JORNADES TÈCNIQUES

Lloret de Mar -Costa Brava, Girona
19-20/10/2005

CONSORCI DE LA COSTA BRAVA

20

1985-2005 20 anys de reutilització a la Costa Brava

La integració de l'aigua regenerada en la gestió dels recursos: El paper dinamitzador del territori

La integración del agua regenerada en la gestión de los recursos: El papel dinamizador del territorio

LA INTEGRACIÓ DE L'AIGUA REGENERADA EN LA GESTIÓ DELS RECURSOS: EL PAPER DINAMITZADOR DEL TERRITORI

LA INTEGRACIÓN DEL AGUA REGENERADA EN LA GESTIÓN DE LOS RECURSOS: EL PAPEL DINAMIZADOR DEL TERRITORIO

THE INTEGRATION OF RECLAIMED WATER IN WATER RESOURCE MANAGEMENT: THE FOSTERING ROLE OF THE TERRITORIAL REGION

Comitè Tècnic

Sr. Gabriel Borràs, Agencia Catalana de l'Aigua
Sr. Josep Maria Caus, Searsa
Prof. Rafael Mujeriego, Universitat Politècnica de Catalunya
Sr. Philippe Rougé, Agbar
Sr. Lluís Sala, Consorci de la Costa Brava
Sr. Manel Serra, Consorci de la Costa Brava

Coordinació

Sra. Montse Fàbregas

Col·laboració

Ajuntament de Lloret de Mar

Ajuntament de Lloret de Mar

Agència Catalana de l'Aigua

Agència Catalana de l'Aigua

Departament de Medi Ambient i Habitatge

Generalitat de Catalunya
Departament de Medi Ambient i Habitatge

Agbar

Agbar aigua

Sorea

Sorea

Sociedad de Explotación de Aguas Residuales, SA (SEARSA)

SEARSA

Aquàlia

aqualia

Universitat de Girona

Universitat Politècnica de Catalunya

UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA

Amb la participació de

Ministerio de Medio Ambiente
Water Reuse Group, IWA

LA INTEGRACIÓ DE L'AIGUA REGENERADA EN LA GESTIÓ DELS RECURSOS: EL PAPER DINAMITZADOR DEL TERRITORI

LA INTEGRACIÓN DEL AGUA REGENERADA EN LA GESTIÓN DE LOS RECURSOS: EL PAPEL DINAMIZADOR DEL TERRITORIO

THE INTEGRATION OF RECLAIMED WATER IN WATER RESOURCE MANAGEMENT: THE FOSTERING ROLE OF THE TERRITORIAL REGION

Comunicacions de les Jornades Tècniques
Comunicaciones de las Jornadas Técnicas
Proceedings of the Technical Workshop
Lloret de Mar, Costa Brava, Girona, Espanya, Octubre 2005

Editor

Lluís Sala
Consorci de la Costa Brava

Edició a càrrec del
Consorci de la Costa Brava

CONSORCI DE LA COSTA BRAVA

Tots els drets reservats. Està totalment prohibida la reproducció total o parcial d'aquesta publicació per qualsevol mitjà, inclosos la reprografia i el tractament informàtic sense l'autorització escrita dels autors o del Consorci de la Costa Brava.

Primera edició: 2005.

Disseny de la coberta: Quim Paredes, 24ixs

ÍNDEX

Pròleg vii
Prólogo ix
Foreword xi

Water Reuse in the Northern Mediterranean, *Marcelo Juanicó and Miquel Salgot* 1
La reutilización en el ciclo global del agua: Una aproximación al concepto de ciclo de vida de producto aplicado al agua, *Antonio Estevan* 23
Gestión sostenible del agua y la energía en la Mancomunidad del Sureste de Gran Canaria, *José Rafael Sánchez* 37
La gestió futura de l'oferta d'aigua a Catalunya: els Programes d'Abastament i de Reutilització d'Aigües de Catalunya, *Gabriel Borràs* 51
Composant un "puzzle": La integració de l'aigua regenerada en la gestió dels recursos, *Manel Serra i Lluís Sala* 69
La reutilització de les aigües residuals del Baix Llobregat, *Joan Compte* 79
Maximització del benefici ambiental en l'explotació d'una EDAR en zona turística costanera, *Jordi Muñoz i Josep Maria Caus* 93
Balanç de l'experiència en reutilització d'aigües regenerades a Port Aventura *Vicenç Veses* 107
Els beneficis de la reutilització a l'interior: el cas de Sabadell, *Jordi Vinyoles, Miguel Angel Fos i Rosa Quirante* 117
Escenarios existentes y propuestas para el avance de la regeneración y reutilización de aguas en España, *Raquel Iglesias* 129
Evaluación técnica y económica de las tecnologías de regeneración de aguas *Philippe Rougé* 153
Evolución y problemática del agua reciclada en la Costa del Sol Occidental *Pedro Muñoz y Enrique Miranda* 167
Las aguas residuales regeneradas en la gestión de los recursos hidráulicos de Vitoria-Gasteiz, *Julio López* 179
Los nuevos recursos de agua (reutilización y desalación de aguas) y su marco jurídico *Antonio Embid* 195
The new draft WHO guidelines for water reuse in agriculture, *George Kamizoulis* 209
Orientacions comunitàries (UE) sobre la qualitat de les aigües regenerades *François Brissaud i Miquel Salgot* 221
Overview and background of water reuse practice in Flanders, Belgium *Chris Thoeye* 235
Water recycling and and reuse in EUREAU countries. Trends and challenges *Bruce Durham* 249

PRÒLEG



Ara que fa 20 anys de les primeres Jornades Tècniques sobre reutilització d'aigües urbanes celebrades el 1985 a Castell-Platja d'Aro podem afirmar que moltes de les idees d'aquelles sessions del llunyà 1985 són avui una realitat a la Costa Brava. Allò que eren possibilitats teòriques i, per tant, remotes, són avui fets quotidians.

20 anys que van de la teoria a la pràctica. Pràctica quantificada, mesurada, analitzada, contrastada i divulgada. Pràctica que contrasta, verifica i millora la teoria. Pràctica per desenvolupar múltiples projectes que ens han permès, any rere any i metre cúbic a metre cúbic, arribar a reutilitzar un 25% del total de l'aigua depurada a la Costa Brava. I no hem acabat. Un percentatge destacable tant en el context de la península Ibèrica com dels altres estats europeus. A finals d'aquest any 2005 s'hauran produït al llarg de la Costa Brava al voltant de 7.000.000 m^3 d'aigua regenerada, en una dotzena d'instal·lacions que apleguen tota la diversitat possible de tractaments terciaris.

20 anys perquè avui l'aigua regenerada sigui reutilitzada amb finalitats diverses per usuaris diferenciats i beneficiaris múltiples. Així hi trobem el reg agrícola, des de vinyes fins a hortes, blat de moro i farratges; el reg de jardineria; el reg de cinc camps de golf (tots els que estan situats a la Costa Brava excepte un, que ja està tramitant la concessió d'aigua regenerada), un Pitch & Putt, i un camp de futbol; la reutilització amb finalitats ambientals al Parc Natural dels Aiguamolls de l'Empordà i a les rieres de Tossa de Mar i Ridaura; la recàrrega planificada d'aqüífers per evitar intrusions salines al Baix Tordera; i finalment tota una sèrie d'usos urbans diversos, que van des de la neteja de carrers i de contenidors de brossa fins al reg de zones verdes, passant per l'aigua que s'utilitza en els dipòsits anti-incendis de les muntanyes de la zona. Tots aquests usos de l'aigua regenerada són una pràctica quotidiana a la Costa Brava, especialment agraïda i paradoxal en èpoques de sequera.

20 anys de reutilització entesa com una eina per a la millora progressiva de la gestió integral del cicle de l'aigua, a nivell local. Eina amb múltiples aplicacions. Tant per produir aigua regenerada per atendre demandes que d'altra manera no es podrien satisfer, com per optimitzar la gestió ambiental d'un territori típic de ribera mediterrània, depurant l'aigua urbana i fent un ús eficient dels nutrients que transporten les aigües residuals. Aplicant aquests nutrients amb criteris agronòmics allà on fan falta i substituint els fertilitzants minerals, o bé disminuint-los tant com ens sigui possible allà on no convenen per raons hidrogeològiques o de risc d'eutrofització. I sempre emprant les tècniques més avançades per evitar els indesitjables i innecessaris riscos sanitaris.

20 anys de planificació de la reutilització a escala local. Una escala -i una idea de la reutilització- que demana un coneixement precís del territori. Un coneixement que s'adquireix recorrent-lo pam a pam. Trepitjant places i carrers, travessant valls i resseguint rieres, enfangant-se en els aiguamolls i assolellant-se en els terrenys de secà, aguantant la tramuntana i gaudint de la bonança, observant aus, mamífers, peixos, rèptils i plantes, i veient -ai!- com es transforma el

paisatge amb noves edificacions. Parlant amb institucions locals, associacions, plataformes, comunitats de regants, veïns, tècnics municipals, regidors i alcaldes, per aprendre de tots ells. I aprenent també amb la pràctica diària de la reutilització.

20 anys millorant progressivament. Equivocant-nos de tant en tant i rectificant. Preguntant-nos en cada nou projecte de reutilització si la situació que en resultarà de la nova realització millora la situació prèvia i si tots els usuaris en sortiran guanyant, sense oblidar-nos -naturalment- dels riscos i dels beneficis mediambientals. Així avancem en la reutilització, a través de l'anàlisi detallada de cada cas i del seu context local. És a dir, aplicant la reutilització quan ens aporta solucions i no fent-ho quan la seva aplicació ens genera problemes, i entre aquests problemes, els econòmics.

