

# RESOLVIENDO UN “PUZZLE”: LA INTEGRACIÓN DEL AGUA REGENERADA EN LA GESTIÓN DE LOS RECURSOS HÍDRICOS

Manel Serra y Lluís Sala

Consorci de la Costa Brava  
Plaça Josep Pla 4, 3º 1ª  
17001 Girona  
E-mail: [mserra@ccbgi.org](mailto:mserra@ccbgi.org), [lsala@ccbgi.org](mailto:lsala@ccbgi.org)

**Palabras clave:** reutilización, gestión recursos hídricos, calidad microbiológica

## INTRODUCCIÓN

“*Practice makes it perfect*”, tal como reza la popular frase anglosajona. En la reutilización del agua el encaje, los tratamientos, las prácticas, también mejoran con la experiencia del día a día, con el tener que enfrentarse a conseguir una determinada calidad bajo unas condiciones de variabilidad y a menudo de impredecibilidad y, además, con el tener que satisfacer a un determinado usuario. Ésta es la actitud con la cual el CCB ha encarado la regeneración y reutilización del agua desde sus inicios, una actitud basada en la mejora gradual y en el aprendizaje surgido del esfuerzo cotidiano y del análisis de la realidad, frontalmente opuesta a la que pide la “solución perfecta” desde el inicio. La primera permite avanzar, porque todo viaje requiere de pasos hechos de manera consecutiva, mientras que la segunda es paralizante porque pide saber com será la llegada al destino sin tener en cuenta que en el viaje pueden producirse múltiples vicisitudes e imprevistos. Desde 1989, el año en el que se inicia el suministro de agua regenerada en la Costa Brava, la regeneración y reutilización ha ido avanzando, con mejoras notables en los tratamientos y en el servicio ofrecido a los usuarios, en base a la generación de información, a su estudio y a las correcciones derivadas de los análisis realizados. Lo que presentamos en esta ponencia no es otra cosa que certezas, incertidumbres, ideas comprobadas, dudas y sugerencias surgidas de la práctica de la reutilización en la Costa Brava durante 16 años.

## LA REUTILIZACIÓN, UNA ACTIVIDAD POLIÉDRICA

La reutilización es una actividad claramente poliédrica, con diversas caras. Representa generar un nuevo recurso, especialmente en zonas costeras, pero también produce una estimable reducción de vertidos, de tal manera que una forma de definir a la reutilización podría ser com “el punto de encuentro entre el abastecimiento y el saneamiento”.

A pesar de ello, en el fondo la reutilización es una herramienta que tiene múltiples aplicaciones. Muchas de ellas, de hecho, se producen simultáneamente, aunque el motivo por el cual se implementa un proyecto de reutilización en una determinada zona siempre tendrá aquel motivo principal que decanta la balanza. En cualquier caso, esta realidad poliédrica pide una importante flexibilidad mental y una buena dosis de imaginación a la hora de buscar el encaje de la reutilización en la gestión de los recursos.

Podrá parecer una obviedad, pero ante un determinado proyecto de reutilización la primera cosa que cabe preguntarse es “será mejor la situación –de los recursos, del medio ambiente– en una situación futura, con reutilización, que la situación actual, sin reutilización?”. Si la respuesta es afirmativa, entonces es necesario buscar la fórmula para hacer que el proyecto se haga realidad, aportando la flexibilidad mental y la imaginación antes mencionadas. Por tanto, es necesario hacer posible lo que es deseable y evitar convertirlo en imposible por una rigidez formal o estructural, o por un exceso de celo. De todas formas, esta flexibilidad y visión realista también deben ser tenidas en cuenta en la situación inversa: si un proyecto de reutilización no aporta beneficios, o bien en determinados momentos existen dudas sobre la idoneidad de una determinada agua, lo mejor puede ser abandonar el proyecto o interrumpir el suministro para evitar que se generen problemas de magnitud superior a los que se pretende solucionar. En resumen, la reutilización tiene que ser una solución, no un nuevo problema añadido a los muchos que ya existen. Y para que esta actividad sea un éxito, es necesario prever como encajar las múltiples piezas que conforman este complejo y a la vez interesante *puzzle*.

