

## CICLO NATURAL DEL AGUA Y REUTILIZACIÓN PLANIFICADA

**Rafael Mujeriego**

Catedrático de ingeniería ambiental en la UPC.

**Takashi Asano**

Profesor asociado de ingeniería ambiental en la Universidad de California.

La reutilización de efluentes<sup>7</sup> de agua depurada es un componente intrínseco del ciclo natural del agua. Mediante su vertido a los cursos de agua y su dilución con el caudal circulante, las aguas residuales, con mayor o menor grado de depuración, han venido siendo reutilizadas incidentalmente en puntos aguas abajo para aprovechamientos urbanos, agrícolas e industriales.

Por otra parte, la reutilización directa o planificada de agua residual a gran escala tiene un origen más reciente y supone el aprovechamiento directo de estos efluentes, con un mayor o menor grado de tratamiento previo, mediante su transporte hasta el punto de aprovechamiento a través de un conducto específico, sin mediar para ello la existencia de un vertido o una dilución en un curso natural de agua.

El notable desarrollo alcanzado por la reutilización planificada de agua residual tratada, especialmente en países con recursos hídricos suficientes, se ha debido a la necesidad tanto de ampliar sus abastecimientos de agua como de resolver sus vertidos de agua residual. El incremento registrado por las dotaciones de agua de abastecimiento, junto con

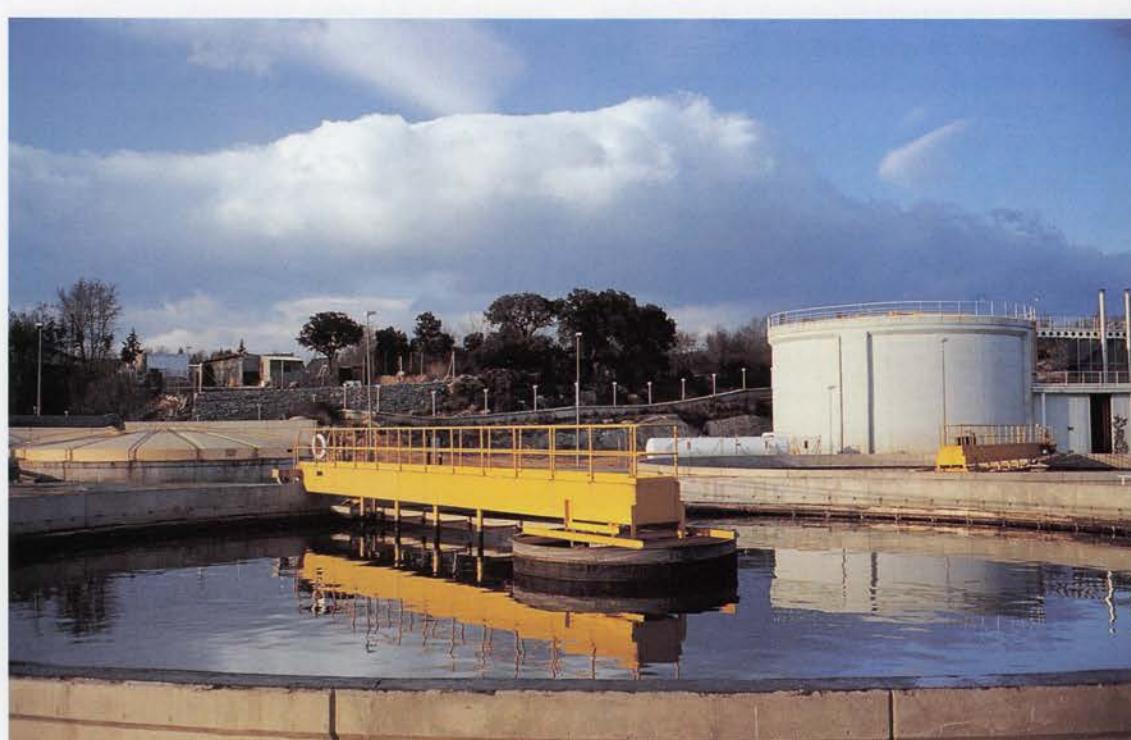
el aumento de población experimentado por numerosas zonas urbanas, han hecho que las fuentes de abastecimiento tradicionales fueran insuficientes para atender las demandas. Las distancias crecientes entre las nuevas fuentes de abastecimiento y los núcleos urbanos, las limitaciones ambientales para construir nuevos embalses y las sequías plurianuales registradas en numerosas zonas semiáridas han llevado a numerosas poblaciones a plantearse la utilización de aguas residuales tratadas como fuente adicional de agua para aprovechamientos que no requieran una calidad de agua potable.

Por lo demás, las crecientes exigencias sanitarias y ambientales sobre la calidad de las aguas continentales y marinas, junto con los requisitos de ubicación y los niveles de tratamiento cada vez más estrictos impuestos a los vertidos de aguas residuales, han hecho que el agua residual tratada se convierta en una fuente alternativa de abastecimiento, económica y segura desde el punto de vista sanitario y ambiental.