20 anys que ens han premès conèixer aquelles personalitats més rellevants en l'àmbit de la reutilització a escala mundial, tot establint magnífiques relacions institucionals i personals amb tots ells. Aquests 20 anys també ens han permès donar a conèixer l'activitat del Consorci de la Costa Brava en l'àmbit de la reutilització en aquest món, avui globalitzat. No puc estar-me d'esmentar-ne uns quants, com a mostra de reconeixement i agraïment. Així, Takashi Asano, present en les primeres i segones Jornades, i premiat l'any 2001 amb l'Stockolm Water Prize, en reconeixement a la seva tasca continuada en favor de la reutilització planificada de les aigües; Pedro Arrojo, present en les Jornades de 1998, Premi Goldman de Medi Ambient l'any 2003 i President de la Fundació Nova Cultura de l'Aigua; Rafael Mujeriego, sempre a punt d'ajudar el Consorci de la Costa Brava, i que a més fou President del Water Reuse Group de la IWA de 1995 a 2000, i també President, des de 2002, del Consell per l'Ús Sostenible de l'Aigua a Catalunya. Esmentar també a Ramon Folch, Miquel Salgot, Joan Gaya, Manuel Suarez, James Crook i Marcelo Juanicó, tots ells professionals de reconegut prestigi. I tants d'altres als qui demano benevolència al no citar-los. I, com no Lluís Sala, ànima de la reutilització al Consorci de la Costa Brava i secretari infatigable durant vuit anys (1995-2003) del Water Reuse Group de la IWA. Aquest grup especialitzat, d'abast internacional, va celebrar el 1st International Symposium precisament a Castell-Platja d'Aro en aquell any 1991 de tan bon record. Un primer simposi internacional que s'estrenava a la Costa Brava i que ha celebrat les successives sessions a Creta (1995), París (2000), Mèxic (2003) i Corea del Sud (2005). És un orgull pel Consorci de la Costa Brava haver pogut col·laborar en l'inici d'un grup especialitzat en reutilització dins la IWA i veure com s'ha anat consolidant en el transcurs del temps.

I 20 anys, *last but not least*, contribuint a una nova cultura de l'aigua que fa de la reutilització, l'estalvi, la gestió de la demanda i la participació ciutadana, els seus principis fonamentals orientats a la sostenibilitat de les polítiques hidràuliques. Aquests principis compartits i practicats dia a dia, juntament amb la certesa de la bondat del principi de subsidiarietat són -tots ells- necessaris per garantir una nova i millor gestió del cicle integral de l'aigua des del territori i per a un territori concret.

Manel Serra
Gerent del Consorci de la Costa Brava
Octubre 2005

PRÓLOGO



Ahora que hace 20 años de las primeras Jornadas Técnicas sobre reutilización de aguas urbanas celebradas en 1985 en Castell-Platja d'Aro podemos afirmar que muchas de las ideas de aquellas sesiones del lejano 1985 son hoy una realidad en la Costa Brava. Aquello que eran posibilidades teóricas y, por tanto, remotas, son hoy hechos cotidianos.

20 años que van de la teoría a la práctica. Práctica cuantificada, medida, analizada, contrastada y divulgada. Práctica que contrasta, verifica y mejora la teoría. Práctica para desarrollar múltiples proyectos que nos han permitido, año tras año y metro cúbico tras metro cúbico, llegar a reutilizar un 25% del total del agua depurada en la Costa Brava. Y no hemos terminado. Un porcentaje destacable tanto en el contexto de la península Ibérica como de los demás estados europeos. A finales de este año 2005 se habrán producido a lo largo de la Costa Brava alrededor de 7.000.000 m^3 de agua regenerada, en una docena de instalaciones que reúnen toda la diversidad posible de tratamientos terciarios.

20 años para que hoy el agua regenerada sea reutilizada con finalidades diversas por usuarios diferenciados y beneficiarios múltiples. Así entre ellos encontramos el riego agrícola, desde vides hasta huertas, maíz y forrajes; el riego de jardinería; el riego de cinco camps de golf (todos los que están situados en la Costa Brava excepto uno, que ya está tramitando la concesión de agua regenerada), un Pitch & Putt, y un campo de fútbol; la reutilización con finalidad ambiental en el Parc Natural dels Aiguamolls de l'Empordà y en las rieras de Tossa de Mar y Ridaura; la recarga planificada de acuíferos para evitar intrusiones salinas en el Baix Tordera; y finalmente toda una serie de usos urbanos diversos, que van desde la limpieza de calles y de contenedores de basura hasta el riego de zonas verdes, pasando por el agua que se utiliza en los depósitos anti-incendios de las montañas de la zona. Todos estos usos del agua regenerada son una práctica cotidiana en la Costa Brava, especialmente agradecida y paradójica en épocas de sequía.

20 años de reutilización entendida como una herramienta para la mejora progresiva de la gestión integral del ciclo del agua, a nivel local. Herramienta con múltiples aplicaciones. Tanto para producir agua regenerada para atender demandas que de otra manera no se podrían satisfacer, como para optimizar la gestión ambiental de un territorio típico de ribera mediterránea, depurando el agua urbana y haciendo un uso eficiente de los nutrientes que transportan las aguas residuales. Aplicando estos nutrientes con criterios agronómicos allá donde hacen falta y sustituyendo los fertilizantes minerales, o bien disminuyéndolos tanto como nos sea posible allá donde no convengan por razones hidrogeológicas o de riesgo de eutrofización. Y siempre utilizando las técnicas más avanzadas para evitar los indeseables e innecesarios riesgos sanitarios.

20 años de planificación de la reutilización a escala local. Una escala -y una idea de la reutilización- que reclama un conocimiento preciso del territorio. Un conocimiento que se adquiere recorriéndolo palmo a palmo. Pisando plazas y calles, atravesando valles y resiguiendo rieras, llenándose los pies de barro en los humedales y aguantando el sol en los terrenos de

secano, soportando la tramontana y disfrutando del buen tiempo, observando aves, mamíferos, peces, reptiles y plantas, y viendo -ay!- como se transforma el paisaje con nuevas edificaciones. Hablando con instituciones locales, asociaciones, plataformas, comunidades de regantes, vecinos, técnicos municipales, concejales y alcaldes, para aprender de todos ellos. Y aprendiendo también con la práctica diaria de la reutilización.

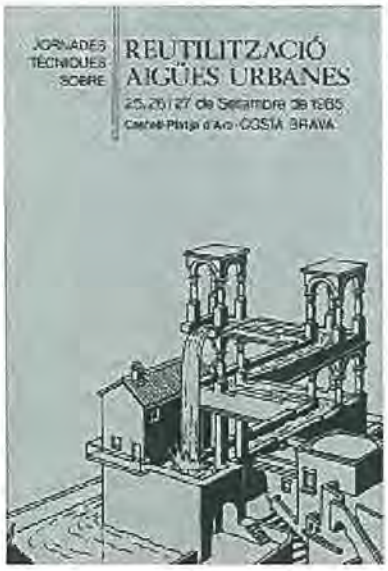
20 años mejorando progresivamente. Equivocándonos de vez en cuando y rectificando. Preguntándonos en cada nuevo proyecto de reutilización si la situación resultante de la nueva realización mejorará la situación previa y si todos los usuarios saldrán ganando, sin olvidarnos -naturalmente- de los riesgos y de los beneficios ambientales. Así avanzamos en la reutilización, a través del análisis detallado de cada caso y de su contexto local. Es decir, aplicando la reutilización cuando nos aporta soluciones y no haciéndolo cuando su aplicación nos genera problemas, entre los cuales los económicos.

20 años que nos han permitido conocer a las personalidades más relevantes en el ámbito de la reutilización a escala mundial, estableciendo magníficas relaciones institucionales y personales con todos ellos. Estos 20 años también nos han permitido dar a conocer la actividad del Consorcio de la Costa Brava en el ámbito de la reutilización en este mundo, hoy globalizado. No puedo dejar de mencionar a unos cuantos, como muestra de reconocimiento y agradecimiento. Así, Takashi Asano, presente en las primeras y segundas Jornadas, y premiado en el año 2001 con el Stockolm Water Prize, en reconocimiento a su contínua tarea en favor de la reutilización planificada de las aguas; Pedro Arrojo, presente en las Jornadas de 1998, Premio Goldman de Medio Ambiente en el año 2003 y Presidente de la Fundación Nueva Cultura del Agua; Rafael Mujeriego, siempre a punto de ayudar al Consorcio de la Costa Brava, que además fue Presidente del Water Reuse Group de la IWA de 1995 a 2000, y también es Presidente, desde 2002, del Consejo para el Uso Sostenible del Agua en Cataluña. Mencionar también a Ramon Folch, Miquel Salgot, Joan Gaya, Manuel Suarez, James Crook y Marcelo Juanicó, todos ellos profesionales de reconocido prestigio. Y tantos otros a quienes pido benevolencia al no citarlos. Y, cómo no, Lluís Sala, alma de la reutilización en el Consorcio de la Costa Brava y secretario infatigable durante ocho años (1995-2003) del Water Reuse Group de la IWA. Este grupo especializado, de alcance internacional, celebró el 1st International Symposium precisamente en Castell-Platja d'Aro en aquel año 1991 de tan buen recuerdo. Un primer simposio internacional que se estrenaba en la Costa Brava y que ha celebrado las sucesivas sesiones en Creta (1995), París (2000), México (2003) y Corea del Sur (2005). Es un orgullo para el Consorcio de la Costa Brava haber podido colaborar en los inicios de un grupo especializado en reutilización dentro de la IWA y ver como se ha ido consolidando en el transcurso del tiempo.

Y 20 años, *last but not least*, contribuyendo a una nueva cultura del agua que hace de la reutilización, el ahorro, la gestión de la demanda y la participación ciudadana, sus principios fundamentales orientados a la sostenibilidad de las políticas hidráulicas. Estos principios compartidos y practicados día a día, junto con la certeza de la bondad del principio de subsidiariedad son -todos ellos- necesarios para garantizar una nueva y mejor gestión del ciclo integral del agua desde el territorio y para un territorio concreto.

Manel Serra
Gerente del Consorcio de la Costa Brava
Octubre 2005

FOREWORD



20 years on from the first Technical Conference on the recycling of water in urban areas, held in Castell-Platja d'Aro in 1985, we can now say that many of the ideas put forward in those first, long ago meetings are nowadays a reality on the Costa Brava. What were then remote technical possibilities are now everyday facts of life.

20 years during which we have turned the theory into a reality. A quantified, measured, analysed, contrasted and expanded reality. A reality that distinguishes and validates and improves the theory. A reality in which multiple projects are developed, and a reality that year after year, and cubic metre after cubic metre, has allowed us to reach a point whereby 25% of all treated wastewater on the Costa Brava is recycled. And we have not finished yet. This is a remarkable percentage both in the context of the Iberian Peninsula and of other European states. By the end of 2005, a total of 7,000,000 m^3 will have been reclaimed along the length of the Costa Brava, in a dozen installations which bring together the entire diverse range of tertiary treatments.