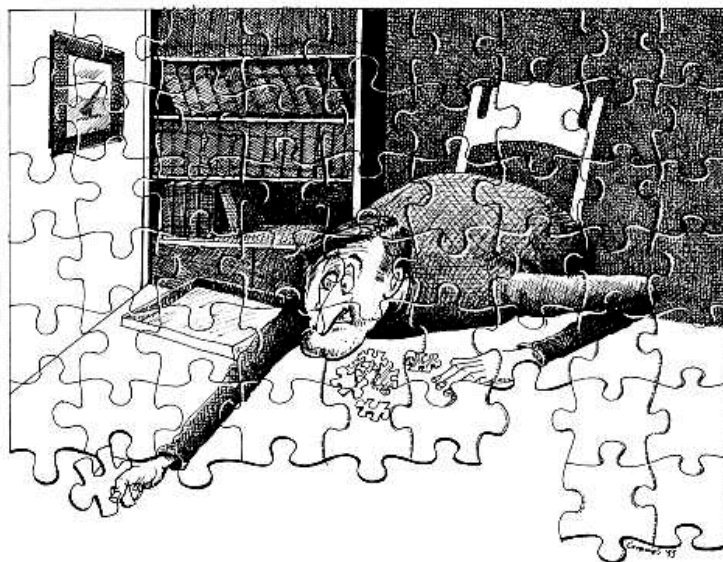


Figura 1. El encaje de la reutilización equivale, metafóricamente, a la confección de un *puzzle*. © Andrzej Graniak  
([www.dc.slupsk.pl/graniak/GALERIA/puzzle.htm](http://www.dc.slupsk.pl/graniak/GALERIA/puzzle.htm))

## EL ENCAJE ECONÓMICO Y ADMINISTRATIVO DE LA REUTILIZACIÓN

Si en la gran mayoría de casos la reutilización sirve para generar un nuevo recurso, esta actividad debe de ser resuelta, económica y administrativamente de una manera diferente a como se resuelven el saneamiento y la depuración hasta nivel secundario. Existen muchas voces en las diferentes administraciones que abogan por tratamientos terciarios financiados,

proyectados, ejecutados y gestionados por sus directos beneficiarios. Es clara la aplicación del principio de beneficio –que pague el beneficiario-, pero este principio puede ser aplicado de diferentes formas, y no suele ser la mejor aquella que tan sólo traspassa al beneficiario la responsabilidad o la obligación de realizar determinadas actuaciones, como forma de eludir la responsabilidad que se pueda tener como administración hidráulica. Por otro lado, a menudo los beneficiarios suelen ser diversos, dispersos e intangibles a primera vista. El caso de los beneficios ambientales es paradigmático. Quién debe hacerse cargo de la reutilización cuando el beneficiario es el medio ambiente o el estado ecológico de un determinado ecosistema acuático?

Tan sólo a través de estudios precisos, en los que los criterios generales sean aplicados caso a caso, objetivando beneficiarios y beneficios ambientales, podremos obtener pautas a seguir para la distribución equitativa de los costes de los tratamientos adicionales al secundario, a imputar entre los diferentes beneficiarios (usuarios privados directamente beneficiados, usuarios colectivos difusos y beneficios ambientales). Las máximas universales no suelen ser útiles, porque ni todos los casos son iguales, ni es mejor solución el tratar igual a usuarios y situaciones diferentes. No reivindicamos arbitrariedad y discrecionalidad, sino equidad para cada situación diferente. La realidad contextual es siempre más compleja que las bien intencionadas recetas de manual.