El objetivo de este artículo es analizar el papel que la reutilización planificada de efluentes tiene dentro de una gestión integral de los recursos hídri-

*Instalaciones de una planta depuradora en Villalba (Madrid). Ante la cada vez mayor demanda de agua, los sistemas tradicionales de obtención se han visto desbordados y se ha hecho preciso recurrir a la reutilización planificada de aguas residuales.*

NAIA / COVER



QUIM LLENA / COVER

Izquierda. Detalle de una planta depuradora de agua en La Bisbal (Girona). Conocer el uso a que debe ir destinada un agua regenerada es fundamental para definir el proceso que deberá seguir su depuración.

Junto a estas líneas. Instalaciones de una planta de tratamiento y distribución de agua a París.



cos, especialmente en zonas semiáridas, o prácticamente áridas del sudeste español caracterizadas por déficit estacionales o permanentes de agua.

## LA REUTILIZACIÓN PLANIFICADA

El proceso de tratamiento necesario para que un agua residual pueda ser reutilizada se denomina generalmente *regeneración*, y el resultado de dicho proceso, *agua regenerada*. De acuerdo con su significado etimológico, la regeneración de un agua consiste en devolverle, parcial o totalmente, el nivel de calidad que tenía antes de ser utilizada, de igual manera que la regeneración de suelos y la regeneración de playas tratan de restaurar el estado y la forma que éstos tenían en el pasado. Entre los sinónimos utilizados para la palabra regenerar cabe mencionar los de *repurificar* y *reciclar*, mientras que los utilizados para el agua regenerada suelen ser *agua repurificada*, *agua reciclada* y *agua nueva*, esta última en la literatura técnica japonesa.

La implantación de un proyecto de regeneración de agua tiene dos requisitos esenciales y complementarios: por un lado, definir los niveles de calidad adecuados para cada uno de los posibles usos que se piense dar al agua y, por otro, establecer los procesos de tratamiento y los límites de calidad del efluente recomendados para cada uno de los usos previstos.

La elaboración y la aprobación de estos dos aspectos técnicos de la regeneración de agua constituyen generalmente la faceta más discutida de todo programa de reutilización. Prueba de ello son la diversidad y la heterogeneidad de criterios de calidad establecidos por diversos países y organizaciones internacionales para la reutilización de las aguas residuales<sup>7</sup>.

El aprovechamiento de un agua regenerada requiere normalmente la concurrencia de estos tres factores: en primer lugar, su transporte desde la planta de regeneración hasta el lugar de utilización; en segundo lugar, su almacenamiento o regulación para adecuar el caudal suministrado por la planta a los caudales consumidos, y en tercer lugar, la definición de unas normas de utilización del agua que permitan minimizar los posibles riesgos directos o indirectos para el medio ambiente, las personas que la utilizan, la población circundante al lugar de uso y los consumidores de cualquier producto cultivado con el agua regenerada. Estos tres elementos técnicos deben formar parte de cualquier programa de reutilización planificada de agua residual.

## BENEFICIOS DE LA REUTILIZACIÓN PLANIFICADA

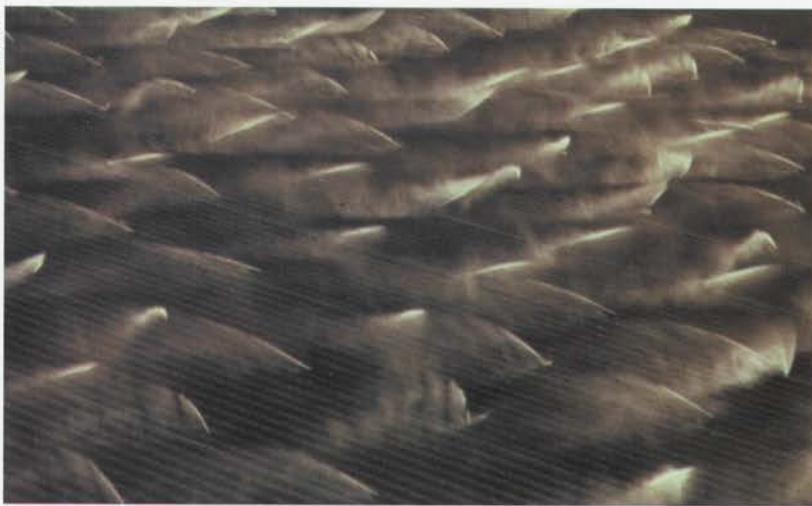
La reutilización planificada de agua residual puede tener múltiples beneficios, entre los que cabe destacar los siguientes:

Primero. Una disminución de los costes de tratamiento y de vertido del agua residual. La reutilización de un agua residual ofrecerá una clara ventaja económica cuando las exigencias de calidad de la alternativa de reutilización considerada sean menos restrictivas que las definidas por los objetivos de calidad del medio receptor en el que normalmente se venía realizando el vertido de esa agua residual.

<sup>7</sup> *Efluente*. Agua que fluye de una instalación donde ha sido sometida a un cierto tratamiento.

<sup>8</sup> Agencia de Protección Medioambiental de Estados Unidos (USEPA) y Agencia Estadounidense para el Desarrollo Internacional (USAID), *Guidelines for water reuse*. Center for Environmental Research Information, 1992.

