

# ORIENTACIONES COMUNITARIAS (UE) SOBRE LA CALIDAD DE LAS AGUAS REGENERADAS

François Brissaud<sup>1</sup>, Miquel Salgot<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Hydrosiences  
Université Montpellier II  
34095 Montpellier Cedex 05  
France  
E-mail: [brissaud@msem.univ-montp2.fr](mailto:brissaud@msem.univ-montp2.fr)

<sup>2</sup> Institut de l'Aigua de la Universitat de Barcelona  
Unidad d'Edafologia, Facultad de Farmàcia  
Joan XXIII s/n  
08028 Barcelona  
E-mail: [salgot@ub.edu](mailto:salgot@ub.edu)

## RESUMEN

Cada vez se hace más necesaria una normativa de reutilización de aguas residuales en Europa, que sirva como base para una gestión integrada del agua regenerada. No obstante, la diversidad cultural, social y de recursos hídricos de la Unión Europea hace que llegar a confeccionar una recomendación o norma que sea aceptable en todas las circunstancias sea difícil. Puede ser muy peligroso para el éxito de esta actividad que una normativa común que no considere las especificidades de las regiones del Sur de Europa o las relaciones con otros países no europeos se haga pública sin consenso ni discusión. Las perspectivas de futuro señalan que más que promulgar estándares (que hacen falta) se ha de trabajar en prácticas de buen uso y en estudios de riesgo, que permitan una adaptación más fácil a los casos concretos.

**Palabras clave:** Reutilización, aguas residuales, regeneración, Unión Europea, política de aguas, recursos de agua.

## INTRODUCCIÓN

En Europa la reutilización de aguas residuales ha tomado carta de naturaleza únicamente en aquellos lugares en los que se han constatado déficits temporales o estructurales de agua. En este contexto, podemos plantear que existe reutilización básicamente en la cuenca mediterránea, pero también en zonas concretas de la cuenca atlántica o del Mar del Norte.

Es bien sabido que la mayor parte de la legislación ambiental de la Unión ha partido de iniciativas de los países del Norte, donde la falta de agua no acostumbra a ser preocupante. En este sentido, es necesario hacer diversas consideraciones. Por una parte, hay que afirmar que es necesario disponer de una reglamentación europea de reutilización, pero tal como están ahora las cosas no queda demasiado claro cuál tendría que ser el alcance ni las características de una legislación o recomendaciones de este tipo. Por otra, una norma legal debería de tener una lógica clara y comprensible.

De momento, a pesar de lo que acabamos de comentar, no parece que haya un interés excesivo del legislador europeo para dedicarse al tema de la reutilización. No obstante, en los últimos meses parece que es posible que haya un cierto cambio de opinión, ya que en una reunión del mes de junio en Luxemburgo, donde se encontraron los “Directores del Agua”, o sus representantes, de los países de la Unión Europea, los países candidatos y los del EFTA se manifestó un cierto interés por el tema de la reutilización (Durham, 2005).

## HISTORIA

Son muchos los lugares del Mediterráneo en los que la reutilización se ha iniciado de manera “alegal”, siguiéndose prácticas consuetudinarias. De hecho, ya en la época de los romanos se utilizaba el agua diversas veces en una misma casa, y lo mismo sucedía, incluso antes, en la isla de Creta, en el Palacio de Knossos; por ello, podemos decir que nos encontramos con una práctica ancestral que de una u otra forma ha llegado al siglo XXI.

**Tabla 1.** Datos históricos y de los estándares de calidad del agua residual regenerada para el riego no restringido (modificado de Salgot y Angelakis, 2001)

Año	Datos y criterios de calidad
1918	El California State Board of Public Health publica las "First regulations for use of sewage for irrigation purposes in California"
1952	Primeras normas en Israel
1973	OMS: 100 CF/100 mL, 80% de muestras
1978	Nuevas normativas de reutilización del Estado de California: 2.2 CT/100 mL
1978	Normas en Israel: 12 CF/100 mL en el 80% de muestras; 2,2 CF/100 mL en el 50% de muestras
1983	Informe del Banco Mundial (Shuval <i>et al.</i> , 1986)
1983	Estado de Florida: No detección de <i>E. coli</i> en 100 mL
1984	Estado de Arizona: Estándares para virus (1 virus/40 L) y <i>Giardia</i> (1 quist / 40 L)
1985	Informe de Feachem <i>et al.</i> , 1983
1985	Informe de Engelberg (IRCWD, 1985)
1989	Nuevas recomendaciones de la OMS para reutilización: 1000 CF/100 mL < 1 huevo de nemátodo/L
1990	Estado de Texas: 75 CF/100 mL
1991	Recomendaciones sanitarias francesas: Basadas en la OMS
1992	Recomendaciones de la US EPA para la reutilización: No detección de CF en 100 mL (media de 7 días. No más de 14 CF/100 mL en ninguna muestra)
2000	Revisión de los criterios del estado de California (Title 22)
2003	Se están revisando las recomendaciones de la OMS (1989)
2004	Aparece el nuevo manual de la US EPA
2005	La OMS sugiere que se apliquen criterios de riesgo en vez de estándares

Desde el año 1918, en que se promulgaron las primeras normativas de reutilización en California hasta el momento actual (julio de 2005) ha habido una cierta evolución de la normativa (Tabla 1) y como es bien sabido, se han desarrollado dos escuelas principales: la de la OMS y la de California. En todo caso, la base de estas normas ha estado casi siempre

limitada al riego con y sin restricciones, olvidando otras posibilidades excepto el caso de acuicultura por la OMS. En la actualidad, otros tipos de reutilización ya tienen un mayor grado de consideración.