## **EL ENCAJE EN LA GESTIÓN DE LAS EDAR**

Así como parece interesante que económicamente y administrativamente el tratamiento terciario no tenga que ir ligado al resto de la EDAR, a nivel de explotación sí que conviene que haya unidad con el resto de instalaciones de la EDAR. Si para la reutilización es clave el que las EDAR ofrezcan el máximo rendimiento, es obvio que es necesario no conformarse con los 25 mg/l DBO y los 35 mg/l MES, y que cualquier esfuerzo para mejorar la calidad supondrá un incremento del gasto de explotación. De esta forma, si el explotador del tratamiento terciario es diferente del del secundario, ¿qué incentivo puede tener este último para hacer este gasto adicional si después el beneficio derivado de la explotación del tratamiento terciario se lo lleva un tercero? Lo más probable es que en una situación como ésta lo que suceda sea que la explotación del secundario ofrezca un agua depurada de calidad próxima a los 25-35 –que, por otro lado, serán seguramente los límites de calidad que figurarán en el contrato y que, no lo olvidemos, están basados en valores medios-. Mientras, el explotador del terciario deberá realizar un gasto suplementario en reactivos y energía, con un tratamiento globalmente bastante más complicado y con una mayor dificultad para conseguir los resultados deseados en el agua regenerada –que, no lo olvidemos tampoco, no están basados en medias, sino en el percentil 90 del conjunto anual de datos-. Por tanto, la gestión por parte de un único explotador de todas las instalaciones de una EDAR, desde el pretratamiento hasta el propio tratamiento terciario es la manera más sencilla de garantizar una toma de decisiones armónica y coherente, de mínimo coste, y destinada a conseguir los elevados requerimientos de calidad que se piden.

Por otro lado, el esfuerzo suplementario en el tratamiento secundario que reclama la posterior regeneración del agua tiene un efecto beneficioso sobre el funcionamiento de la EDAR en general, ya que, por un lado, todas las decisiones se toman para obtener una mejora en la calidad; y por otro, la reducción de DBO y MES que se pueda conseguir para un mejor funcionamiento del terciario también se ve reflejada en el vertido del resto de agua no reutilizada. Así, el beneficio sobre el medio proviene de una doble reducción de vertidos: la del agua reutilizada, que no es vertida, y la de la carga orgánica no vertida gracias a la mejora

de la calidad fomentada por la necesidad de pasar una parte del caudal por el tratamiento terciario. El esquema de la Figura 2 intenta reflejar esta situación.

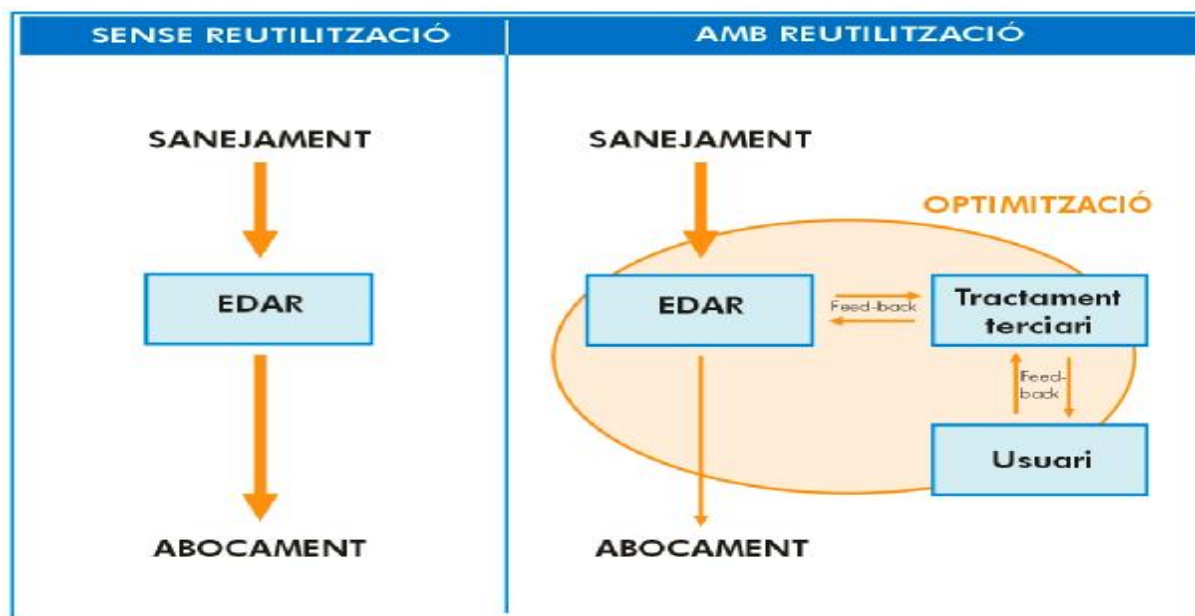


Figura 2. Esquema que muestra la mejora en la explotación y la reducción de vertidos provocada por la reutilización.