After 20 years reclaimed water is being reused for a wide range of purposes by a variety of different users and with multiple benefits. A range which includes agricultural irrigation, from vines to vegetables, maize to fodder; landscape irrigation; the irrigation of five golf courses (every course on the Costa Brava except for one, which is already making the official application to use reclaimed water), a Pitch & Putt course, and a football pitch; the recycling of water for environmental benefits in the Aiguamolls de l'Empordà Nature Preserve and in the streams of Tossa de Mar and Ridaura; the proposed recharge of aquifers to prevent seawater intrusion in the Baix Tordera; and finally a whole array of different uses for water in urban areas, ranging from the cleaning of streets and waste bins to the watering of parks and gardens, through to water which is used in anti-incendiary deposits in the region's mountain areas. This entire range of uses for recycled water is an everyday reality on the Costa Brava, especially surprising and appreciated particularly during dry periods.

20 years of recycling being seen as a tool for the progressive improvement of water cycle management at local level. A tool with multiple uses. Uses such as producing recycled water in order to meet demands which could not otherwise be met, as well as for optimising the environmental management of typical Mediterranean coastal area, purifying urban wastewaters and using their nutrients in an efficient way. A tool for using these nutrients in agriculture wherever they are needed and for substituting mineral fertilizers, or rather reducing them as much as possible wherever their use is not suitable for hydrogeological reasons or due to risk of eutrophication. And, as always, all this is met using the most advanced techniques to avoid unwanted and unnecessary health risks.

20 years of planning recycling at local level. A level -and an idea of recycling- which calls for an in depth knowledge of the local area. A knowledge that is gained by combing the area inch by inch. By walking through streets and squares, by crossing valleys and following rivers, by

getting muddy in the wetlands and sunning yourself in the dry lands, by putting up with the harsh north wind and enjoying the calmer, more relaxed conditions, by watching birds, mammals, fish, reptiles and plants, and also seeing how new constructions change the landscape –and oh they do!-. By talking with local institutions, associations, irrigation communities, local people, municipal technicians, town councillors and mayors, to learn things from all of them. And by learning as well through the daily practice of recycling.

20 years of progressive improvements. Getting things wrong from time to time and putting them right again. Asking ourselves with every new recycling project if the outcome will be an improvement on the current situation and if our users will come out of it better off than before, without ever forgetting -of course- the environmental risks and benefits. In this way we are advancing the recycling process, by fully analysing every single case and putting it in its local context. In other words, by only recycling when it solves problems and not when it creates them. This includes economic problems too.

20 years of recycling has allowed us to get to know the most relevant personalities in the field on a worldwide scale, and to form great institutional and personal relations with them all. These 20 years have also allowed us to make the work of the Consorci de la Costa Brava in the area of recycling known across the world. I can't continue without mentioning a few people to whom we wish to express recognition and appreciation. People such as Takashi Asano, who was present at the first and second conferences, and who in 2001 was awarded with the Stockholm Water Prize in recognition of his continued work in favour of planned water recycling; Pedro Arrojo, present at the conference in 1998, Goldman Environmental Prize winner in 2003 and President of the Fundación Nueva Cultura del Agua; Rafael Mujeriego, a man always ready to help Consorci de la Costa Brava, President of the Water Reuse Group of the IWA from 1995 to 2000, and also President, since 2002, of the Consell per l'Ús Sostenible de l'Aigua a Catalunya. Other people I'd like to mention are Ramon Folch, Miquel Salgot, Joan Gaya, Manuel Suarez, James Crook and Marcelo Juanicó, all of them renowned professionals. And many other people, to whom I feel I must ask for forgiveness for not having cited them here. And how can we not mention Lluís Sala, the very soul of recycling at the Consorci de la Costa Brava and unrelenting secretary of the Water Reuse Group of the IWA for eight years (1995-2003). This specialist group, of international scale, held the 1st International Symposium right here in Castell-Platja d'Aro in 1991, a year which brings back great memories. A first international symposium which started on the Costa Brava and has since held successive sessions in Crete (1995), Paris (2000), Mexico (2003) and South Korea (2005). It is an honour for the Consorci de la Costa Brava to have been able to take part in the initiation of a specialist recycling group within the IWA and to see how it has strengthened over the course of time.

And, last but not least, a contribution to a new way of thinking about water, where reuse, saving, demand management and public participation are the fundamental principles. Fundamental principles orientated towards the sustainability of water policy. These shared principles which are put in to practice on a daily basis, together with the definite benefits of devolution, are, each and every one of them, necessary to guarantee a new improved management of the entire water cycle, from within the region and for the region itself.

Manel Serra
Manager of the Consorci de la Costa Brava
October 2005

PONÈNCIES

Jornades Tècniques: La integració de l'aigua regenerada en la gestió dels recursos
Jornadas Técnicas: La integración del agua regenerada en la gestión de los recursos
Technical Workshop: The integration of reclaimed water in water resource management
Lloret de Mar, Costa Brava, Girona, Octubre 2005

WATER REUSE IN THE NORTHERN MEDITERRANEAN

Marcelo Juanicó[1], Miquel Salgot[2]

[1] Juanicó - Environmental Consultants Ltd.
Israel
E-mail: juanico@juanico.co.il

[2] Institut de l'Aigua de la Universitat de Barcelona
Unitat d'Edafologia, Facultat de Farmàcia
Joan XXIII s/n
08028 Barcelona
E-mail: salgot@ub.edu

INTRODUCTION

Northern Mediterranean countries fulfil all the conditions to perform massive water reuse:

- Water scarcity
- Increasing water demand
- Seasonal water demand
- Large quantities of sewage treated to relatively high standards
- A policy for protection of the environment requiring decreasing discharge of effluents to rivers and sea
- The technological, institutional and financial resources to develop massive water reuse under controlled conditions.

Thus, the potential for reuse of treated wastewater in the region is huge. Most countries are in different stages of developing official policies on the issue, some of them with specific plans for the next decade. Spain and Italy are expected to have the most conspicuous developments at short-term. The adoption of long-waited regulations for reuse in the urban sector will boost urban reuse; thus, agriculture is not expected to be the sole consumer of treated effluents in the future. In-factory water recycling will probably continue to increase in the industrial sector. Groundwater recharge could also become important, especially against seawater intrusion.

Climate

Temperate-rainy winters and hot-dry summers characterize the Northern Mediterranean basin; agriculture, parks, gardens and artificial landscapes require summer irrigation. Precipitations are above 800-1000 mm/y in the Northern areas of European countries while dropping to below 300-500 in the Southern areas of Portugal, Spain, Italy, Greece and Israel. Besides, precipitations have a high annual variation with frequent droughts in the driest areas.

Water resources

Water scarcity is a constraint shared by most countries in the region. Some countries have water resources below the chronic water scarcity level estimated at 1500 m^3/inhabitant.year. Other (e.g. Greece, Turkey, France, Italy and Portugal) have enough water resources at a national level, but long distances and/or topography create serious regional or local problems of water scarcity. Finally, some countries (e.g. Cyprus) seem to have enough water only on theoretical terms while actual exploitation capacity is much lower. Water availability is also threatened by the influx of about 150 million tourists to the Mediterranean coast each summer. The situation will worsen even more in the future due to population growth, further tourism development and increasing living standards. Spain, Malta, Cyprus and Israel have lately lunched massive seawater desalination programs and other countries will probably implement similar plans.

One approach to evaluate water scarcity is the WSI – Water Stress Index: the ratio between the annual water withdrawals and the available renewable water resources. It is supposed that when WSI exceeds 20% water management starts to become stressed: complicated and expensive. According to Fig. 1, half of the Northern Mediterranean countries are suffering water stress at national level (and most of them have specific areas with high WSI).

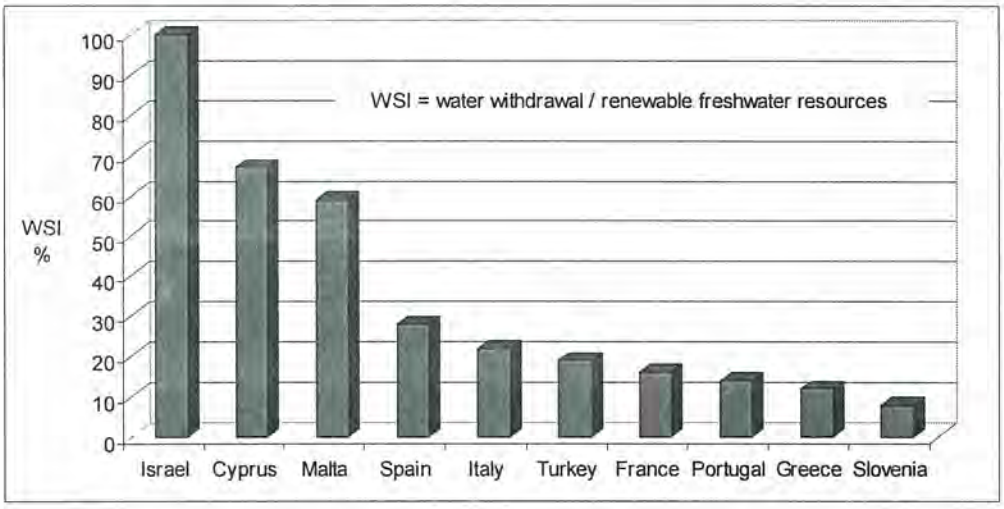


Figure 1. Water stress index at national level in Northern Mediterranean countries (differences within a country may lead to local problems of water stress). A WSI above 20 % points out the need for comprehensive water management efforts. Source: Modified from AQUAREC (2005) plus updates and additions.

Another approach to evaluate water scarcity is to divide renewable water resources by the population. It is supposed that a value of 1500 m^3/inh.year indicates a level of chronic water scarcity. Table 1 indicates that, according to this ratio, at least three countries (Cyprus, Israel

and Malta) suffer from chronic water scarcity. Again, the calculations at the national level hide water scarcity problems at specific locations within the countries.

Regulations

Cyprus, Israel and Italy have regulations following the "California school", while Andalusia, Catalonia and Balearic Islands have regulations following the "WHO school". Albania, ex-Yugoslavia countries, Greece, Malta, Portugal, Spain and Turkey have not regulations yet. In Cyprus, Portugal and Spain, regulations are being developed or reviewed. New guidelines for the whole Mediterranean basin have been recently drafted with the aim to overcome the discrepancies between regulations in the region; the draft is presently being discussed. So far, there are no supra-national guidelines on water reuse in Europe.