Como podemos ver, después de unos años de tranquilidad, del 2003 al 2005 han resurgido las actuaciones de las principales instituciones en el campo de la regeneración y reutilización de las aguas. Esta inquietud, causada en parte por la creciente preocupación por la falta de recursos hídricos, se ha puesto de manifiesto en el incremento de seminarios, reuniones y publicaciones sobre la reutilización de las aguas residuales desde el inicio del siglo XXI.

## **LAS PLATAFORMAS TECNOLÓGICAS DE LA UE**

La Comisión constató ya hace tiempo que existe un déficit claro en el mundo de la investigación en la Unión Europea, si se hace la comparación con las unidades políticas equivalentes, como son los Estados Unidos, Corea o Japón. Se ha atribuido en parte esta circunstancia a la falta comparativa de inversión por parte de los industriales de los lugares respectivos. Si examinamos la Figura 1, veremos que el diferencial es bastante importante.

Con la voluntad de llenar este vacío, la Comisión puso en marcha las Plataformas Tecnológicas (PT). Estas estructuras, más de 20, estaban pensadas para ayudar a la Comisión a definir las prioridades de investigación de los actores (*stakeholders*) europeos de investigación para el VII Programa Marco. No obstante, estas prioridades ya se han incorporado a la última llamada del VI PM. En el mundo del agua se creó la Plataforma “Agua y Saneamiento”.

Complementariamente, hemos de decir que para este VII PM se han definido 9 prioridades temáticas, de las que nos interesan 2:

- Salud
- Medio Ambiente y Cambio Climático

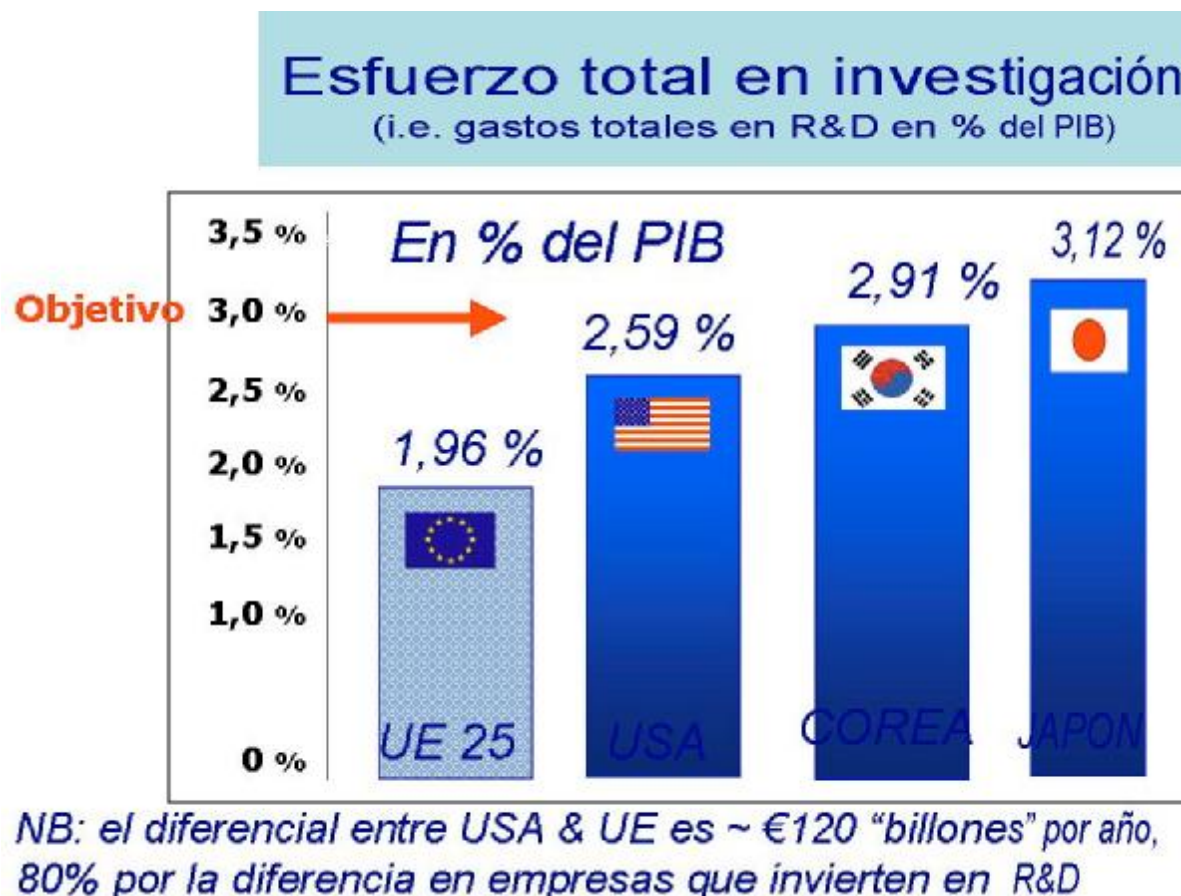
En Salud aparecen las herramientas y biotecnología para la salud. Por lo que respecta a la prioridad Medio Ambiente y Cambio Climático encontraremos “Medio ambiente y salud” y “Tecnologías ambientales” como líneas de investigación que pueden obtener fondos de la Comisión.