## EL ENCAJE EN LA SALUD PÚBLICA

La principal premisa en los proyectos de reutilización es que no deben suponer un riesgo apreciable para la salud pública. La recogida de las aguas residuales a través de alcantarillas y de colectores, y su posterior conducción hasta las instalaciones de tratamiento ha representado históricamente uno de los factores que más ha hecho aumentar la esperanza de vida humana. Por tanto, teniendo en cuenta las concentraciones de microorganismos, tanto indicadores como patógenos, existentes en las aguas depuradas, es imprescindible evitar perder el esfuerzo realizado por aislar a estos microorganismos que supondría la reutilización de las aguas depuradas sin ningún tipo de tratamiento adicional. Los tratamientos terciarios, por tanto, buscan aportar esta seguridad sanitaria en la reutilización del agua, tanto a través de la desinfección como de los tratamientos previos, de preparación, que pueden ser necesarios (coagulación, floculación, decantación, filtración, o tratamientos con membranas).

El indicador más utilizado para evaluar el resultado de la desinfección se basa en el recuento de las concentraciones de los coliformes fecales (o, más recientemente, de *Escherichia coli*, no sin importantes problemas a la hora de los recuentos), las cuales pueden dar una idea de si la desinfección ha sido eficaz. No obstante, por un lado se conoce que este grupo de microorganismos es relativamente poco resistente a los agentes desinfectantes, y por otro, que no presenta una buena correlación con la eliminación de otro tipo de patógenos, como son determinados virus (enterovirus) o protozoos (*Cryptosporidium* y *Giardia*). Por este motivo, reconocidos expertos en el campo de la microbiología ambiental recomiendan el seguimiento rutinario de más de un microorganismo indicador, y a ser posible que representen en conjunto a más de un tipo de patógeno (Jofre y Lucena, comunicación personal). Aparte de los coliformes fecales, otros microorganismos indicadores que se podrían utilizar son los enterococos, que servirían para evaluar de forma más precisa la reducción bacteriana, ya que

son más resistentes que los coliformes fecales; los bacteriofagos (virus de bacterias), como indicadores de la eliminación de los enterovirus, que son patógenos humanos; y las esporas de clostridios, que a pesar de ser esporas de bacterias, su comportamiento en la desinfección presenta un interesante paralelismo con la eliminación de protozoos patógenos como *Cryptosporidium* y *Giardia*.

También es conocido que algunos microorganismos presentan elevados grados de resistencia ante ciertos desinfectantes (*Cryptosporidium* y *Giardia* al cloro) y una elevada sensibilidad ante otros (los mismos protozoos a la luz UV), lo cual comporta serios problemas de elección si se debe escoger un único desinfectante. Éste es uno de los diversos motivos por los que la tendencia en el ámbito del CCB es la de combinar dos desinfectantes como la luz UV y el cloro, con la finalidad de cubrir un abanico de desinfección más amplio que el que se conseguiría con cualquiera de ellos en solitario, incluso en el caso de que se aplicaran dosis más elevadas de cada uno de ellos. De esta manera se obtiene un mayor espectro de desinfección, además de otras ventajas adicionales como son:

- i) la cloración final permite disponer de un tratamiento alternativo de desinfección en caso de avería o mantenimiento de los equipos de desinfección con luz UV
- ii) le aporta un elemento residual que mantiene la calidad del agua durante el transporte, a la vez que su detección permite validar la eficacia de la desinfección
- iii) se duplica el elemento clave del tratamiento terciario (desinfección), pero sin duplicar el coste, pudiéndose llegar prácticamente al nivel de calidad microbiológica que se desee
- iv) obviamente, permite reducir la dosis de cloro que se aplicaría si no hubieran equipos de desinfección con luz UV.



Figura 3. Imágenes de diferentes aguas regeneradas producidas en la Costa Brava. Izquierda: Equipo de desinfección UV de la EDAR de Torroella de Montgrí, 22 de julio de 2005. Centro: Agua regenerada producida en la EDAR de Colera, 17 de agosto de 2005. Derecha: Agua regenerada producida por la EDAR de Blanes, 9 de agosto de 2005.