Table 1. Water resources and reuse in Northern Mediterranean countries.

Country	Area[a] km^2	Renewable freshwater resources[b] MCM/year	Freshwater availability				Wastewater reuse	
			2003		2025 (1994 UN Forecasting)			
			Population, thousands	Availability m^3/inh.year (sorting column)	Population, thousands	Availability m^3/inh.year	2002 ± 3 MCM/year	Amounts planned to reach during next decade MCM/year
Malta	320	30	400	75	420	70	4	9
Israel	20,300	2,000	6,100	330	7,800	260	280	380
Cyprus	9,250	(300?) 900	772	(390?) 1,170	930	(320?) 890	25	30
Italy	300,000	85,000	57,000	1,500	52,000	1,600	45	250
Level of chronic scarcity				1,500				
Spain	500,000	111,000	40,220	2,760	37,570	3,500	(?) 300	1,200
Turkey	771,000	203,000 110,000 feasible	68,110	2,980 1,740 feasible	90,900	1,910	50	no data found
France	544,000	150,000	44,800	3,300	45,000	3,300	negligible	no plans set
Albania	27,400	21,000	3,580	5,870	4,670	3,990	6-7	no plans set
Greece	131,000	69,000	10,670	6,470	9,970	6,970	> 10	> 15
Portugal	92,000	66,000	10,100	6,530	9,680	7,220	not clear	> 20
ExYugosl.[c]	255,000	265,000	22,470	11,800	24,600	10,840	negligible	no plans set
Total	**2,320,400**	**884,000**	**199,950**		**222,390**		**> 700**	**~ 2,000**

(a) Land area: does not include territorial sea waters
(b) MCM: million cubic meters. It does not include seawater desalination or water imports
(c) No specific data available yet on the new countries formed from Ex – Yugoslavia

WASTEWATER REUSE PRACTICE

Today

In most Northern Mediterranean countries, 70 - 80% of water demand goes to agricultural and landscape irrigation. Thus, wastewater agricultural irrigation became a common practice even without appropriate treatment. With the exception of Albania and Ex-Yugoslavia countries, wastewater is reused at different extents all over the region. However, only Cyprus and Israel have developed an official policy defining treated wastewater as an integral part of their water resources. Much effort has been made in reporting large projects above 5 MCM/year, but there exist thousands of unreported small projects below 0.1 MCM/y (many of them artisanal) generating an important social, economical and environmental and health impact. Urban and golf courses irrigation is also an increasing practice. Industrial in-factory water recycle is

growing due to increasing costs for supplied water and wastewater treatment; some industrial parks have reduced their water consumption to a half during the last decade.

Future perspectives

The potential for reuse of treated wastewater in the region is huge. Most countries are in different stages of developing official policies on the issue, some of them with specific plans for the next decade. Spain and Italy are expected to have the most conspicuous developments at short-term. The adoption of long-waited regulations for urban reuse will boost the reuse of treated wastewater in this sector; thus, agriculture is not expected to be the almost sole consumer of treated effluents in the future.

However, wastewater reuse implementation is facing obstacles and delays mainly due to lack of clear policies defining treated wastewater as part of the water resources of the countries, legal and institutional frameworks for the implementation of reuse projects, proper training to farmers and information to public, and multi-national standards. A problem observed in some countries (e.g., France, Italy and Spain) is that while water scarcity and potential for water reuse are much more conspicuous in the Southern areas of the countries (e.g., Provence, Sicilia, Andalusia) the water reuse policy and regulations are developed, approved and controlled by a central administration located far away (Paris, Rome, Madrid) and generally disconnected from the scenarios where the policy and regulations will apply.

Water stress in the Northern Mediterranean imposes a whole family of innovations in the water sector. Water reuse is only one of the elements of this family:

- Maximum exploitation of conventional water resources
- Strict water saving policy and practice
- In-factory water recycling
- Exploitation of non-conventional water resources: e.g., brackish and fossil waters
- Full integration of treated effluents to the water resources
- Desalination of sea and brackish water
- Allocation of water resources for the recovery and preservation of natural aquatic habitats: rivers, lakes, wetlands, etc.

The lack of coordination between the different agencies that traditionally regulate the water sector is a common problem, both vertically (different stages of the water cycle) and horizontally (health, agriculture, industry, municipalities, environment, etc.). It seems that the old structure of the water sector is not made to match the challenges of the sophisticated management required by the above quoted family of innovations.

COUNTRY INFORMATION

Italy

Water reuse in Italy has been recently reviewed by Barbagallo et al. (in press). The herein presented summary is based on that work by the Italian colleagues.

Water resources

Although water resources are large in theory, the usable amount of water is estimated to be limited to 85,000 MCM/y while existing infrastructure allows the use of only 55,000 MCM/y (Barbagallo et al., op. cit.). This figure locates Italy as a whole in the limit of chronic water

scarcity: 1500 m^3/inh.year. Precipitations are evenly distributed in space and according to population (Table 2) but Southern Italy and main Islands suffer much serious water scarcity due to their warmer and drier climate, unevenly distribution of the precipitations during the year (short rainy winters) and frequent droughts.

Table 2. Distribution of area, population, precipitations and water resources in Italy (data from Barbagallo *et al.*, *op. cit.*)

Region	Area	Population	Precipitations	Usable water resources
North	40 %	45 %	40 %	53 %
Central	24 %	22 %	24 %	40 %
South	19 %	22 %	24 %	
Main Islands	17 %	11 %	12 %	7 %

Table 3. Quality requirements for wastewater irrigation in Italy, approved in 2003.

Parameter	Standard	Parameter	Standard
pH	6.0 ÷ 9.5	Vanadium [mg V/l]	0.1
SAR	10.0	Zinc [mg Zn/l]	0.5
Coarse solids	absent	Cyanides [mg CN/l]	0.05
TSS [mg/l]	10.0	Sulphides [mg H_2S/l]	0.5
BOD_5 [mg/l]	20.0	Sulphites [mg SO_3/l]	0.5
COD [mg/l]	100.0	Sulphates [mg SO_4/l]	500
Phosphorus [mg P/l] (total)	2.0	Chlorine residual [mg/l]	0.2
Total Nitrogen [mg N/l]	15.0	Chlorides [mg Cl/l]	250
Ammonia [mg NH_4/l]	2.0	Fluorides [mg F/l]	1.5
EC_W [□S/cm]	3,000	Oils & fats [mg/l]	10.0
Aluminium [mg Al/l]	1.0	Mineral oils [mg/l]	0.05
Arsenic [mg As/l]	0.02	Phenols [mg/l] (total)	0,1
Barium [mg Ba/l]	10.0	Pentachlorophenol [mg/l]	0.003
Boron [mg B/l]	1.0	Aldehydes [mg/l] (total)	0.5
Cadmium [mg Cd/l]	0.005	Tetra/tricloro-ethylene [mg/l]	0.01
Cobalt [mg Co/l]	0.05	Chlorinated solvents [mg/l]	0.04
Chromium [mg Cr/l] (total)	0.1	TTHM [mg/l]	0.03
Chrom. hexavalent [mg Cr/l)	0.005	Aromatic solvents [mg/l]	0.001
Iron [mg Fe/l]	2.0	Benzene [mg/l]	0.01
Manganese [mg Mn/l]	0.2	Benzo(a)pyrene [mg/l]	0.00001
Mercury [mg Hg/l]	0.001	Org. N solvents [mg/l]	0.01
Nickel [mg Ni/l]	0.2	Surfactants [mg/l] (total)	0.5
Lead [mg Pb/l]	0.1	Chlorinated biocides [mg/l]	0.0001
Copper [mg Cu/l]	1.0	Phosphorated pesticides [mg/l]	0.00001^
Selenium [mg Se/l]	0.01	Other pesticides [mg/l] (total)	0.05
Tin [mg Sn/l]	3.0	*E. coli* [UFC /100/ ml] (80% of samples)	10
		Constructed wetlands	*50*
		Stabilisation ponds	*100*
Thallium [mg Tl/l]	0.001	*Salmonellae* [UFC /100 ml]	absent

Management of water resources

Water resources are public property and regulated by the state that owns most water distribution systems. Water for agricultural irrigation is usually not metered and farmers pay water according to the irrigated surface (e.g. 100 €/ha.year in Consorzio Villoresi – Northern Italy). It is planned that treated effluents for irrigation will be metered and paid by m^3. The water sector was fragmented into thousands of different poorly coordinated agencies causing inadequacy, inefficiency and high costs. The "Galli" law of 1994 "erased" the municipal limits and unified the fragmented water sector into Optimum Territorial Areas, but this reform is still being implemented.

Table 4. Main reuse projects in Italy (data from Barbagallo *et al.* ,*op. cit.*) .

Place	Project
Valle d'Aosta	In construction. Landscape irrigation and fire protection. 150,000 hab. equivalent
Alto Adige	Planned. 2,500 hab. equivalent
Friuli-Venezia	In construction. Industrial reuse.
Lombardia	In construction. Industrial reuse.
Veneto	Planned. Industrial reuse: 50,000 m^3/d Irrigation: 6000 m^3/d
Basso Rubicone Emilia-Romagna	Running. Orchads irrigation (400 ha)
Toscana, Prato	Running. Industrial reuse. 15,000 m^3/d
Toscana, Piombino	Running. Industrial reuse. 10,000 m^3/d
Toscana, Pistoia	Pilot. Irrigation.
Campania, Sarno	Planned. Irrigation.
Puglia	Starting by 2004-2005 ?. Irrigation. 250,000 m^3/d
Sicilia, Grammichele	Running. Citrus irrigation. 1,550 m^3/d.
Sicilia, San Michele	Running. Olive trees irrigation. 1000 m^3/d
Sicilia, Palermo and Gela	In construction. Irrigation. 30,000 m^3/d
Sicilia, Catania	Feasibility. Irrigation. 110,000 m^3/d
Sardegna, Is Arenas	Running. Irrigation. 95,000 m^3/d
Sardegna, Villasimius	In construction. Irrigation. 3000 m^3/d

Sewage treatment

Most existing sewage treatment plants are based on activated sludge, but some new ones are based on submerged aerobic filters. About 10-15% of the existing plants perform "tertiary" treatment: i.e., nutrient removal, according to EU urban wastewater Directive. About 80% of the treatment plants discharge to rivers and 3-4% to sea and lakes. The remaining wastewater is discharged to undefined places (that may include reuse).