El concepto básico de las PT es la iniciativa tecnológica conjunta: el objetivo es iniciar, en aquellos campos clave para el bienestar, crecimiento económico y futuro de Europa, programas de investigación y desarrollo tecnológicos a gran escala y que impliquen y estimulen un gran esfuerzo de investigación industrial coordinado a escala Europea.

Es decir, la industria europea tiene que ser competitiva y se debe convertir en una pieza clave para potenciar la investigación europea, tanto por lo que respecta a la financiación como al aprovechamiento inmediato de los resultados; y esto sirve para la regeneración y reutilización de aguas residuales, que el grupo de trabajo Agua en la Agricultura definió como importantes.

En este sentido, la industria del agua, no tan sólo la de la explotación, debería ser básica en el desarrollo de la reutilización en el país. Es cierto que algunas empresas han apostado por la regeneración y reutilización, pero a pesar de algunas experiencias positivas no hay una apuesta fuerte y clara de apoyo. Este apoyo debería ser no de financiación de la investigación

pura a las Universidades (que también), sino que es necesaria una apuesta fuerte por el desarrollo de la tecnología de tratamiento (e.g. sistemas blandos, desinfección) y de aplicación (sistemas de riego) que la industria pudiera utilizar inmediatamente. Por otro lado, se ha podido detectar un cierto “amateurismo” en la construcción de muchos sistemas de regeneración, especialmente los blandos.



**Figura 1.** Comparación de los esfuerzos de investigación en los USA, Europa, Corea y Japón y objetivo de la UE (modificado de la Comisión Europea, 2005).

## LA DEPURACIÓN ACTUAL EN EUROPA. ASPECTOS TECNOLÓGICOS DE LA DEPURACIÓN Y LA REGENERACIÓN

Podemos considerar dos grandes tipos de depuradoras, las intensivas y las extensivas. Por diversas circunstancias, existe un fuerte movimiento para potenciar allá donde sea posible las depuradoras blandas. En este sentido, como ejemplo, se han desarrollado mucho en Europa las tecnologías de zonas húmedas, tanto verticales como de flujo horizontal; mientras que las de lagunaje experimentan un nuevo auge, ya sea porque se están volviendo a estudiar los mecanismos asociados o porque estamos asistiendo a nuevos desarrollos de esta tecnología, como son los filtros de grava horizontales (Alcalde *et al.*, 2004) o la incorporación en serie de la Infiltración-Percolación con el fin de reducir el número de algas del efluente final (Torrens *et al.*, 2004). También podríamos incluir aquí la aplicación en Europa de una vieja iniciativa de Israel, como son los lagos de almacenaje interestacional, que aparte de permitir el ahorro de agua pueden contribuir a la depuración (Cirelli, 2003).

No hay que olvidar aquí el transporte de recursos de agua regenerada a grandes distancias, como sucede en Tenerife, en las Islas Canarias (Delgado *et al.* 1999) o en el Negev, en Israel (Oron, 1998).

En general, podemos afirmar que para los grandes sistemas las depuradoras convencionales o duras son esenciales; mientras que para las depuradoras pequeñas o medianas pueden ser adecuados los sistemas extensivos o blandos. En regeneración se puede establecer un compromiso similar, dependiendo del espacio disponible.

Los sistemas blandos dependen de la energía solar y en algún caso del viento y, muy curiosamente, están mucho más implantados en el centro y el norte de Europa, mientras que en el sur tienen poca presencia, a pesar de los esfuerzos de diferentes grupos de investigación, lo que no es fácilmente explicable por razones técnicas. En los últimos años parece que esta circunstancia se está corrigiendo.

En estos momentos se puede decir que se están estudiando e implantando diversas tecnologías de regeneración, empezando por las tecnologías blandas para instalaciones de hasta un cierto tamaño, y siguiendo por las tecnologías de membrana tanto en tratamiento secundario (BRM) como en terciario (UF, OI). Algunas tecnologías de membrana tienen la ventaja de eliminar las sales y muchas moléculas peligrosas al mismo tiempo que los microorganismos patógenos.

## **NORMATIVA**

En la actualidad no existe legislación europea sobre reutilización, y la única referencia legal a nivel europeo es el artículo 12 de la Directiva sobre tratamiento de aguas residuales (91/271/CEE) que indica que “el agua residual tratada será reutilizada cuando sea apropiado”. No obstante, no se especifica qué es “apropiado”.

En general, podemos decir que la legislación sobre reutilización puede aparecer como resultado de la voluntad del legislador de regular una práctica asociada a peligros sanitarios. En este momento habrá una anticipación a una actividad de la sociedad, pero lo más habitual es que el legislador vaya por detrás de la realidad, y que la legislación siga una actividad ya instaurada.

En cierta forma esto es lo que sucedió en Cataluña, y por extensión en la mayor parte de los países mediterráneos. En este sentido, han sido paradigmáticos los casos de España e Italia, como explicaremos a continuación.

En España ya hemos visto un buen número de borradores de Real Decreto sobre reutilización desde que en 1985 apareció una Ley de Aguas que ya ha cambiado, indicando que el Gobierno tenía que desarrollar la normativa de reutilización. Parecía que con el denominado borrador CEDEX se había avanzado bastante y que pronto habría normativa nacional. Por causas misteriosas, que ni se conocen en el Ministerio, el R.D. se perdió en algún pasillo y tan sólo resucitó el pasado mes de junio (2005) con una reunión, prácticamente improvisada, en Madrid. En esta reunión se presentó un nuevo borrador, denominado AEAS 2005, con relativamente pocas diferencias de calidad respecto al anterior.