C. D. GALLERY



*Irrigación de un campo de cultivo mediante aguas regeneradas. En el proceso dirigido a reutilizar el agua es imprescindible saber si el uso del producto regenerado será urbano, industrial o agrícola. Cada uno de estos usos exige un distinto grado de calidad.*

Segundo. Una disminución de los costes de construcción y rehabilitación de la red de alcantarillado urbano, en cuanto la reutilización del agua residual en zonas altas de la cuenca urbana, mediante estaciones depuradoras satélite, puede reducir los caudales circulantes hacia las zonas bajas de dicha cuenca. Esta circunstancia puede ser especialmente aplicable en zonas urbanas consolidadas que necesiten una rehabilitación de su alcantarillado, o en zonas costeras con desarrollo hacia zonas del interior.

Tercero. Una reducción del aporte de contaminantes a los cursos naturales de agua, en particular cuando la reutilización se efectúa mediante riego agrícola, de jardinería o forestal. La reutilización de agua residual mediante riego permite que las substancias orgánicas difíciles de mineralizar<sup>9</sup>

puedan ser degradadas biológicamente durante su infiltración a través del terreno de cultivo, donde sus componentes minerales serán asimilados por las plantas.

Cuarto. El aplazamiento, la reducción o incluso la supresión de instalaciones adicionales de tratamiento de agua de abastecimiento, con la consiguiente reducción que ello representa tanto de los efectos desfavorables sobre los cursos naturales de agua como de los costes de abastecimiento de agua.

Quinto. Un ahorro energético, al evitar la necesidad de aportes adicionales de agua desde zonas más alejadas a la que se encuentra la planta de regeneración de agua.

Sexto. Un aprovechamiento de los elementos nutritivos contenidos en el agua, especialmente cuando el agua regenerada se utiliza para riego agrícola y de jardinería.

Séptimo. Una mayor fiabilidad y regularidad del caudal de agua disponible. El flujo de agua residual es generalmente mucho más fiable que el de la mayoría de los cauces naturales de agua.

## EXIGENCIAS DE ESTA REUTILIZACIÓN

Uno de los factores determinantes de la implantación y el desarrollo de la reutilización planificada de agua residual es el establecimiento de unas normas de calidad del agua para cada uno de los posibles tipos de aprovechamientos que se contemplen. Entre la gran variedad de sustancias que se incor-

FREDERIC PITCHAL / SIGMA



*Emisarios de agua a la ciudad de París. Las grandes concentraciones urbanas requieren grandes cantidades de agua potable, lo cual significa la total depuración de las aguas de origen residual.*

poran a un agua durante su utilización urbana, industrial o agrícola, cabe mencionar las sales disueltas, los elementos nutritivos, los microorganismos patógenos, las sustancias inorgánicas tóxicas y bioacumulables<sup>10</sup> y los microcontaminantes orgánicos<sup>11</sup>.

Con objeto de obtener un agua regenerada de la mejor calidad posible, un criterio generalmente adoptado es recurrir a efluentes de carácter urbano, como primera alternativa, dejando los efluentes de tipo industrial sólo para casos excepcionales, salvo que su calidad sea similar a la de un agua residual urbana.

Para asegurar que a la planta de regeneración no llegan contaminantes imprevistos que puedan perjudicar o impedir el proyecto de este tipo, es esencial establecer un riguroso programa de control de vertidos, que incluya desde una ordenanza de vertido hasta un amplio programa de educación ciudadana. Todo ello con el fin de evitar la incorporación a la red de saneamiento de compuestos indeseables, tanto para la integridad de la propia red de alcantarillado como para el proceso de tratamiento o el proyecto de reutilización.

El transporte de agua regenerada desde la planta de tratamiento hasta el punto de reutilización es una exigencia de cualquier proyecto de este tipo. Esto requiere con frecuencia la construcción de un emisario<sup>12</sup> terrestre y de una doble red de distribución, especialmente cuando se trata de reutilización en zonas urbanas. Por motivos económicos, la implantación de una doble red de distribución suele realizarse de forma progresiva, empezando por los grupos de usuarios con mayor consumo total de agua y extendiéndola después a otras zonas de desarrollo urbano posterior o con menores consumos de agua.

Las normas de utilización del agua regenerada son un componente esencial de cualquier estrategia de protección de la calidad ambiental y de la salud pública. En general, cuanto menores son las restricciones impuestas al uso del agua, referidas al

## PLANIFICACIÓN DE PROYECTOS DE REUTILIZACIÓN

La planificación y el análisis adecuados de un proyecto de reutilización de agua permiten asegurar que no lleguen a rechazarse proyectos dignos de ser llevados a cabo, y que los proyectos que se adopten satisfagan los objetivos para los que fueron propuestos. Un estudio publicado por Takashi Asano y R. A. Mills en 1990 titulado *Planing and analysis for water reuse projects* (Planificación y análisis para proyectos de reutilización del agua) resume la experiencia adquirida durante más de diez años sobre la planificación y el análisis técnico, económico y financiero de los proyectos de reutilización de agua realizados en California.