Regulations

A new set of standards for water reuse in irrigation was promulgated in June 12th, 2003 (Ministry Decree, D.M. n. 185/03) (Table 3). Barbagallo et al. (op. cit.) criticize the standard noting that it addresses 54 parameters, 11 of them with the same values required by the drinking water standard, 20 of them not addressed by the drinking water standard, "and some other parameters (for instance biocides and pesticides) are difficult to be explained in an agricultural environment".

Table 5. Representative reuse projects for irrigation in southern Italy (1998 survey, data taken from Barbagallo *et al., op. cit.*). C: citrus trees; Ch: cherry trees; Fr: fruit orchards; F: fodder; G: greenhouses; O: olive trees; P: pasture; V: vineyards; Vg: vegetables.

Region	Site	Wastewater [MCM / y]	Irrigable area (Ha)	Main crops	Construction cost (10^3 €)
SICILIA	Caltagirone	2.5	500	C	1,945
	Catania	47.9	9,600	C	3,113
	Enna	1.5	290	O V	0,840
	Mineo	0.5	100	C O	1,421
	S.M. di Ganzaria	0.3	150	O	930
	Vittoria	6.1	1,500	C G	5,188
SARDEGNA	Dorgali	0.57	162	V O	1,348
	Rio Posada	0.66	270	F V	4,791
	Sassari	29.1	7,000	Various	16,006
	Tortoli	9.5	2,000	Various	2,971
PUGLIA	Conversano	2	477	O Fr	13,489
	Lecce	11.1	2,450	W P	20,753
	Martina Franca	5.8	2,086	O Ch F V Vg	10,579
	Putignano	3.9	1,000	O Ch F	8,892
	Tricase	2.2	300	Fr P	4,929

France

Water resources

Waste resources are estimated as 3,300 m^3/capita.yr (World Resources 2000-2001) well above the stress level. Nevertheless, during the last ten years there has been a 20 % increase in water demand (mainly for agriculture and resort areas) coupled with a series of drought years. In more than one-third of the country, water tables are falling as the autumn and winter rains are no longer making up for the amounts drawn off in spring and summer, situation that forced authorities to impose restrictions to water use (Angelakis et al., 2000; US-EPA, 2004).

Sewage treatment

France treats about 4000 MCM of sewage per year. There are more than 10 MBR projects where industrial wastewater is treated for reuse (Angelakis et al., 2005). Disinfection is accomplished either by chlorine or UV, with a current trend towards UV. Several research projects and demonstration studies are underway addressing treatment technologies, water quality, and integrated water management. These studies include research on pharmaceuticals and personal care products in reclaimed water used for potable purposes, cost-effective technologies for agricultural reuse, MBR treatment, sustainable water management, and desalination of groundwater (Crook et al., 2005).

Regulations

The country's regulatory framework (Circular n° 51 of July 22, 1991, of the Ministry of Health) is based on the WHO guidelines (1989), but it is more stringent having additional requirements concerning irrigation management, timing, distance and other measures for preventing health risks related to human exposure and negative environmental impacts. For example, in the case of spray irrigation, a 100 m distance must be respected beyond the reach of the spraying system for residences, sport and leisure areas and motorway toll gates. In addition, to the above microbiological standards the document requires: (a) guarantees that

the aquifer will not be contaminated; (b) knowledge of the treated wastewater effluent quality and fertilising capacity; (c) trained operation and control personnel (Lazarova et al., 2000, US-EPA, 2004).

A government decree of 1994 provides the basis for water reuse rules in France. First, it clearly states that treated effluents can be used for agricultural purposes only if this is conducted without any risk for the environment or the public. Second, wastewater treatment requirements, irrigation modalities, and monitoring programs must be defined according to recommendations from the Conseil Supérieur d' Hygiene Publique de France(CSHPF), and the Interministerial Water Mission through ordinance of the Ministry of Health, the Ministry of Environment, and the Ministry of Agriculture. Third, the approval of a wastewater reuse project still depends on the approval of the local representative of the Ministry of Health (Lazarova et al., 2000).

These rules and regulations should allow wastewater reuse projects to become part of France water resource management policy. Yet, local French sanitary authorities impose very strict controls on wastewater reuse projects. The water quality required for these projects is often more stringent than the required by the regulations approved by the CSHPF, and even more stringent than California Title 22 in the case of some urban applications (grey water recycling, for example). In addition, the heavy administrative procedures required for the approval of any water reuse project has slowed down the emergence of water reuse in France (Lazarova et al., 2000).

New water reuse guidelines are under preparation. They may introduce some new parameters for unrestricted irrigation (i.e., *Salmonella*, *Taenia* eggs and viruses).

Reuse practice

France has irrigated crops with wastewater for more than a century, in particular around Paris. Until 1940, it was the only method of treating and disposing wastewater of the Greater Paris conurbation. This practice is still going on in the Achères region, where some of the wastewater is used after screening and settling, but is likely to be discontinued soon.

Interest in water reuse rose again in the early 1990s for several reasons:

- The development of intensive irrigated farming (such as maize), in particular South-western France and the Paris region
- The fall of water tables after several recent severe droughts which have paradoxically affected the regions traditionally considered to be the wettest (Western and North-western France)
- Pollution control in recreational and shellfish farming areas along the Atlantic coast
- Industrial in-factory reuse by MBR technology allow for less water consumption and effluent discharge (more than 10 projects in France)

Potable unplanned indirect reuse is common in France, where surface water diluted with wastewater is used for potable supply. An example is Aubergenville, in the Paris region, where the Seine River, which is 25 percent wastewater effluent, is treated and used to recharge the drinking water aquifer.

Presently, there are at least 30 water reuse projects in France, half of which use reclaimed water for agricultural irrigation covering more than 3000 ha; the other 15 projects use

reclaimed water for golf courses and urban area irrigation (Angelakis et al., 2003, 2005, US-EPA, 2004).

The Clermont-Ferrand recycling scheme implemented in 1999, where 10,000 m^3/d of effluents treated by activated sludge followed by maturation ponds, are used for irrigation of over 700 ha of maize, is today considered to be one of the largest projects in Europe.

One of the first examples in France of integrated water management with water reuse is on Noirmoutier Island. The lack of water resources, the 10-fold increase in tourist population during the summer and the intensive agricultural activities required water reuse. Wastewater treatment on the island is achieved through two treatment plants with a total capacity of 6,100 m3/d. The plants have activated sludge systems followed by maturation ponds for storage and disinfection. Thirty percent of the treated wastewater (0.33 MCM/yr) is used for the irrigation of 500 ha of vegetable crops. There are plans to reuse 100 percent of the wastewater flow in the near future (US-EPA, 2004).

Spain

Spain can be divided into humid and arid areas. The humid Atlantic basins do not have water scarcity problems, while the Mediterranean basins, mainly arid or semiarid, are suffering structural or occasional water scarcity. The main archipelagos (Balearic and Canary islands) also suffer from water scarcity.

In the Mediterranean basins, periodic droughts or excess demand are unbalancing the water distribution among agriculture, industry, ecology, recreational activities and urban needs. Because the development of the country has been linked in an important extent to tourism activities, including different aspects as mass and golf tourism, water demands increased accordingly. Peak demands for agriculture, tourism and leisure coincide with the dry season, the summertime, when a strong pressure is exerted on existing resources. The problem has been managed until now by overexploiting groundwater resources or fully diverting surface waters. Several water transport infrastructures have been created, increasing water holding capacity through dams or reallocating resources diverting rivers into neighbouring basins.

Nevertheless, such solutions reached a limit during the nineties, because of the lack of resources to be diverted, increasing demands (resident population increase, tourism, agriculture, and industry), heavy droughts and bad distribution systems. Several islands needed to develop new resources desalting sea and brackish water using RO or EDR. Numerous attempts of developing a National Hydrologic Plan did not succeed and at present, some solutions based on river flows diversion, which include national rivers and the extension of the Rhône river water carrier from Montpellier (France) to Barcelona, have been discarded while an increase of seawater desalination, reclaimed water reuse and other minor issues are under consideration and planning.

Planned wastewater recycling and reuse is now being publicized as being part of the possible solutions, although the translation into the common practice is still not applied. Unplanned reuse used to be a classical solution for arid and semi-arid areas all around the Spanish Mediterranean coastline. There are several causes for this illegal practice. Perhaps, one of the most important is the lack of reuse regulation at state level. In Spain, the Government issued fourteen years ago one Law and one Decree where wastewater reuse was indicated as a possibility and a minimal statement appeared, indicating the need for an administrative concession and a compulsory report of the Health Authorities. An indication was made that further legal developments would be needed.

Raw sewage has been used for agricultural irrigation, but the efforts to develop wastewater treatment according to EU rules are reducing the amount of available raw sewage and increasing the amount of treated wastewater to be disposed off. Many rivers in the Mediterranean coastline have no running water during the summer due to the lack of rain during these months, except treated or untreated wastewater. If wastewater is reclaimed and reused, some of the rivers will become dry. This circumstance is leading the "Ecologist" (Greens) movements to ask for wastewater not being diverted. This will lead to problems when trying to reuse wastewater in the inner parts of the country. Conversely, the major opinion is that wastewater reuse all along the coastlines is a good solution and needs to be promoted (Salgot, 2002).

Spain is presently reusing about 300 million m^3/y of wastewater. The main approved uses are agriculture and golf courses irrigation, and secondarily groundwater recharge and industrial reuse. There is also a strong pressure for discharging treated wastewater into rivers, but after advanced treatment in order to improve running water quality. Recycling systems are today relying on tertiary classical technologies (coagulation-filtration plus disinfection) and extensive natural technologies (wetlands, lagooning and infiltration-percolation). Mostly used disinfection technologies are UV and chlorination. The areas where recycling and reuse are most operative at present are Balearic Islands (golf courses, urban parks and groundwater recharge), Canary Islands (golf courses and agriculture) and the entire Mediterranean coastline (agriculture, golf courses and leisure activities other than golf) and Vitoria in the Basque country where municipal wastewater is reclaimed and reused for agricultural purposes.