Lo más curioso de esta reunión en Madrid fue que se escucharon diversas intervenciones indicando que en el país las depuradoras no funcionaban bien, con el escándalo inmediato de los representantes de Sanidad, que amenazaron con ser muy estrictos en la futura normativa.

Cabe señalar que por iniciativa del Ministerio de Medio Ambiente, AEAS, ACA, ACOSOL, AMB, Fundació AGBAR, Fundación del Canal de Isabel II, Fundación EMASESA y la Universidad de Barcelona, se está desarrollando un Manual de Buenas Prácticas en Reutilización. El subgrupo de trabajo de riesgos de la AEAS está haciendo un análisis de una posible aplicación práctica de los sistemas APCPC (Análisis de Peligros y Control de Puntos Críticos) en reutilización.

En Italia, después de muchos años y de normativas regionales diversas, se publicó en 2003 una normativa (Decreto Ministerial del 12 de junio de 2003: D.M. 185/03) tremendamente restrictiva, con 54 parámetros a determinar y unos contenidos de CF muy bajos. En este caso, la norma no se sigue, lo que es un buen ejemplo de aplicación práctica de las leyes. Según indican Barbagallo *et al.* (2005) se trata de unos estándares que exigen prácticamente la misma calidad que para se requiere para el agua potable. Los análisis se tienen que realizar con una frecuencia notable, lo que hace difícil y cara cualquier iniciativa de reutilización, convirtiéndola en inviable para las pequeñas comunidades. Destaca que no se haga ninguna distinción entre los cultivos que se regarán y tampoco en los varios tipos de riego al establecer los diferentes riesgos sanitarios.

En Grecia y Portugal, las circunstancias no son demasiado diferentes, y nos encontramos con que en el Mediterráneo la reutilización es en cierta manera alegal, por no decir que es ilegal. Tanto en Francia como en España, las autoridades sanitarias tienen lo que podríamos denominar la última palabra sobre la autorización de un expediente de reutilización.

En Francia, se ha estado trabajando en una revisión de los criterios que el CSHPF (Consejo Superior de Higiene Pública de Francia) emitió en 1991. De momento no se han publicado y no parece que ello vaya a producirse de inmediato. En todo caso, la política de analizar las solicitudes caso por caso sigue aplicándose.

En otros lugares del Mediterráneo de la Unión Europea también se ha estudiado la posibilidad de reutilizar el agua residual, con más o menos aplicación práctica, como es por ejemplo el caso de Malta (Angelakis, 2003).

## **CALIDAD DEL AGUA REGENERADA**

La calidad del agua regenerada que se tiene que reutilizar viene marcada normalmente por los estándares existentes. Esta calidad de agua se puede conseguir sin demasiados problemas con las tecnologías disponibles actualmente, tal como hemos indicado.

El problema actual es más bien definir cuáles han de ser los parámetros que permitan definir la calidad deseada y que no sean excesivamente caros.

En principio, se habla de dos tipos de parámetros: los biológicos y los químicos, aunque últimamente se están introduciendo con fuerza los parámetros integradores, como son los índices biológicos, descritos por ejemplo en Puig (1999). En este sentido es bastante interesante la aproximación de Seager (2001) cuando nos dice que hasta ahora el desarrollo de los indicadores se ha basado en hacer el mejor uso posible de la información disponible, pero

que lo que en realidad se necesita no es la “mejor información disponible”, sino la “mejor información necesaria”.

El número de parámetros a determinar tiene una relación clara con los mecanismos de control y los precios; así como con la capacidad de reacción de la explotación. La mayor parte de técnicas analíticas actuales están pensadas para dar respuesta (los resultados) al cabo de un cierto número de días. Esto no deja prácticamente capacidad de respuesta inmediata.

Por otro lado, la mayoría de estándares se basan en un número muy limitado de parámetros, principalmente los biológicos (*E coli* o coliformes fecales) y es necesario recordar que sólo son indicadores. No se puede decir que la epidemiología haya sido una herramienta en la reutilización, por lo cual muchos de los datos sanitarios que se tienen actualmente son indirectos.

En este marco sanitario, se está comenzando a plantear el uso de indicadores de virus (los bacteriofagos) y ya hace tiempo que se están utilizando los huevos de nemátodo, aunque con ciertas discusiones sobre su necesidad.

En muy pocos casos se piden parámetros químicos más allá de la conductividad y el pH o bien ocasionalmente algunos metales pesados. Si pensamos en otros compuestos químicos presentes en el agua residual, el vacío es casi absoluto.

Todo esto deja en una indefinición muy importante el análisis del peligro asociado a la reutilización que en los últimos años está convirtiéndose en una de las herramientas recomendadas para estudiar la reutilización. Por otra parte, volvemos a recordar que actualmente ya hay quejas por lo que respecta a la cantidad y precio de los análisis que se practican.

Es necesario encontrar nuevos parámetros o herramientas de control y de reducción del peligro / riesgo. En este sentido, el desarrollo de las buenas prácticas o del análisis del riesgo puede facilitar la tarea.

