuales).

tralia, Israel, Namibia, Sudáfrica, Singapur y California recurren al agua reciclada desde hace muchos años. En nuestro país existen también muchas experiencias exitosas, como los 3,5 millones de  $\text{m}^3/\text{año}$  que regenera el Consorcio de Aguas de la Costa Brava (el 11,5 % de las aguas residuales que trata). La Comunidad Valenciana concentra la mayoría de ellas: unos  $300 \text{ hm}^3$  anuales de aguas depuradas, el 60 % de las aguas residuales tratadas, son reutilizadas para usos agrícolas, según datos de la Generalitat Valenciana. Cabe pensar que la reutilización puede fraccionarse de acuerdo con una estratificación de usos, desde los menos exigentes (aguas para limpieza de calles, por ejemplo), hasta los más rigurosos (agua doméstica e industrial), pasando por los intermedios (agua agrícola). Ciertamente, esto exige sistemas separativos de distribución del agua regenerada, algo menos complicado de lo que puede parecer, si se tiene en cuenta que el agua agrícola ya suele contar con canales propios y que la demanda de agua industrial se concentra en polígonos a menudo inmediatos a las EDAR y a las ERA.

El reto es inyectar agua regenerada a los acuíferos de donde se extrae el agua potabilizable (como estudia

hacer el Consorcio de Aguas de la Costa Brava) o directamente a las plantas potabilizadoras. Se ha ensayado con éxito en la ETAP de Sant Joan Despí (de hecho, se ha enviado agua regenerada al Llobregat, más allá de las rejillas de captación de la planta, lo que añade dilución y regeneración natural). No hay más que vencer el problema cultural de beber agua regenerada, que en este caso es, de hecho, agua regenerada y potabilizada (con todas las garantías sanitarias, obviamente: de las aguas regeneradas, deben eliminarse, entre otros, restos de productos farmacéuticos –y de narcóticos!– que a menudo acompañan a las aguas negras urbanas, componentes resistentes a los procesos ordinarios de simple depuración).

Utilizar agua regenerada no equivale en absoluto a beber agua residual. El agua bien regenerada es tan limpia como el agua de lluvia, que también estaba sucia antes de evaporarse hacia las nubes. En cualquier caso, la demanda de agua para riego es tan alta que cubrirla con agua regenerada ya supondría una disminución enorme de la presión sobre las fuentes primarias de extracción. Pensamos que solo el 2 % del agua que potabilizamos es de boca, el resto es agua industrial o para usos domésticos no alimenticios (duchas, inodoros, lavadoras, etc.).

Y, por último, está el tema de los costes. En el caso de El Baix Llobregat, un análisis cuidadoso de la estructura de costes establece que la regeneración en la ERA, el bombeo hasta la ETAP de Sant Joan Despí y la completa potabilización final tiene un consumo energético de  $1,011 \text{ kWh/m}^3$  y cuesta  $0,3285 \text{ euros/m}^3$  (precios de la energía en 2022). El consumo energético del tratamiento para potabilizar directamente agua de mar en una desaladora es de  $3,3 \text{ kWh/m}^3$  y cuesta  $0,6445 \text{ euros/m}^3$ , es decir, el doble. El doble en coste directo, más las disfunciones ambientales por las salmueras y la hipoteca de la dependencia energética como coste estratégico suplementario. El coste de regenerar para uso agrícola el agua depurada, incluido el bombeo, es de  $0,1344 \text{ euros/m}^3$ , cuatro veces menos que regar con agua de desaladora. Son cifras elocuentes.

Regenerar el agua, devolverla desde las EDAR a los ríos en sus cursos altos o medios, reutilizarla en los cursos litorales y, solo si no hay más remedio, desalar. Diría que, sobre todo en el actual contexto de emergencia climática y de crisis energética, es la manera lógica de encarar el futuro con cierta tranquilidad ambiental, económica y estratégica. Deberíamos ser capaces de hacerlo. La Agencia Catalana del Agua parece querer optar por esta línea: lo celebraríamos y nos gustaría que la opción se generalizara. 🌍

**RAMON FOLCH.** Doctor en Biología y socioecólogo (Girona). Miembro emérito del Institut d'Estudis Catalans.