Uno de los conceptos erróneos más frecuentes en la planificación de un proyecto de reutilización de agua es considerar que el agua regenerada es una fuente alternativa de agua barata. En general, esta hipótesis sólo suele ser correcta cuando las instalaciones de regeneración están situadas en las proximidades de las zonas donde se piensa utilizar el agua y además no es necesario realizar ningún tratamiento adicional del efluente disponible. El simple hecho de crear infraestructuras tales como emisarios que acerquen el agua a su lugar de consumo puede resultar determinante para el precio total del proyecto.

La planificación adecuada de un proyecto de reutilización requiere una definición clara de sus objetivos. En general, los proyectos de reutilización de agua residual se plantean bien como un medio de lucha contra la contaminación, bien como un medio de obtener un suministro alternativo de agua. Sin embargo, esta concepción tradicional de los proyectos de reutilización está cambiando, por dos razones: primera, las normas de calidad de los efluentes de agua residual son cada vez más restrictivas; y segunda, los recursos naturales de agua son cada vez más insuficientes para atender las crecientes demandas de agua.

La nueva concepción de los proyectos de reutilización, como actuaciones destinadas a satisfacer varios objetivos simultáneamente, ofrece a los planificadores posibilidades adicionales de gestión tales como compartir la responsabilidad y los costes del proyecto, consiguiendo así un equilibrio óptimo de los beneficios. Este nuevo énfasis en elaborar proyectos destinados a satisfacer varios objetivos simultáneamente evidencia lo ineficaces que resultan los proyectos establecidos por un único servicio de la administración y bajo un único programa de financiación, ante las demandas cada vez más complejas de una sociedad sensible ante la calidad ambiental.

Aunque los factores técnicos, ambientales y sociales son elementos importantes de la planificación de un proyecto de reutilización de agua, los aspectos económicos suelen ser determinantes de la implantación de estos proyectos.

Los análisis presupuestarios pueden agruparse en análisis económicos y análisis financieros. Aunque ambos términos pueden parecer similares, la distinción entre ellos tiene una importancia crítica. El objetivo de un análisis económico es establecer las bases sobre las que justificar la viabilidad de un proyecto en términos económicos. Una vez determinada la conveniencia económica de un proyecto, el detenido análisis financiero será el que permitirá establecer la auténtica viabilidad de su implantación práctica.

<sup>9</sup>Mineralizar. Transformar una sustancia orgánica hasta convertirla en sus componentes inorgánicos.

<sup>10</sup>Bioacumulable. Sustancia acumulada por los seres vivos en sus células, como forma de respuesta a su incapacidad para asimilarla y transformarla.

<sup>11</sup>Microcontaminantes orgánicos. Sustancias o compuestos orgánicos capaces de producir efectos desfavorables sobre el medio ambiente y los seres vivos, aun en concentraciones bajas, del orden de microgramos por litro (millonésimas de gramo por litro).

<sup>12</sup>Emisario. Conducto destinado a transportar un fluido desde un punto a otro, sin incorporaciones o salidas intermedias; pueden ser terrestres o submarinos.

FREDERIC PITCHAL / SIGRA



*Niños de una escuela prueban el agua potable obtenida en una planta depuradora. La fiabilidad del agua regenerada destinada al consumo público debe ser total para evitar problemas de salud.*

*Control de uno de los filtros instalados en una planta depuradora de aguas todas ellas dotadas de alarmas y automatismos de control. El proceso es imparable, por lo que en todas las plantas existen equipos de emergencia que entrarán en funcionamiento en caso de avería.*

FREDERIC PITCHAL / SIGRA



possible contacto con personas, animales o productos comestibles, mayor es el nivel de calidad exigido al agua regenerada. De este modo, mientras que la utilización de agua regenerada para riego de jardinería por aspersión en zonas de uso público suele exigir una filtración y una desinfección del efluente secundario, el riego agrícola mediante emisores enterrados puede realizarse con agua residual sometida únicamente a un tratamiento mecánico destinado a evitar la obturación frecuente de los oriñones de salida del agua.

Las autoridades sanitarias dedican especial atención a la definición de las normas de utilización del agua regenerada, tales como:

- Señalización mediante carteles bien visibles en los que se indique el tipo de agua utilizada.
- Adopción normalizada del color morado para conducciones y dispositivos de control; la instalación de dispositivos anti-retorno<sup>13</sup>.
- Inspecciones de las conexiones a la red de agua regenerada.

- Exigencia de determinados horarios de riego y de tipos de aspersores.

- Prohibición de instalar grifos exteriores.

- Utilización de tamaños de conducción y de bocas de conexión de mangueras diferentes a los utilizados para las aguas de abastecimiento público.

La instalación progresiva de contadores en el punto de conexión domiciliaria constituye una indicación clara del objetivo esencial de estos sistemas de distribución: la optimización del aprovechamiento del agua, en lugar de su evacuación y vertido mediante riego.

## FIABILIDAD DEL PROCESO DE REGENERACIÓN

Una característica esencial de los proyectos de regeneración de agua es la necesidad de asegurar una fiabilidad notable del proceso de tratamiento y una gestión adecuada del sistema de reutilización del agua. La circunstancia de que la reutilización de agua residual suele plantearse en muchos casos como la única fuente alternativa de agua para el aprovechamiento considerado, sin la protección que la dilución con agua de mejor calidad puede ofrecer, pero, sobre todo, el hecho de que la reutilización de un agua suele conllevar en muchos casos la posibilidad de un contacto directo con personas, animales o plantas, que pueden verse afectados en su salud o desarrollo, hacen que la fiabilidad de las plantas de regeneración de agua residual deba ser elevada y constituya un elemento esencial tanto de su concepción como de su explotación y mantenimiento.