No hay que olvidar que se han estado utilizando herramientas de calidad de agua potable (los coliformes) para analizar las aguas residuales regeneradas; y no tan sólo las aguas sino el mismo proceso de regeneración. En principio, los coliformes no deberían ser una herramienta para determinar la efectividad de los tratamientos del agua residual; pero de momento no parece que la haya mejor.

En todo caso, con el fin de obtener el máximo beneficio de los recursos de control limitados de que disponemos, necesitamos eliminar las redundancias actuales y reenfocar los programas para que nos den las informaciones prioritarias necesarias (Seager, 2001).

## **ECONOMIA**

Por lo que acabamos de indicar, se puede concluir que el mercado expulsará de la reutilización a los pequeños usuarios, que no tienen la capacidad económica o técnica para hacer frente al nivel de tratamiento de regeneración demandado o al número de controles exigido. Es posible que esta afirmación sea cierta, y que muy a menudo el pequeño usuario se encuentre ante situaciones que no parecen tener solución. Existen, sin embargo, alternativas válidas como son las agrupaciones de usuarios o bien utilizar el agua regenerada para usos

menos exigentes en calidad. De todas formas, esta circunstancia - la de los pequeños usuarios - ha de ser considerada cuidadosamente.

Por otro lado, se está empezando a plantear el papel del agua regenerada como agua de sustitución de caudales concedidos. En este camino, el del intercambio de agua, hay que negociar desde una cierta posición y conseguir que quien hace el cambio (la administración) garantice las demandas de la misma administración (en el mismo o en otros departamentos o ministerios).

No obstante, y tal como hemos comentado, el camino que ha iniciado la administración catalana, el del autocontrol, no parece cuadrar con lo que acabamos de comentar. El autocontrol se basa en permitir que sea el explotador o el usuario el que practique los controles y la administración tiene que velar por todo el proceso; el peso del control no debe recaer en los cuerpos oficiales de inspección que a menudo quedaban desbordados.

Por lo que respecta a la economía, es necesario que se establezca una diferencia entre lo que cuesta la regeneración y lo que cuesta la reutilización. Si consideramos todos los aspectos implicados, se hace difícil establecer un cálculo real del coste y de hecho los datos que se pueden consultar presentan variaciones muy importantes de orden de magnitud.

A partir de estas consideraciones, cabe preguntarse quién tiene que hacerse cargo de los gastos asociados a la regeneración y reutilización. Existe una política clara de la Unión Europea que indica que todos los costes asociados al ciclo antrópico del agua se deben reflejar en lo que paga el usuario. Si se intenta aplicar este criterio a la regeneración y reutilización será muy difícil que se implante, al menos en España, ya que los usuarios más importantes no están acostumbrados a pagar el agua y no aceptarán fácilmente el cambio.

## **ASPECTOS SOCIALES**

Las políticas de comunicación son herramientas básicas para potenciar la reutilización. Es absolutamente necesaria una buena presencia en los medios, con una visión contrastada y bien explicada de qué es la reutilización. Es necesario tener bien clara la línea de actuación, no tan sólo por lo que respecta a las políticas de comunicación, sino también en el momento de convencer a los que tienen las concesiones de agua para que renuncien a ellas temporal o definitivamente. Esto debería de hacerse antes de construir las instalaciones de regeneración y de distribución del agua regenerada, ya que de otra forma se malgastan muchos recursos y las instalaciones no funcionan a plena capacidad, si es que llegan a funcionar. Esta circunstancia es mala tanto desde el punto de vista social como económico, ya que el precio del agua regenerada aumenta en proporción a la capacidad de tratamiento no utilizada.

Como ya hemos indicado, la política de soporte a la investigación de la Unión Europea se basa en una participación mucho más directa de las empresas; no tan sólo a la hora de dar soporte a la investigación, sino también en el momento de la aplicación de los hallazgos de los científicos o tecnólogos. Por ello desde la Comisión se anima a que en todos los proyectos que se presentan haya participación directa de los empresarios, especialmente de las PYME. Tenemos que pensar cómo se puede traducir esto en el mundo de la reutilización.

Hay también otros actores que tienen que participar en la reutilización, los municipios y los agricultores. Los municipios por el hecho que cada vez se discute más el agua que utilizan para muchas de sus necesidades, en una sociedad con muchas contradicciones por lo que

respecta al uso “público” del agua. Los agricultores porque siguen siendo los actores principales de la reutilización. Las industrias ya hace tiempo que empezaron a reciclar, por la vía del convencimiento, por la de reducir los impuestos que pagan o por reducir costes asociados a la captación y tratamiento de aguas.

Por ahora hay muy poca apuesta real por parte de los actores del agua por la reutilización. En general, el soporte a la implantación o la investigación en reutilización es escaso, con algunas excepciones honorables, como es el caso del organizador de estas jornadas. Es mucho más fácil encontrar financiación europea para estudios de reutilización que financiación nacional, autonómica o local. De todas formas, esto debería ir ligado a la investigación sobre necesidades reales y no a elucubraciones académicas finalmente poco útiles. Por lo que respecta al soporte económico a la reutilización en sí, ha sido escaso y poco planificado, lo que no deja de ser sorprendente en un país con poca agua.

## POSIBILIDADES DE REUTILIZACIÓN

Como hemos visto al estudiar las normativas, la mayor parte de casos de reutilización descritos y legislados, prácticamente en todo el mundo, se han limitado al uso en agricultura. En los últimos años han aparecido muchas otras posibilidades, y se plantean muchos otros usos, prácticamente tantos como en el caso del agua potable (Tabla 2). En todos los casos existen unas limitaciones lógicas o unas consecuencias que se resumen en la misma Tabla 2.