The water suppliers become increasingly concerned with the business opportunity that the reclamation and reuse of wastewater is opening. Several companies and administrations support research and development (R&D) activities in collaboration with the Universities, and a number of experimental recycling facilities are already operative. AEAS (the Spanish chapter of EUREAU, the association of water and wastewater treatment companies) is also supporting innovation on theoretical and control tools to improve reclaimed water quality. University research groups on wastewater reuse are spread all around the Mediterranean basin and are mainly working on wastewater tertiary treatments (advanced treatments in Catalonia, natural treatments in Andalusia, Catalonia, Murcia, and Valencia) and rules and regulations in Catalonia and Andalusia.

There is a bright future for wastewater reuse in Spain, but at present it is compromised owing to the fact that while new projects are proposed, a lot of difficulties arise due to the lack of a more complete legal definition. In Spain there is a strong tendency to decentralize the Administration and give more power to the "Autonomous Governments" (Regional Governments). The decisions and permissions for wastewater reuse are given now in a case per case basis, depending on the Regional Administrations.

Since it is difficult to get such approvals without having definite legal health regulations, several Regional Health Authorities have decided to develop their own guidelines for wastewater reuse for irrigation. By 2005, three guidelines (Balearic Islands, Catalonia, and Andalusia) are operative. Draft guidelines for the Spanish national regulation were proposed in 1996, taking an approach more similar to the California standards than to the WHO guidelines. However, this draft was never approved and the present trend is not to adapt the Californian criteria (Salgot, 2002). So far, a new "White Book" on water was prepared and published in 1998, incorporating wastewater reuse into the recognized available water resources. On that basis, a group of experts jointed by the Ministry of Environment elaborated

a proposal of minimal criteria (physical-chemical and microbiological) for wastewater reuse, criteria that follow the WHO guidelines (Angelakis et al., 2001). It was submitted to the Government for approval. By 2005 this minimal criteria have not been approved yet and a revision was undertaken to adapt the draft to new findings in wastewater reclamation and reuse. The main present idea is to define 5 water qualities for different uses.

Israel

Israel is one of the countries with most intensive water reuse (Juanicó, *in press*)

Israel has performed massive reuse of effluents for agricultural irrigation since the early seventies and is presently reusing almost 75% of all the sewage produced in the country. It is using all of its conventional water resources and water shortage is a chronic problem. Sewage is defined by law as an integral part of the water resources of the country.

The numerous reuse projects in the country are not similar, with differences in size, technology, irrigated crops, etc. This diversity is positive.

Part of the success of the wastewater reuse practice in Israel is due to the capacity of the well organized and informed farmers to adapt quickly to the switch from water to wastewater.

Early regulations adopted an approach of "different qualities for different crops" with single poor level of environmental protection. Recently approved (2005) new regulations switch to a single high standard for "unrestricted irrigation" and address sustainable environmental protection.

Salination is one of the sustainability related problems of long-term massive water reuse. The country has implemented several measures to reduce the concentration of salts and Boron in municipal sewage.

Cyprus

Cyprus has developed an official policy defining treated wastewater as an integral part of their water resources.

Water resources

The average annual precipitation, including snowfall, amounts to approximately 500 mm, but during the past thirty years (1973-2003) this amount was reduced to 480 mm (Cyprus Water Development Program, 2005).

Precipitation increases from the south-western windward slopes to the top of the central massif, from less than 450 mm to nearly 1100 mm. On the leeward slopes precipitations decrease to 300 - 350 mm. The potential annual water resources have been estimated in 900 MCM, of which 600 MCM are surface water and 300 MCM are groundwater. However, the water amounts that are presently available are less than 300 MCM per year (MEDAWARE, 2004; Cyprus Water Development Program, 2005).

Cyprus has no rivers with perennial flow while rainfall is highly variable and droughts occur frequently. Since groundwater is reliable, clean and most importantly cheap, water resources development in Cyprus initially focused on groundwater, and until 1970 groundwater was the main source of water for both drinking and irrigation purposes. As a result almost all aquifers

were seriously depleted because of overpumping and seawater intrusion was observed in most of the coastal aquifers. At the same time large quantities of surface water were lost to the sea.

Table 6. Annual Demand by Sector for the Year 2000.

Demand Sector	MCM	Percentage, %
Agriculture	182,4	69
Domestic	67,5	25
Industry	3,5	1
Environment	12,5	5
TOTAL	265,9	100

Source: MEDAWARE (2004)

In order to face the situation, desalination units have been constructed since 1997 aiming at rendering the water supply of the major residential and tourist centres independent of rainfall. Desalination units at present contribute up to 33.5 MCM per year. Water restrictions finished by 2001 (MEDAWARE, 2004; Cyprus Water Development Program, 2005).

Reuse of treated sewage effluent amounts for only about 3 MCM, from which 2 MCM for agriculture and the rest for landscape irrigation (MEDAWARE, 2004)

Management of water resources

All water resources including wastewater belong to the state, but the laws give the right to private individuals to construct wells for ground water abstraction after getting a permit from the District Officer. The Laws also give the right to individuals to form Irrigation Divisions or Associations to construct irrigation works, and to villages and towns to form their own Commissions for constructing their own waterworks for domestic supply, and their own sewage and drainage Boards for the collection, treatment and disposal of sewage effluents. Presently, about 60 % of the annual amount of water for irrigation purposes is provided from Government Irrigation Schemes and the sources of irrigation water are surface water, groundwater and reclaimed water. The water demand in the non-Government schemes is satisfied mainly by groundwater.

The Laws, except in the cases of Irrigation Divisions, Association, Commission and Sewage Boards, do not mention the administrative authority which keeps the water resources inventory, or evaluates, or allocates and controls the use of water. This seems to be a basic setback of the water legislation (MEDAWARE, 2004).

There are three main institutions involved in the production, treatment and reuse of wastewater. The Water Development Department, which is responsible for the implementation of water policy, is responsible of tertiary treatment as well as allocation and distribution to the farm level. The Department of Agriculture is responsible for the training of farmers in all matters related to agricultural production with the use of treated wastewater. It has also the mandate of monitoring the code of practice at farm level. The sewerage boards have the responsibility of operation and maintenance of the main sewer systems (pipes, pumping stations and treatment plants) (Bazza, 2003).

Sewage treatment

The number of Sewage Treatment Plants currently (STPs) in operation is around 30 with a total capacity of about 20 MCM/year (Table 6). These STPs cover the four major greater

urban areas and some large tourist centers (Lefkosia, Lemesos, Larnaka, Pafos and Agia Napa – Paralimni) and part of the rural areas. Centralized sewage networks now serve 12% of the rural population. There is also a large number of small STPs in the hotels. In addition there exists a programme for building such units in 28 large rural centers (having a population of more than 2000) and in sensitive mountain villages by the year 2012. This is in accord with the instructions/principles of the Urban Wastewater Directive 91/271/EEC of the European Union (EU). It is worth noting that all plants have provisions for tertiary treatment (MEDAWARE, 2004).

Regulations

Cyprus regulations regarding wastewater quality for irrigation follow the California school although with some small differences. De facto, most sewage treatment plants are using intensive processes with tertiary treatment.

Table 7. Sewage Effluent Treatment Plants

Name	WW Produced m^3/year	Treatment	Use
Lefkosia Sewage Board	3,650,000	Secondary	Diverted to Pedieos River
Anthoupolis-Lefcosia	127,750 (max 2.56 million)	Secondary	Stored in open Reserv. for evaporation
Larnaca Sewage Board	912500	Tertiary	Landscape Irrigation
Agia Napa – Paralimini	2,500,000	Tertiary	Landscape-Forest
Lemesos Sewage Board	3,000,000	Tertiary	Agriculture-Landscape of Hotels
Pafos Sewage Board	4,895,000	Tertiary	Agriculture
Bathia Gonia	803,000	Tertiary	Agriculture
Dhali-Nisou	182,500	Tertiary	Agriculture
Platres	73,000	Tertiary	Not operating-Agriculture
Carlsberg	146,000	Tertiary	Agriculture
Lefkosia New Hospital	182,500	Tertiary	Not operating-Landscape
Lemesos Hospital	47,450	Tertiary	Landscape
Alassa (new site village)	18,250	Tertiary	Agriculture
Palechori	73,000	Tertiary	Diverted to the River
Apostolos Loucas	25,550	Secondary	Used by The Agr. Res. Instit.
Kofinou	65,700	Secondary	Agriculture
Zenon-Kamares II	109,500	Secondary	Landscape irrigation
Agglisides	365,000	Secondary	Agriculture
Kornos	25,550	Tertiary	Landscape Irrigation
Stavrovouni	25,550	Tertiary	Landscape Irrigation
Agios Ioannis	17,900	Tertiary	Landscape Irrigation
Malounda	7,300	Tertiary	Landscape Irrigation
Klirou	26,300	Tertiary	Landscape Irrigation
Kyperounda	109,500	Tertiary	Agriculture
Troodos	8,800	?	Landscape
TOTAL Maximum	**19,829,850**		

Source: MEDAWARE (2004)

Reuse practice

Recycled domestic water is presently used for the watering of football fields, parks, hotel gardens, landscape, road islands and forestation (1,5 MCM/yr) and for agricultural irrigation, mainly permanent crops (Citrus Olives Vines) and fodder (3,5 MCM/yr). It is estimated that by the year 2012 an amount of approx. 30 MCM of treated sewage effluent will be available for agriculture and landscape irrigation. MEDAWARE (2004)

Cyprus is facing two major obstacles in its continued development: 1) a growing scarcity of water resources in the semi-arid regions of the country and, 2) degradation of water at its beaches. The government has recognized that a water reuse program would address both problems. In addition, it is expected that reclaimed water will provide a reliable alternative resource for irrigation, which draws about 80 percent of the total water demand. The government has recently launched a program of implementation of new sewerage, wastewater treatment and reuse of treated wastewater in two major tourist areas; Limassol in the southern coast and Larnaca and Ayia Napa-Paralimni in the southeastern coast. It is expected that with the completion of these and other central collection and treatment plants in the cities and villages by the year 2012, the volume of treated wastewater will reach 25-30 MCM per year. The reclaimed water will be collected and used for irrigation after tertiary treatment. Since transmission costs will be high, most of the reclaimed water (about 55-60 percent) will most likely be used for urban and tourist resorts irrigation. A reclaimed water supply of about 10 MCM/day is conservatively estimated to be available for agricultural irrigation (Bazza, 2003; US-EPA, 2004).