La fiabilidad de los procesos de tratamiento constituye un elemento esencial de la concepción y la explotación del sistema de reutilización, con prioridad sobre el rendimiento y la eficacia de los propios procesos, que han de satisfacer los límites de calidad establecidos para el efluente. Entre las exigencias relativas a la fiabilidad del proceso de

<sup>13</sup> *Dispositivos anti-retorno.* Conjunto de válvulas que impiden que un fluido pueda circular en sentido opuesto al que está previsto.

<sup>14</sup> *Volúmenes de reserva de reactivos.* Cantidad de reactivos mantenidos en reserva para poder atender consumos superiores a los previstos normalmente.

<sup>15</sup> *Acuíferos.* Formaciones geológicas naturales integradas por arenas o rocas fracturadas que pueden retener agua en sus huecos o grietas. El agua contenida en el acuífero se desplaza generalmente por su interior y puede ser extraída del acuífero (explotación) o introducida desde el exterior (recarga).

regeneración cabe destacar la instalación de controles continuos de determinados parámetros, la instalación de alarmas y automatismos, la disponibilidad de piezas de recambio, la duplicidad de equipos y procesos, la existencia de equipos de entrada en funcionamiento automático en caso de avería, la existencia de volúmenes de reserva de reactivos<sup>14</sup>, especialmente de desinfectante, y la instalación de equipos generadores o la duplicidad de fuentes de suministro de energía eléctrica.

En definitiva, se trata de una nueva forma de plantear la regeneración de un agua residual que permita que la reutilización planificada de agua residual pase a ser un elemento esencial de la gestión integral de los recursos hídricos en numerosas zonas del mundo para las que sería la única solución.

## TIPOS DE REUTILIZACIÓN

El agua residual regenerada se viene empleando para múltiples usos, entre los que cabe destacar: la reutilización urbana con distintos fines (jardinería, incendios, fluxores, lavado de calles y automóviles); la reutilización industrial (refrigeración); la reutilización agrícola y forestal; la reutilización ornamental y recreativa; la mejora y la preservación del medio natural, y la recarga de acuíferos<sup>15</sup>.

La reutilización agrícola y de jardinería constituye el aprovechamiento más extendido del agua residual regenerada, tanto para cultivos hortícolas (consumo crudo) como para cultivos con procesamiento posterior, cereales, cítricos y viñedos, y tanto mediante riego por aspersión, microaspersión y goteo, como por riego por inundación.

Los dos textos de referencia generalmente utilizados por aquellos países que se plantean la reutilización de agua residual son generalmente las directrices de calidad propuestas por la Organización Mundial de la Salud (OMS) en 1989 para riego agrícola y acuicultura, por una parte, y los criterios de calidad de California o Florida, incorporados en las directrices propuestas por la Agencia de Protección Medioambiental de Estados Unidos (USEPA) en 1992, por otra. Aunque ni España ni la Unión Europea tienen en estos momentos legislación relativa a la regeneración de agua residual, existen numerosos estudios e iniciativas para definir criterios y normas de calidad del agua regenerada para diferentes usos en el ámbito europeo y mediterráneo.

Los extensos trabajos de experimentación y de seguimiento de las numerosas instalaciones de regeneración de agua residual existentes en California y Florida ponen de manifiesto que un buen efluente biológico secundario, filtrado mediante un filtro de arena, o de arena y carbón, con la eventual



*El agua regenerada utilizada para el riego permite aprovechar los elementos nutritivos que contiene y que serán asimilados por las plantas a través de la tierra.*



C.D. GALLERY

*Vista aérea de una planta de filtración de agua. Estudios realizados en Estados Unidos han evidenciado que un buen tratamiento de aguas residuales puede dar como resultado un agua regenerada que otorgue una garantía similar a las mejores aguas de consumo público.*

*La necesidad de agua para distintas utilizaciones ha hecho que los gobiernos declaren zonas protegidas a varios humedales. La Albufera de Valencia, separada del mar tan sólo por una barra de arena, es Parque Natural español desde el año 1986.*



ALBERT LLEAL

adicción de unos miligramos por litro de coagulante (alúmina, generalmente), y una desinfección con cloro con un tiempo de contacto de entre 30 minutos (Florida) y dos horas (California), hasta alcanzar la eliminación de coliformes<sup>16</sup>, permite obtener un agua regenerada desprovista de virus y bacterias patógenas, y por lo tanto, ofrece una garantía de calidad similar a la de un agua potable de consumo público<sup>17</sup>. Los estudios realizados en las plantas de regeneración de Vitoria<sup>18</sup> y en las de la Costa Brava<sup>19</sup> concuerdan con estas observaciones. Por otra parte, la progresiva implantación de sistemas de desinfección alternativos ofrece nuevas perspectivas para la mejora de la calidad ambiental.