Al intentar traducir la Tabla 2 a la realidad, podemos observar que el número más grande de reutilizaciones continúa siendo para riego, aunque los campos de golf han entrado con fuerza en este apartado. El resto de casos en Europa son bastante anecdóticos desde el punto de vista de caudales utilizados, como por ejemplo los usos urbanos o de recarga planificada.

**Tabla 2.** Tipos de reutilización del agua regenerada y problemas / limitaciones potenciales (modificado de Salgot y Angelakis, 2001).

Posibilidades de reutilización del agua regenerada	Problemas / Limitaciones
Riego de agricultura y paisaje <ul style="list-style-type: none"> <li>• Cultivos</li> <li>• Viveros comerciales</li> <li>• Parques</li> <li>• Patios de escuela</li> <li>• Medianas de autopista</li> <li>• Campos de golf</li> <li>• Cementerios</li> <li>• Zonas verdes</li> <li>• Zonas residenciales</li> <li>• Cortavientos</li> <li>• Cinturones verdes</li> </ul>	(1) Contaminación de aguas superficiales y subterráneas si no hay una buena gestión, (2) Aceptación pública y venta de productos, (3) efectos de la calidad del agua, en especial de las sales, en suelos y cultivos, (4) problemas de salud pública relacionados con los patógenos (bacterias, virus, y parásitos), (5) uso para control de la zona de reutilización, incluyendo una área tampón, (6) los costes pueden ser muy altos
Reciclaje y reutilización industrial <ul style="list-style-type: none"> <li>• Agua de refrigeración</li> <li>• Alimentación de calderas</li> <li>• Agua de procesos</li> <li>• Construcción pesada</li> <li>• Transporte de materiales</li> </ul>	(1) Constituyentes del agua regenerada que pueden causar incrustación, corrosión, crecimiento biológico, y “fouling”, (2) problemas de salud pública, especialmente transmisión de aerosoles con el agua de refrigeración.

<p>Recarga de aguas subterráneas</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Recarga de acuíferos</li> <li>• Control de intrusión de agua salada</li> <li>• Control de subsidencia</li> <li>• Almacenaje de recursos</li> <li>• Transporte del agua</li> </ul>	<p>(1) Compuestos químicos en el agua regenerada y sus efectos tóxicos, (2) sólidos totales disueltos, nitratos, y patógenos en el agua regenerada.</p>
<p>Usos recreativos / ambientales</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Lagos y estanques</li> <li>• Agua para marismas y zonas húmedas</li> <li>• Aumento de caudales de corrientes y de otras masas de agua</li> <li>• “Fabricación” de nieve</li> <li>• Balsas de reserva de agua (incendios forestales)</li> <li>• Recuperación de sistemas naturales</li> </ul>	<p>(1) Problemas sanitarios derivados de bacterias y virus, (2) eutrofización por nitrógeno (N) y fósforo (P) en el agua receptora, (3) problemas para fauna y flora salvajes, (4) relación con los acuíferos</p>
<p>Generación de organismos vivos</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Acuicultura (peces)</li> <li>• Ganadería convencional</li> <li>• Biomasa / madera / forraje</li> <li>• Material de soporte para compostaje</li> <li>• Cultivos de algas</li> <li>• Producción de biofuel</li> </ul>	<p>(1) Toxicidad para la vida acuática, animales o vegetales cultivados, (2) toxicidades en organismos consumidores, (3) límites de espacio, (4) concentración de organismos.</p>
<p>Usos urbanos</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Lucha contra el fuego</li> <li>• Aire acondicionado</li> <li>• Descarga de inodoros</li> <li>• Limpieza de vehículos</li> <li>• Limpieza de embarcaciones</li> <li>• Limpieza viaria</li> <li>• Gestión del alcantarillado</li> <li>• Estanques y corrientes urbanas de agua</li> </ul>	<p>Problemas diversos, desde (1) <i>Legionella</i> en aparatos de aire acondicionado, (2) aerosoles, (3) a toxicidad y problemas sanitarios en peces.</p>
<p>Reutilización potable</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Mezcla con el agua convencional</li> <li>• Suministro directo a través de tubería</li> </ul>	<p>(1) Componentes del agua regenerada, especialmente compuestos orgánicos traza y sus efectos tóxicos, (2) estética y aceptación pública, (3) problemas sanitarios de transmisión de patógenos, especialmente virus.</p>
<p>Usos varios</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Control de polvo en obras</li> <li>• Control de polvo en caminos</li> <li>• Construcción</li> </ul>	<p>(1) aerosolización, (2) olores</p>

**NOTA:** algunos usos se pueden describir en más de un apartado, por lo que hay ciertas repeticiones en la tabla.

En el momento de plantear unos estándares que regulen la reutilización se pueden definir en función de los usos (una calidad para cada uso) o bien al revés, definir unas calidades y fijar para qué usos se pueden utilizar las aguas. Desde el punto de vista administrativo quizá sea más sencilla la primera aproximación, mientras que desde el punto de vista técnico y tecnológico es más sencilla la segunda. En general, las normativas acostumbran a escoger la

segunda opción. En todo caso, la falta de esta legislación ha entorpecido la aplicación práctica del uso del agua regenerada.