Otra cuestión que suele ser comentada en relación a la salud pública en los proyectos de reutilización es la que hace referencia a la posible generación de trihalometanos durante la desinfección del agua en el caso que se utilice el cloro como elemento desinfectante, ya que suele preocupar la reacción que se pueda producir con la materia orgánica presente en el agua residual depurada. No obstante, los resultados disponibles hasta el momento muestran, en la

mayor parte de ocasiones, una formación prácticamente inexistente de estos compuestos, lo cual se explica por la presencia habitual de nitrógeno amoniacal en las aguas depuradas, que reacciona con el cloro con mayor rapidez que la materia orgánica, produciéndose la formación de cloraminas (inocuas) antes que trihalometanos. En este sentido, y precisamente para evitar la formación de estas sustancias, sería prudente no llegar a la nitrificación completa de los efluentes que deban ser desinfectados con derivados del cloro, de manera que siempre quede una pequeña concentración de amonio disponible para poder reaccionar con éste y así proteger al agua de la formación de estas sustancias peligrosas.

## EL ENCAJE AMBIENTAL

Tal como se ha apuntado antes, la reutilización supone una reducción de vertidos al medio, lo cual se traduce en una mejora ecológica en el punto al cual se le reducen las descargas. Si, además, esta reutilización es para usos de riego, entonces se produce un reciclaje simultáneo de nutrientes, lo cual representa un ahorro de fertilizantes minerales y, por tanto, también de la energía que se necesita para producirlos y transportarlos. Por otro lado, en zonas donde el agua potable sea energéticamente costosa, ya sea porque proviene de instalaciones de elevado consumo energético (desaladoras) y/o porque debe de ser transportada a largas distancias, la regeneración y posterior reutilización *in situ* para los usos no potables puede representar un doble ahorro, de agua y de energía. Estas cuestiones de encaje ambiental son tratadas más a fondo tomando el ejemplo de la EDAR de Castell-Platja d'Aro en la ponencia "Maximización del beneficio ambiental en la explotación de una EDAR en zona turística costera", presentada también en el marco de estas jornadas por Josep Maria Caus y Jordi Muñoz.

## LA SITUACIÓN DE LA REUTILIZACIÓN EN LA COSTA BRAVA

La reutilización de aguas en la Costa Brava es una actividad que ha ido creciendo con el tiempo hasta situarse en unos probables 7 hm<sup>3</sup>/año para este 2005, de un total de entre 30 y 35 hm<sup>3</sup>/año de agua residual tratada. La sequía de la primera mitad del año, así como el incremento del número de usuarios hace que sea esperable un incremento de 1,5 hm<sup>3</sup> adicionales respecto a los 5,5 hm<sup>3</sup>/año generados en el año 2004. Los principales usos, por volúmenes, son los siguientes:

- Recarga de acuíferos: este sólo uso ya supone la regeneración de 3,0 hm<sup>3</sup>/año desde 2003, todos ellos procedentes de la EDAR de Blanes y que son vertidos al río Tordera con la finalidad de recargar este acuífero. Esta actuación ha sido promovida por la Agencia Catalana del Agua (ACA) y está integrada en el plan de recuperación del acuífero del bajo Tordera, junto con la construcción y puesta en servicio de la desaladora de Blanes. En lista de espera de este tipo de proyectos encontramos el de recarga del acuífero de la riera de Port de la Selva, única fuente de agua potable para el abastecimiento del municipio y que presenta evidentes limitaciones en años de escasa pluviometría, en los que la recarga natural se convierte en insuficiente.



Figura 4. Dos imágenes del agua regenerada vertida al río Tordera para la recarga del acuífero. 7 de julio de 2005.

- Usos ambientales y mejora de los vertidos: dentro de este grupo de usos el principal en cuanto a volumen es el de la EDAR de Empuriabrava, en la que el agua se regenera mediante un sistema de humedales construidos y después se transporta hasta el Parc Natural dels Aiguamolls de l’Empordà (PNAE), donde es utilizada con finalidad ambiental. Si bien inicialmente el objetivo de los gestores del PNAE era mantener las condiciones de inundación de la Laguna del Cortalet durante los meses de verano, actualmente se ha visto que este agua proporciona unas mejoras ambientalmente más significativas si se utiliza para la creación y/o restauración de las “closes” (prados inundados) típicos de la zona, actualmente en fuerte regresión. Otro uso ambiental es el ligado a la creación y mantenimiento del Parc de Sa Riera, en Tossa de Mar, lo cual ha significado la transformación de un antiguo vertedero incontrolado en un parque urbano, así como una recarga indirecta para el tramo final de la riera, que de esta forma evita la total desecación estival. Finalmente, dentro de este grupo de usos también se ha incorporado la mejora de los vertidos que se producen con el agua regenerada producida pero que, por las variaciones típicas de consumo a lo largo de las diferentes horas del día (la producción suele mantenerse constante), no ha podido ser suministrada a ningún usuario.