## CONCLUSIONES

La reutilización planificada de agua residual se ha convertido en un componente esencial de la gestión integral de los recursos hidráulicos, especialmente en zonas costeras, donde puede contribuir de forma significativa al aumento neto de dichos recursos, tanto para su utilización directa como a través de su purificación y almacenamiento en acuíferos costeros.

Aunque los criterios de calidad establecidos en el ámbito internacional para los diferentes usos del agua regenerada son variados y heterogéneos, se dispone de experiencia suficiente para planificar, proyectar y explotar sistemas de reutilización de agua

<sup>16</sup> Coliformes. Bacterias presentes en el intestino de los animales de sangre caliente y en el suelo, cuya presencia en un agua se interpreta como indicadora de contaminación de origen fecal.

<sup>17</sup> Asano, T., «Water from water: closing the circle». Stockholm Water Front, abril 2001.

<sup>18</sup> Del Río, F., López, J., y De Juana, I., «Reutilización del agua residual, experiencias prácticas en Vitoria», comunicación presentada en las XVII Jornadas de la Asociación Española de Abastecimiento y Saneamiento.

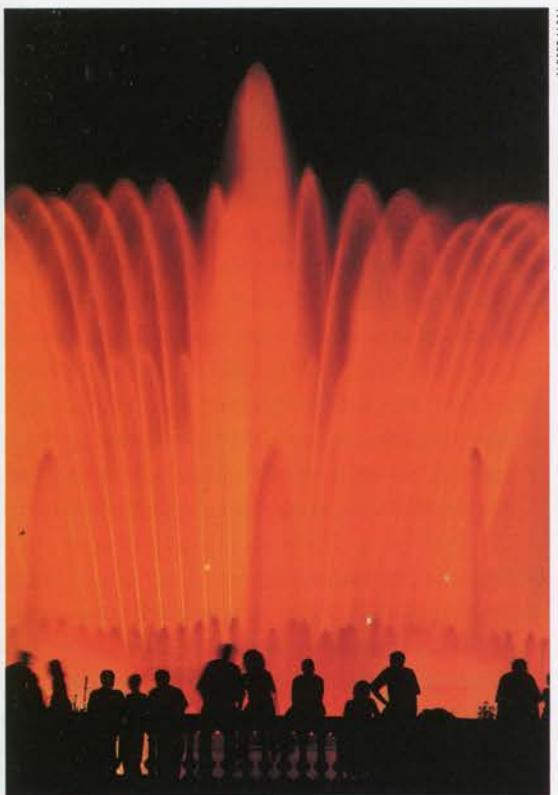
<sup>19</sup> Mujerigo, R., Sala, L., Carbó, M., y Turet, J., «Agronomic and public health assessment of reclaimed water quality for landscape irrigation», *Water Science and Technology*, núm. 10-11, Pergamon Press, 1996.

*El segundo Foro Mundial del Agua, que busca convertirse en un organismo global permanente para enfrentarse a uno de los mayores problemas del siglo xxi, la escasez de este recurso, comenzó ayer en La Haya, con la participación de 3.000 representantes de gobiernos, ONG y expertos.*

*Los problemas que hay que superar son diversos y varían, según las regiones mundiales: existe una escasez crónica de agua para algunas, demasiada agua en otras, y este elemento básico para la supervivencia de la humanidad está cada vez más contaminado.*

*«Debemos hacer del agua un problema de todos», afirma el lema del Foro, que además de confiar en crear un organismo permanente, pretende sensibilizar a la opinión pública y crear un movimiento internacional tan poderoso que «influya en las políticas de los gobiernos y las multinacionales».*

Editorial, *El Mundo*, 18 de marzo de 2000.



ALBERT LLEAL

**BIBLIOGRAFÍA**

- Asano, T., «Water from water: closing the circle». *Stockholm Water Front*. núm. 1, abril de 2001.
- Asano, T., y Mills, R. A., «Planning and analysis for water reuse projects». *Journal of the American Water Works Association*, enero de 1990.
- Llamas, M. R., Fornés, J., Hernández-Mora, N., y Martínez, L., *Aguas subterráneas: retos y oportunidades*. Fundación Marcelino Botín y Mundi-Prensa, 2001.
- Mujeriego, R., *La reutilización planificada del agua: aspectos reglamentarios, sanitarios, técnicos y de gestión. Congreso sobre recursos hídricos. Una nueva visión del agua*. Colegio de Ingenieros Técnicos de Obras Públicas de Madrid, octubre de 2000.

*Aparte de su necesidad como un bien imprescindible para la vida, el agua puede, en ocasiones, ser utilizada para representar espectáculos de gran belleza, como el que proporcionan las fuentes de Montjuïc en Barcelona, obra de Carles Buigas.*

**CORRESPONDENCIAS**

- A** ► 1993 La dramática crisis del agua, pp. 181-183.
- A** ► 1995 La guerra del agua, pp. 396-405.
- T** ► 1983 Agua. La crisis pertinaz, pp. 118-131.
- T** ► 1988 El programa LUCDEME, pp. 312-313.
- P** ► 2001 Takashi Asano, pp. 160-161; Jaume Matas, pp. 162-163.