Treatment plants in villages are considered as a basic instrument for agricultural, social and environmental policy of the country. The government covers 75-100 % of the cost of construction and operation of tertiary treatment plants, as well as the cost of treated wastewater distribution to farmers (Bazza, 2003)

Saline soils in Cyprus are limited. However secondary salinization due to the use of semisaline water for irrigation is common particularly under greenhouse production. To overcome the problem leaching is practiced during the growing season and more substantial leaching before planting (MEDAWARE, 2004).

Turkey

All the information on Turkey has been summarized from MEDAWARE (2004).

Water resources and demand

Although Turkey is situated in a large Mediterranean geographical location where climatic conditions are quite temperate, the diverse nature of landscape and in particular the existence of the mountains that run parallel to the coasts result in drastic regional differences in climatic conditions. While the coastal areas bear relatively mild climates, the inland Anatolian plateau has a continental climate with hot, dry summers and long lasting, cold winters with limited rainfall.

The average annual precipitation is 643 mm. Annual precipitation in the Aegean and Mediterranean coasts varies from 580 to 1300 mm, depending on location. The Black Sea coast receives the highest amount of rainfall (up to 2200 mm) and its eastern part is the only region of Turkey that receives rainfall throughout the whole year. The central dry area has precipitations of less than 400 mm per year.

Nominal renewable water resources have been estimated in 200,000 – 230,000 MCM per year, but the technically and economically usable surface and ground water potential would be limited to 110,000 MCM.

Present population is 78 million inhabitants and total annual water withdrawal is 42,000 MCM for the whole country (2000 data). Turkey has enough water at the national level, but

the large territory and irregular distribution of rains in space and during the year create numerous problems of local water scarcity.

Table 8. Water demand in Turkey by sectors.

Year	Demand (10^6 m^3)	Sectoral Consumption		
		Domestic (MCM)	Irrigation (MCM)	Industrial (MCM)
1990	30.600	5.141	22.016	3.443
1992	31.600	5.195	22.939	3.466
1995	33.500	5.300	24.700	3.500
2000	42.000	6.400	31.500	4.100
2002	38.900	5.700	29.200	4.000

The SHW (General Directorate of State Hydraulic Works) has constructed a total area of 2,296,350 ha for irrigation, of which 10 % is operated by SHW himself and 70% by other end-user organizations (irrigation associations, village authorities, municipalities, etc.). The remaining 20% is not actually operational due to different problems.

Sewage treatment

Till late 1990's, the National Bank of Provinces has been in charge of funding wastewater treatment plants within the framework of annual investment programmes according to instructions of the related municipalities. Those constructed plants were then transferred to the municipalities for operation. However, nowadays many associations (such as Greater Metropolitan Municipalities, Water and Sewerage Administrations, The Ministry of Tourism, Southeast Anatolian Project (SAP) Administration, The General Directorate of Special Protection Areas, and General Directorate of Massive Housing) deal with the investment of wastewater treatment plants. The Greater Metropolitan Municipalities especially those with high urban populations prefer to solve their wastewater treatment problems by utilizing foreign credits and by managing the investment period.

Between the years 1970-1980, 11 wastewater treatments plants were installed and operated by the Bank of Provinces (BoP). This number increased in the following years: 60 plants in 1980-1990, 82 plants till the end of 1998, and 118 plants till the end of 2001.

By 2001, a total number of 118 wastewater treatment plants were in operation with a total annual capacity of 2,550 MCM, but the actual amount of treated effluents was only 1,245 MCM which accounts to 50% of the total treatment capacity. 38% (468 MCM) of the treated effluents receive physical treatment, whereas 50% (618 MCM) receive biological treatment and 12% (159 MCM) advanced treatment.

The most common wastewater treatment type is the extended aeration of activated sludge system. Package units are popular in villages with a population < 1000. Secondary effluents are usually disinfected by the addition of chlorine.

Regulations

Turkey has not yet approved regulations on water reuse.

Reuse practice

Irrigation with wastewater has been estimated in 50 MCM/y in 2000. But the country has not a reuse policy and agricultural irrigation with wastewater is not conducted offically.

Wastewater agricultural irrigation is widely spread in South East Anatolia, mainly for the irrigation of vegetables. For example, in Siverek, located in South East Anatolia, domestic wastewater discharged into streams is being reused for agricultural applications on cotton, wheat and various vegetables including eggplants, peppers, tomatos, cabbage, carrots and spinach. The total area irrigated with wastewater is 165 ha and the consumption of irrigation water was 1.9 MCM in 2001.

Tourist villages and resorts, especially those along the Aegean and the Mediterranean coasts of the country, are building their own treatment facilities. Shortage of water resources and increased water demand by tourism in summer months forced these tourism centres to reuse their effluents. The major form of reuse is irrigation of gardens and parks.

Because of insufficient sewerage facilities and lack of satisfactory treatment, an enormous amount of domestic wastewater has been discharged into rivers. These discharged wastewater is indirectly used for irrigation. For example, in Trakya, located in North-West Anatolia, 1 560,620 m^3 per year of domestic wastewater are discharged into the river Evros and 9,000 ha of agricultural area are irrigated with water extracted from the polluted river.

Greece

Water resources

Greece has a population of about 11 million inhabitants and renewable freshwater resources are evaluated in about 70,000 MCM per year. Thus, water resources are abundant at the national level and the water stress index is very low. However, Greek geography is "complicated" with hundreds of islands, isolated peninsulas and valleys separated by a mountainous topography. Water scarcity at the local level is a common problem in numerous places within the country.

Water demand has conspicuously increased during the last 50 years due to development, increase in living standards and massive tourism.

Sewage treatment

About 65% of the population is connected to 350 centralised WWTP with a total capacity of over 1.45 MCM per day (~ 530 MCM per year) (Kamizoulis, 2003).

Regulations

No guidelines or criteria for wastewater reclamation and reuse have been yet adopted. A preliminary study is underway on the need for criteria for the reuse of treated wastewater. In this study, six basic categories of reuse (non-potable urban, agriculture, aquaculture industrial, environmental, and groundwater recharge) are considered (Angelakis et al., 2000; Kamizoulis, 2003).

Reuse practice

More than 80% of the treated effluents in Greece are produced in regions with deficient water balance. Thus, wastewater reuse in these areas would satisfy a real water demand. The distribution of treated domestic wastewater effluents in deficient water balance regions, as a function of the average distance from the agricultural land which is available for irrigation, have been analyzed: about 90% of the treated effluents are discharged from WWTP's which are located at a distance of less than 5 km from the available farmland. Therefore, the additional cost for transport to the irrigation fields is low Angelakis et al. (2000).

Presently, only few small reuse projects are actually running, most of them at a pilot level, but over 15 wastewater treatment plants are planning to reuse their effluents for agricultural irrigation. The major ones are listed in Table 9 (Kamizoulis et al., 2003).

Industrial reuse is negligible.

Table 9. WWTPs planning reuse in Greece (from Kamizoulis *et al.*, 2003).

Plant Name	Flow m3/day	Uses
Levadia	3,500	Irrigation of cotton
Amfisa	400	Olive tree irrigation
Palecastro	280	Storage, olive tree Irrigation
Chalkida	13,000	Landscape and Forestry irrigation
Karistos	1,450	Landscape and Forestry irrigation
Ierisos	1,200	Landscape and Forestry irrigation
Agios Konstantinos	200	Landscape and Forestry irrigation

Malta

Water resources

Malta has suffered from acute water stress for decades.

Scarcity of water was already highlighted in a report by Knights of St. John in 1524 *"...except for few springs in the middle of the Island, there was no running water nor even wells, the want of which the inhabitants supplied by cisterns"*. A 16th century Knights decree required that *"...all houses were to have wells for collection of rainwater from roof-tops"* (Pizzuto, 2003).

The islands have a total area of almost 320 km^2 and a population of almost 400,000 inhabitants. Besides, Malta receives more than 1 million tourists per year. The renewable water resources (30 MCM per year of groundwater) hardly cover half of the water demand. Desalination of sea water by reverse osmosis closes the negative water balance.

Sewage treatment

Due to low water consumption per inhabitant, the raw sewage in Malta is strong (BOD_5 = 530 mg/L and SS = 445 mg/L) and has a high salinity (sodium and chloride) due to high levels of these ions in the domestic water supply.

The main sewage treatment plant (Sant Antnin) had a current capacity of 13,000 m^3/day of effluent, but it was increased to 26,000 m^3/d in the mid 1990s. The plant uses an activated sludge process followed by rapid sand filters (9 $m^3/m^2 \cdot h$). The effluent is then disinfected with gaseous chlorine (20 mg/L and contact time 30 min) and pumped into irrigation reservoirs with a free chlorine residual of 2 mg/L (Kamizoulis, 2003; Pizzuto, 2003).

Other three smaller sewage treatment plants are planned by the government (Pizzuto, 2003).

Regulations

There are not yet regulations for water reuse.

Reuse practice

Because agriculture is the main source of income, wastewater is practiced since the late XVII century (Angelakis et al., 1999).

Since 1983, the effluent of the Sant Antnin sewage treatment plant has been used for irrigation. The effluent is used to irrigate 600 ha of crops by furrow and spray irrigation. The effluent quality is suitable for unrestricted irrigation and is used to produce potatoes, tomatoes, broad and runner beans, green pepper, cabbages, cauliflower, lettuce, strawberries, clover, etc.

Despite the high salinity, there are no problems with crops. This is probably associated with high permeability of the calcareous soil. Soil monitoring has shown a salt accumulation in the top soil during the irrigation season followed by leaching to the groundwater with the winter rains (Kamizoulis, 2003).

Industrial reuse is limited to an industrial laundry.

Portugal

Water resources

Portugal has an almost Mediterranean climate with more than 70% of the annual rainfall during half of the year.

Renewable water resources are about 66,000 MCM per year, while water demand is only 12,000 MCM per year. With a population of about 10 million inhabitants, 80% of water demand is for agricultural irrigation (FAO-AQUASTAT, 2003).

Sewage treatment

According to a survey performed in 2000, sewerage coverage is only 55%, with only 36% of sewage receiving treatment (US-EPA, 2004), but this situation is presently changing quickly in order to comply with the requirements of the EU directives.