Muchos de los usos que se han planteado últimamente generan más riesgo que los clásicos de riego, al aumentar las posibilidades de contacto entre el agua y las personas; de aquí que cada vez más sean imprescindibles los estudios de riesgo y las buenas prácticas.

## DISCUSIÓN

Aunque sea hacer prospectiva o investigación-ficción (no lo llamaremos ciencia-ficción), podemos aventurar lo que sigue:

Se pueden hacer diversas consideraciones sobre cuál puede ser el futuro europeo por lo que respecta a la reutilización de las aguas residuales. La Comisión Europea ha firmado diversos contratos de investigación con grupos europeos con el fin de realizar investigación sobre reutilización de aguas residuales (e.g. AQUAREC, AQUASTRESS, RECLAIM) y entre los objetivos se fijaban los estudios sobre legislación al respecto. En general, las conclusiones son que los estándares son una herramienta útil, aunque es necesario realizar una aproximación mucho más completa e integrada, basada en otras herramientas, como acabamos de decir. Podríamos indicar que sería necesario hacer un tratamiento mucho más “industrial” de la actividad de la reutilización.

En este sentido, y en general, parece que los últimos desarrollos se basan en trabajar simultáneamente en tres grandes ejes complementarios:

### a) Los estándares

Existe un cierto número de tendencias bastante diferentes. De un lado están los defensores de las normas de California (*Title 22*); de otro, los que apoyan las recomendaciones de la OMS del 1989. También se han abierto otras vías diferentes, como la italiana, en la que se pide un número exagerado de parámetros.

El reproche más grande que se hace a unos y otros, como también hemos dicho, es el número y precio de los análisis, que supuestamente expulsarían del “mercado” a los pequeños usuarios.

También cabe indicar que tanto por lo que respecta a California como a la OMS, el número de parámetros es relativamente reducido y no se puede garantizar así un riesgo razonable asociado a la reutilización.

Muy posiblemente, aparezcan las determinaciones de bacteriofagos como nuevos indicadores de calidad microbiológica de las aguas regeneradas.

Por lo que respecta a los estándares relacionados con la química, no se ve por ahora una voluntad de implantar ninguno de ellos, a excepción quizás de límites para algunos metales pesados.

### b) Las normas de buen uso del agua regenerada o buenas prácticas de reutilización (BPR)

Unos buenos estándares sin una buena aplicación del agua residual no sirven de mucho. De la misma manera que se ha hecho en diversas industrias, se plantea la aplicación de sistemas de buena “manufactura” a los procesos de regeneración y de buena aplicación a los de reutilización.

Podríamos decir que las BPR definen la manera correcta de utilizar las aguas residuales, teniendo en cuenta diversas circunstancias internas (e.g. calidad temporal del agua) o externas (e.g. climatología).

c) Los análisis de peligro / riesgo

El peligro es inherente a la reutilización por las características del agua residual sin tratar y la fiabilidad relativa de cualquier proceso creado por el hombre. Al cuantificar el peligro, hablamos de riesgo. Cabe recordar que el riesgo cero no existe, y que siempre nos hemos de referir a un riesgo aceptable asociado a las prácticas de regeneración y reutilización.

Cualquier aplicación práctica de un análisis de riesgo consta de tres fases:

- Determinación
- Gestión
- Comunicación

Cada una de ellas es suficientemente importante, y permite trabajar para asegurar el éxito de la reutilización.

Por lo que hemos escuchado recientemente (Kamizoulis, 2005) la nueva política de la OMS se basa en utilizar herramientas de riesgo como sustitutos de los estándares. En el momento de escribir estas líneas no se conoce demasiado bien la nueva aproximación de la organización, pero parece que la idea principal es trabajar con herramientas relacionadas con la determinación y gestión del riesgo.

Este método utilizado en las recomendaciones de la OMS puede permitir avanzar hacia un consenso europeo. Se basa en la elección de un valor de riesgo aceptable, en este caso prácticamente igual al del agua potable de la misma OMS ( $<10^6$  DALY). Como se sabe, se basa en los estudios de riesgo y la evaluación cuantitativa del efecto de una serie de medidas que se pueden implantar para controlar el riesgo. Hay que apuntar que faltan resultados de parámetros, relativamente poco conocidos, pero permite establecer un método bien definido y unos pasos coherentes para llegar a conclusiones.

En todo el sur del Mediterráneo se hace imprescindible contar con el agua regenerada para así plantear una gestión integrada de los recursos hídricos y favorecer el desarrollo económico no tan sólo de la agricultura sino también de la industria y del turismo.

## CONCLUSIONES

Parece cada vez más importante proceder a una planificación adecuada de la reutilización, ya sea a nivel nacional, de región o de comarca. En todo caso, el agua regenerada debe ser parte integrante de los recursos que son gestionados de manera integrada.

Hemos asistido en los últimos años a actitudes de rechazo del agua regenerada, con el argumento de una calidad deficiente desde el punto de vista de los contaminantes químicos (salinidad, tóxicos). En este punto, es necesario expresar preocupación por un tema que en la legislatura catalana anterior parecía que se había tratado con exageración y que en los momentos de sequía presentes parece haberse olvidado, como es la salinidad. Por definición, las aguas residuales son como mínimo un poco más salinas que las correspondientes aguas originales, y ello puede llegar a necesitar, en casos concretos, un tratamiento diferenciado por lo que respecta a la aplicación o a las plantas que se pueden cultivar.