**BIBLIOTECA & INTERNET  
DE LOS TEMAS Y SUS PROTAGONISTAS**

- Visión mundial del agua: Que el agua sea asunto de todos.
- Declaración de Dublín sobre el agua y el desarrollo sostenible.
- Directiva europea relativa a la conservación de los hábitats naturales y de la fauna y la flora silvestres.
- Libro blanco del agua en España.
- Texto alternativo del PSOE del proyecto de ley del Plan Hidrológico Nacional.
- Directiva europea por la que se establece un marco comunitario de actuación en el ámbito de la política de aguas.
- Manual sobre el agua. Directrices técnicas sobre agua, medio ambiente y saneamiento.
- Mensaje del director general de la Unesco en ocasión del I Foro Mundial del Agua.
- Alegaciones de Greenpeace al Plan Hidrológico Nacional.
- Conclusiones del II Congreso Ibérico sobre planificación y gestión de aguas.
- Uso sostenible del agua en la cuenca del Mediterráneo.
- Informe del Consejo Nacional del Agua sobre el proyecto del Plan Hidrológico Nacional.
- Informe Ramsar sobre el Delta del Ebro.
- Manifiesto por la gestión sostenible de las cuencas ibéricas.
- Informe de la Comisión Mundial de Represas.

@ Direcciones de Internet

residual económicos y seguros, tanto desde el punto de vista sanitario como desde otro tan importante como el ambiental.

La regeneración del agua residual se concibe actualmente como un proceso destinado a obtener un producto de calidad. La elaboración y la comercialización de este producto deben plantearse en un marco más amplio que el tradicional de lucha contra la contaminación, y con una nueva mentalidad en la planificación, concepción y explotación de los procesos de regeneración diferente a la adoptada generalmente en el tratamiento de agua residual.

Los proyectos de demostración de los diferentes tipos de reutilización planificada de agua residual contribuyen al desarrollo y la aceptación de estas técnicas, permitiendo comprobar su capacidad para aportar recursos hidráulicos, reciclar elementos nutritivos y asegurar la calidad sanitaria y ambiental.

La implantación de un proyecto de reutilización planificada de efluentes en cualquier zona española se ha convertido en un estandarte tecnológico y de prestigio de primera magnitud en todo el sur de Europa y en la región mediterránea, confiriendo a esta zona una posición de vanguardia en esta faceta tan importante de la gestión de los recursos hídricos.

## TAKASHI ASANO

Japonés nacionalizado estadounidense, Takashi Asano se ha especializado en el reciclado y la reutilización de las aguas residuales y en el valor de las aguas subterráneas en una sociedad en la que escasea tanpreciado elemento. En agosto de 2001 recibió el «Premio del Agua» de Estocolmo (considerado un Premio Nobel oficioso), de manos del rey de Suecia, Carlos Gustavo.



- 1963 Emigra a Estados Unidos.
- 1970 Se doctora en ingeniería medioambiental y en recursos hídricos.
- 1987 Junto al profesor Uwe Neis funda el Grupo de Especialistas en Reutilización de Aguas.
- 2001 Recibe el «Premio del Agua» de Estocolmo.

Considerado el mayor experto mundial en el uso de agua reciclada para fines agrícolas e industriales, Takashi Asano se ha distinguido siempre por su empeño en extender sus conocimientos por el mundo. Su trabajo como profesor, asesor del gobierno estadounidense y consultor le ha granjeado el respeto de toda la comunidad científica en sus esfuerzos por fomentar la conservación de los recursos hídricos y asegurar la calidad sanitaria del agua reciclada.

### De Sapporo a Berkeley

Takashi Asano nació el 7 de febrero de 1937 en la ciudad de Sapporo, en la isla de Hokkaido, Japón. Tras la Segunda Guerra Mundial, con el país inmerso en un espectacular desarrollo industrial, ingresó en la Universidad de Hokkaido para estudiar química agrícola. Tras graduarse en 1959 se trasladó a las ciudades de Osaka y Tokio para trabajar en la industria petrolífera. La positiva evolución económica experimentada por Japón en los últimos años había ido pareja al deterioro del medioambiente. Como recordaría el propio Asano años más tarde, «la polución se encontraba en todas partes». La empresa para la que trabajaba decidió enviarlo a Estados Unidos para mejorar sus conocimientos en tratamiento de aguas contaminadas e ingeniería y en 1963 emigró a aquel país en el que inició sus estudios de ingeniería medioambiental en la Universidad de California en Berkeley, donde dos años más tarde obtuvo un máster en ingeniería civil.



*La concesión del «Premio del Agua» de Estocolmo a Takashi Asano supuso el mayor reconocimiento a su labor científica.*

Su experiencia en Berkeley fue crucial tanto para su formación académica y su futuro profesional como en el aspecto personal. Asano se encontró en un país muy distinto a Japón, en plena revolución cultural de los años sesenta. En 1970 se doctoró por la Universidad de Michigan en Ann Arbor en la especialidad de ingeniería medioambiental y recursos hídricos. En el verano de 1973 realizó un curso de salud pública en el Instituto de Salud Pública de Harvard, Boston, una dilatada formación que completó con un curso de estudios avanzados en la Universidad de Cambridge, en Gran Bretaña.