Figura 5. Dos imágenes del sistema de humedales construidos de Empuriabrava. Izquierda: grupo de flamencos, 6 de mayo de 2005. Derecha: detalle de las celdas, 31 de agosto de 2005.

- Riego de campos de golf: actualmente se está suministrando agua regenerada a 5 campos de golf y a un Pitch & Putt, que corresponden a la práctica totalidad de las instalaciones de este tipo existentes en el conjunto de la Costa Brava. Cabe apuntar, además, que el campo de golf que aún no utiliza agua regenerada ya está tramitando la solicitud de la concesión de este tipo de agua ante la ACA. Mucha de la experiencia generada alrededor de la

reutilización en la Costa Brava, especialmente en los primeros años, ha sido posible gracias al suministro a campos de golf.



Figura 6. Dos imágenes de campos de golf regados con agua regenerada en la Costa Brava. Izquierda: Golf Empordà, mayo de 2005. Derecha: Golf Costa Brava, 15 de junio de 2005.

- Riego agrícola: a pesar de su enorme demanda potencial, éste es un uso aún limitado en el ámbito de la Costa Brava, donde hasta hace poco tan sólo se suministraba agua de riego para explotaciones relativamente pequeñas, que van desde el maíz a la vid, pasando por los productos de huerta. A mediados de este verano de 2005 se ha iniciado el suministro de agua regenerada para riego agrícola a una importante comunidad de regantes en Torroella de Montgrí, de manera que es de esperar que de cara al futuro éste sea el tipo de uso que más crezca, gracias a la divulgación aportada por los proyectos ya existentes y a este nuevo suministro.



Figura 7. Dos imágenes de campos de cultivo regados con agua regenerada en la Costa Brava. Izquierda: Maíz en Solius, 15 de junio de 2005. Derecha: Plantación de vid en Garbet, verano de 2001.

- Usos urbanos no potables: a pesar de ser aún unos usos modestos en cuanto a volumen, también es de esperar un crecimiento importante para el futuro a medio plazo, ya que algunos ayuntamientos (Lloret de Mar, Tossa de Mar) han apostado indiscutiblemente por la instalación y explotación de redes de agua regenerada como forma de reducir las demandas de agua potable y también el consumo energético asociado a su producción y transporte. Otros municipios que han mostrado interés en la instalación de redes más o menos extensas de distribución de agua regenerada a medio y largo plazo, como forma de ahorrar un agua potable que en años secos suele ser escasa, son Portbou, Colera, Port de la Selva, Cadaqués, Roses, Palafrugell, Palamós, Castell-Platja d'Aro, Santa Cristina d'Aro y Blanes.



Figura 8. Dos imágenes de usos no potables en municipios de la Costa Brava norte. Izquierda: Bomberos cargando agua regenerada en el hidrante de la EDAR de Port de la Selva, verano de 2003. Derecha: Cuba cargando en el depósito de agua regenerada de la EDAR de Portbou, para su uso en la construcción de la nueva carretera, 30 de junio de 2005.

## CONCLUSIONES

La integración de un nuevo recurso como es el agua regenerada –recurso, además, controvertido-, no deja de ser como la confección de un “puzzle”, en el que cada pieza debe encajar adecuadamente con las otras para que el conjunto final sea coherente. El encaje se debe producir a diferentes niveles: el económico, el administrativo, el ligado a la gestión de las EDAR, el relativo a la salud pública y el ambiental. Los proyectos de reutilización en los que se den estos encajes serán los que tendrán la solidez suficiente como para perdurar en el tiempo y para representar un verdadero paso hacia la sostenibilidad y la mejora ambiental.