Sanitariamente se puede garantizar - siempre dentro de un marco de relatividad - que el agua regenerada tiene una calidad suficientemente buena para ser utilizada en los diversos usos autorizados. Existen tecnologías adecuadas para cada calidad, aunque el límite lo establece el coste. No parece fácil tratar con fundamentalismos técnicos, como son las exigencias de determinar una ingente cantidad de compuestos potencialmente tóxicos que se encuentran en cantidades ínfimas en el agua regenerada, y muy posiblemente estén presentes en concentraciones más importantes en algunas aguas naturales del país.

Los análisis siguen siendo uno de los puntos débiles en la regeneración y reutilización de las aguas residuales. Al mismo tiempo, ello no permite esclarecer totalmente la fiabilidad de muchos de los tratamientos de depuración y regeneración existentes, especialmente en tiempo real. Por otro lado, el fundamentalismo administrativo que puede arrastrar el agua regenerada no es una buena herramienta para favorecer esta práctica. De todas formas, son necesarios estudios de riesgo planificados, detallados y subvencionados, a todos niveles, regional, nacional y europeo, así como el uso de indicadores mejores y realmente útiles tanto para la reutilización como para la regeneración.

Hay que apuntar que estamos oyendo que en Cataluña es necesario reutilizar el agua regenerada para muchos usos. Esto es primera página de muchos medios de comunicación, pero cuando empieza a llover, la tinta es fácilmente arrastrada por la lluvia y parece tinta simpática, que reaparece a la siguiente sequía. Seguimos esperando que las buenas palabras sean esta vez ciertas y que la sequía haya sido suficientemente importante como para acabar las infraestructuras necesarias para la regeneración y reutilización en un tiempo prudencial.

En todo caso, parece que los aspectos sociales y económicos de la reutilización están cobrando cada vez más importancia, no tan sólo por lo que respecta a la aceptación del recurso, sino también por la economía del proceso, entendida no únicamente como una sustentabilidad (ecológica y material) sino también como práctica que debe dar un rendimiento, es decir una relación coste/beneficio adecuada. Por último, cabe señalar que la reutilización no es, en ningún caso, una panacea que alivie todos los males de falta de agua del país. Es tan sólo una herramienta importante que hay que utilizar conjuntamente con todas las demás, sin despreciar ninguna de ellas, incluyendo los trasvases.

Desde el punto de vista industrial, existe una buena oportunidad para las empresas europeas para desarrollar herramientas tecnológicas aplicadas a la reutilización, desde procesos avanzados de regeneración hasta sistemas de aplicación de agua y de control de los impactos del agua regenerada en el medio y en el hombre. Las transferencias de *know-how* pueden ser importantes hacia el norte de África e Iberoamérica.

Finalmente, hay que decir que, aunque pueda causar miedo, hacen falta unas normas europeas de reutilización. Como mínimo pueden ser útiles para plantear la calidad de productos

agrícolas procedentes de terceros países donde se utilice el agua regenerada como agua de riego.

## REFERENCIAS

- AEAS (2005). Propuesta de calidades mínimas exigidas para la reutilización directa de efluentes depurados según los distintos usos posibles, así como de aspectos relativos a la metodología, frecuencia de muestreo y criterios de cumplimiento de los análisis establecidos, para incluir en una normativa de carácter estatal.
- Alcalde, L., Oron, G.; Gillerman, L.; y Salgot, M. (2004). An advanced integrated system of stabilization ponds and reservoirs for wastewater reclamation for agricultural irrigation. *Journal of Arid Land Studies*, 14S: 135-138
- Angelakis, A.N (2003) Wastewater recycling and reuse in Malta. Malta Resources Authority
- Barbagallo, S., G. L. Cirelli, y C. Nurizzo (2005). La reutilización de aguas residuales en Italia. Trabajo no publicado.
- Cirelli, G. L. (2003). I trattamenti naturali delle acque reflue urbane. Fitodepurazione, lagunaggio, accumulo in serbatoi. Sistemi editoriali, Napoli.
- CSHPF (1991). Recommandations sanitaires concernant l'utilisation, après épuration, des eaux résiduaires urbaines pour l'irrigation des cultures et des espaces verts. Ministerio de Sanidad, Paris, 40 p.
- Delgado, S.; Alvarez, M.; Rodríguez-Gómez, L.E.; y Aguiar, E. (1999). H<sub>2</sub>S generation in a reclaimed urban wastewater pipe. Case study: Tenerife (Spain). *Water Research* 33 (2): 539-547
- Durham, B. (2005). Comunicación personal a los miembros del grupo de reutilización de EUREAU.
- Kamizoulis (2005). Seminario sobre el R.D. de reutilización. Ministerio de Medio Ambiente. Junio 2005.
- Oron, G. (1998). Wastewater reuse in Israel. IAWQ water reuse group newsletter, Nov. 1998. p. 6-8.
- Puig, M. A. (1999). Els macroinvertebrats dels rius catalans. Generalitat de Catalunya, Departament de Medi Ambient. Barcelona.
- Salgot, M. y Angelakis, N. (2001). Guidelines and regulations on wastewater reuse. Capítol 23 a: *Decentralised Sanitation and Reuse. Concepts, systems and implemenattion*. Lens, P.; Zeeman, G. Y Lettinga, G. IWA, Londres.
- Torrens, A.; Boutin, C., y Meauxsoone, D. (2004) Station d'Aurignac. Informe interno del CEMAGREF, no publicado.