### Docencia e investigación

Entre 1971 y 1975 trabajó como profesor asistente en el Departamento de Ingeniería Civil de la Universidad de Montana. Desde esa fecha y hasta agosto de 1978 ocupó el puesto de profesor asociado del Departamento de Ingeniería Civil de la Universidad de Washington antes de dar el paso al sector público. En 1978 el gobernador de California, Jerry Brown, puso en marcha la Oficina del Reciclado de Agua dentro del Centro de Control de los Recursos Hídricos del Estado de California (CSWRBC), ubicado en la ciudad de Sacramento.

En el CSWRBC entró en contacto con los más prestigiosos ingenieros medioambientales y expertos en recursos hídricos de Estados Unidos y el resto del mundo, en el período inicial de las investigaciones sobre el reciclado de agua y su reutilización, investigaciones que culminaron con el diseño de los criterios sobre reciclado de aguas del Estado de California.

Su estancia en este organismo fue también una buena plataforma de trabajo en la que profundizar a su vuelta al mundo académico en la Universidad de California en Davis, en 1992. Sus catorce años de trabajo en el CSWRBC supusieron un paso decisivo en el desarrollo de sus investigaciones sobre reciclado y reutilización de aguas residuales, en aspectos tales como la recuperación de aguas subterráneas, la refrigeración industrial, el riego agrícola o la reutilización de aguas en el tratamiento de alimentos.

### El reciclado y la reutilización de aguas

La publicación más importante de Asano en la década de los ochenta fue *Riego con aguas residuales municipales recicladas*, una guía editada junto al

doctor Stuart Pettygrove en 1984, y en la que Asano consiguió reunir los conocimientos de 26 expertos en agricultura, riego y tratamiento de aguas residuales para elaborar un manual que ha servido de referencia en todo el mundo en el campo del tratamiento de aguas; una obra que fue traducida al español y reeditada cuatro veces. Asano ha publicado, además, una cincuentena de artículos y libros, entre los que se incluyen *Reciclado y reutilización de aguas*, la referencia mundial en la materia. Es coautor de *Ingeniería medioambiental y reciclado de agua*, editado por la Universidad de Hokkaido (1999), *Tratamiento avanzado en aguas residuales, reciclado y reutilización* (1999) y *Administración de recursos hídricos y medio ambiente* (2000).

Pero la aportación de Asano no se ha limitado a dar forma a esa «encyclopedia del reciclado de aguas». En 1987 puso en marcha el Panel Científico Consultivo en Recarga de los Acuíferos Subterráneos, con el objetivo de realizar recomendaciones sobre las regulaciones estatales en reutilización de agua. En su afán por difundir sus conocimientos, ha viajado a un gran número de países con escasos recursos hídricos, en Oriente Medio, el Mediterráneo, África, Sudamérica o Japón. En este sentido, ha contribuido de forma significativa a dar solución a los problemas de falta de agua en los países en desarrollo con su participación en misiones internacionales organizadas por el Banco Mundial, la Organización Mundial de la Salud (OMS) y la Organización para la Alimentación y la Agricultura (FAO), en las que ha actuado como consultor en el uso seguro de las aguas residuales.

#### Divulgación de sus conocimientos

«Trabajar con otros para discutir y solucionar objetivos comunes en materia de prevención de contaminación de aguas y el uso eficiente del agua son los aspectos que más satisfacción me han reportado a lo largo de mi carrera», dice Asano, quien siempre se ha mostrado partidario de una política integral de defensa del agua, en la que se combinen los esfuerzos de los investigadores con la implicación de los políticos, la esfera privada y la prensa, todo con el objetivo de defender y potenciar el uso racional de un recurso tanpreciado y cada vez más escaso.

Su afán por difundir la práctica del reciclado del agua en todo el mundo le llevó a fundar, en 1987, junto al profesor Uwe Neis de la Universidad Técnica de Hamburgo, el Grupo de Especialistas en Reutilización de Aguas, a través del cual se organizaron importantes simposios internacionales sobre



el reciclado en distintos países. Más tarde el grupo fue ampliado con el profesor Rafael Mujeriego, de la Universidad Politécnica de Cataluña (UPC).

*La investigación sobre la práctica del reciclado de aguas llevada a cabo por Asano puede solucionar el problema de su escasez en muchos países.*

#### Últimos cargos y reconocimientos

Desde julio de 2001, Asano, que se nacionalizó estadounidense, es profesor emérito del Departamento de Ingeniería Civil y Medioambiental de la Universidad de California en Davis.

Fue galardonado con el «Premio del Agua» de Estocolmo 2001, considerado el Nobel del Agua, por sus «excepcionales contribuciones al uso eficiente del agua en el campo de reciclado de aguas residuales y su reutilización a través de desarrollos teóricos, investigaciones prácticas y la promoción y adaptación de sus ideas en todo el mundo». El 16 de agosto de 2001 el rey Carlos Gustavo de Suecia le entregó el galardón, dotado con 150.000 dólares.

«Viajar y visitar a viejos amigos de diferentes países y hablar sobre reciclado y cloacas todavía me provoca mucha excitación», admitió poco antes de recibir el premio. Además de este galardón, ha recibido otros muchos reconocimientos. [I. M.]