Regulations

Draft regulations are presently being discussed for approval (Marecos do Monte, personal communication, 2004)

Reuse practice

A survey carried out in 1998 assessed the actual practice of water reuse for irrigation in Portugal and showed that (Marecos de Monte, personal communication, 2004):

- 35 water reuse systems were identified over 27 municipalities out of 305 municipalities
- Most of the cases were of municipal wastewater reuse. Industrial wastewater was reused for irrigation only in 5 cases
- 5 cases out of 35 reused untreated wastewater
- Spray irrigation was the most used irrigation method, followed by drip irrigation, furrow irrigation and truck tanks
- Landscape irrigation was the main application
- Other applications were forage crops, vegetables, fruit trees and sport fields (golf courses and football grounds).

A new large WWTP (460,000 inh.) near Lisbon plans to irrigate 1,000 ha with tertiary treated wastewater. But at least 3 large projects in the area of Lisbon (Beirolas, Frielas, Costa do Estoril) are suffering of delays in their implementation (Marecos do Monte, personal communication, 2004).

Treated wastewater is a potential source of water for irrigation and should soon reach 580 MCM/yr, which is approximately twice as much as today. Even without storage, this amount could be enough to cover about 10% of the water needs for irrigation in a dry year. The use of treated wastewater for irrigation could significantly contribute to the agricultural development in the driest Portuguese provinces (Beja, Evora, Setubal, Lisboa and Santarem). Roughly, between 35,000 and 100,000 ha, depending on storage capacity could be irrigated with recycled water. Interest is also growing for the irrigation of golf courses (Angelakis, 2003), which is now implemented in the South of the country at an important scale.

An important research project on waste water reuse for irrigation was carried out by the Laboratorio Nacional de Engenharia Civil (LNEC) and the Laboratorio Quimico Agricola Rebelo da Silva (LQARS). The main objectives of the project were to assess and compare the effects of irrigation of various types of treated urban waste water versus the same crops irrigated with potable water and given commercial fertilizers, in order to provide experimental data to support the production of Portuguese guidelines for waste water reuse for irrigation. The main conclusions of the study were the following: primary and secondary effluents were found to be suitable for well drained soils and salinity-tolerant crops but unsuitable for sensitive crops; the nitrogen content of both effluents seem to enable the avoidance of the use of commercial fertilizers, as identical yields were obtained for the three treatments (primary and secondary effluents and control potable water); the facultative pond effluent appears to be of higher fertilizing capacity than primary and secondary effluents, since increased yields were obtained comparatively to the water irrigated crops (Angelakis et al., 2000).

ACKNOWLEDGEMENTS

The preparation of this chapter was possible thanks to the valuable collaboration of IWA colleagues around the Mediterranean Basin: Maria H. Marecos do Monte (Portugal), Giuseppe Cirelli and Salvatore Barbagallo (Italy), Lluís Sala (Spain), C. A. Kambanellas and Despo Fata (Cyprus), and Anton Pizzuto (Malta).

REFERENCES

Angelakis A., L. Bontoux, and V. Lazarova (2003) Challenges and prospectives for water recycling and reuse in EU countries. *Water Science and Technology: Water Supply* **3**(4): 59-68.

Angelakis, A., B. Durham, M.H.F. Marecos do Monte, M. Salgot, T. Wintgens, C. Thoeye, and T. Peitchev. 2005. Water Recycling and reuse in Eureau Countries: With Emphasis on Criteria Used. *EU1/2-05-WR-26(1),* draft report dated 16 February 2005.

Angelakis A., M. Marecos do Monte, and T. Asano (2000) Wastewater Reuse Practice in the Mediterranean Region. *In: Advanced Wastewater Treatment and Reuse. Design, Operation and Maintenance. Training material.* EW Leonardo da Vinci Programme, Chapter 9: pp.1-37.

Barbagallo S., Cirelli G. and Nurizzo C. (in press) Wastewater Reclamation and Reuse in Italy.

Bazza, M. (2003) Wastewater recycling and reuse in the Near East Region: experience and issues. *Water Science and Technology: Water Supply* 3(4): 33–50.

Crook J.; Mosher J and Casteine J (2005) – Status and Role of Water Reuse: an International View. *Report to the Global Water Research Coalition*, pre-publication version 3/2005, 133 pp.

Cyprus Water Development Program (2005) Official Website at http://www.moa.gov.cy/wdd/

Fatta D. and I. Skoula (2004) Evaluation of existing situation related to the operation of urban wastewater treatment plants and the effluent disposal practices with emphasis on the reuse in the agricultural production. *In: MEDAWARE program: Development of Tools and Guidelines for the Promotion of the Sustainable Urban Wastewater Treatment and Reuse in the Agricultural Production in the Mediterranean Countries.* Task 2, report March 2004, 126 pp.

Feigin, A., Ravina, I. and Shalhevet, J. (1991) Irrigation with Treated Sewage Effluent. Adv. Ser. Agr. Sci. 17, Springer-Verlag, Berlin.

Friedler, E. and Juanicó, M. (1996) Treatment and storage of wastewater for agricultural irrigation. *Water Irrig. Review* **16**(4), 26-30.

Ganoulis J (2003) Evaluating alternative strategies for wastewater recycling and reuse in the Mediterranean area. *Water Science and Technology: Water Supply* 3(4):11–19

Juanicó, M. and Dor, I. (Eds.) (1999) Reservoirs for Wastewater Storage and Reuse: Ecology, Performance and Engineering Design. Springer-Verlag, Environmental Science Series, Berlin, 394 pp.

Juanicó, M. *(in press)* Israel as a case Study. *In:* B. Jimenez and T. Tasano (Eds.) - Reuse International Survey: Common practices and current needs in the world. IWA Publishers, UK.

Kamizoulis, G.; Bahri A., Brissaud F and Angelakis A. (2003) Wastewater Recycling and Reuse Practices in the Mediterranean Region: recommended guidelines. *MED-REUNET, Case Studies.* www.med-reunet.com

MEDAWARE (2004-Drafts) Development of Tools and Guidelines for the Promotion of the Sustainable Urban Wastewater Treatment and Reuse in the Agricultural Production in the Mediterranean Countries. EU Programe MEDAWARE, Reports Task 1 A to F, and Task 2. Drafts kindly provided by Dr. Despo Fatta from the University of Cyprus.

Nurizzo C. (2003) Reclaimed water reuse in the Mediterranean region: some considerations on water resources, standards and bacterial re-growth phenomena. *Water Sci. Technol.* 3(4):317-324.

Pizzuto A. (2003) Case Study – Sewage Treatment Plant (Malta). Presentation to the Worshop on Integrated management of water resources, Izmir, Turkey, Sep. 2003.

Sala, L. and X. Millet (1997) Aspectos básicos de la reutilización de las aguas residuales regeneradas para el riego de campos de golf. *Consorci Costa Brava Publishers*, 126 pp.

Tsagarakis, K.P., P. Tsoumanis, D. Mara and A.N. Angelakis (2000) Wastewater Treatment and Reuse in Greece: Related Problems and Prospectives. *IWA, Biennial International Conference,* Paris, France.

US-EPA (2004) Guidelines for water reuse. *Report EPA/625/R-04/108*, 450 pp.

Weber, B. and Juanicó, M. (2004) Salt reduction in municipal sewage allocated for reuse: the outcome of a new policy in Israel. *Wat. Sci. Technol.* **50**(2):17–22.

Jornades Tècniques: La integració de l'aigua regenerada en la gestió dels recursos
Jornadas Técnicas: La integración del agua regenerada en la gestión de los recursos
Technical Workshop: The integration of reclaimed water in water resource management
Lloret de Mar, Costa Brava, Girona, Octubre 2005

LA REUTILIZACIÓN EN EL CICLO GLOBAL DEL AGUA: UNA APROXIMACIÓN AL CONCEPTO DE CICLO DE VIDA DE PRODUCTO APLICADO AL AGUA

Antonio Estevan Estevan

Fundación Nueva Cultura del Agua
Partida Alfatares, 252
03760 Ondara (Alacant)
E-mail: aestevan@gea21.com

RESUMEN

La calidad de las aguas regeneradas es la resultante de una cadena de decisiones y actuaciones que comienza en el momento de la extracción de recursos naturales de primer uso y continúa a lo largo de todo el ciclo del agua, hasta las últimas operaciones de reutilización. Si el ciclo del uso del agua se planifica globalmente desde su inicio con vistas a facilitar la reutilización al término del mismo, será posible controlar los procesos de deterioro del agua de modo que su reutilización sea posible con costes limitados y sin pérdida de recursos. Si, por el contrario, se van adoptando decisiones en cada etapa del ciclo del agua sin contar con los efectos que pueden tener en el potencial de reutilización futura, al final se incurrirá en la necesidad de costosos post-tratamientos, en la pérdida de recursos y, eventualmente, en la inviabilidad económica de las operaciones de reutilización. En la presente ponencia se aportan algunas reflexiones en relación con estos aspectos a lo largo de las sucesivas etapas del ciclo del agua, acompañados de algunos ejemplos tomados de ciudades o sistemas de la costa mediterránea española.

Palabras clave: reutilización, salinidad, conductividad, gestión de recursos hídricos, ciclo de vida

INTRODUCCIÓN

La Nueva Cultura del Agua (NCA) preconiza una gestión del ciclo del agua capaz de satisfacer las necesidades de la población (urbanas, industriales, agrícolas) sin dañar los ecosistemas acuáticos. El objetivo principal de la NCA es la mejora de la calidad y el estado de conservación de los ecosistemas acuáticos, en la convicción de que estas mejoras no sólo aportarán beneficios ambientales, sino que también se traducirán en una mejora de la calidad del agua potable y en un aumento de la garantía del abastecimiento de agua.

La Nueva Cultura del Agua descansa sobre un sustrato conceptual netamente ecológico. La visión ecosistémica del mundo físico contempla los fenómenos naturales como flujos cíclicos de materiales y energía que normalmente en la Naturaleza quedan cerrados mediante procesos de reciclaje de los materiales y mediante aportaciones de energía externas a cada sistema natural. Cuando por intervención humana estos ciclos quedan abiertos o alterados, aparece el deterioro ambiental, que se manifiesta en diversas formas de contaminación, agotamiento de recursos u otras situaciones de insostenibilidad.

Este enfoque ecosistémico es plenamente aplicable a los ciclos del agua. Cualquier masa de agua, ya sea terrestre o marina, superficial o subterránea, está ubicada en algún lugar del ciclo natural del agua, y en esa ubicación será potencialmente capaz de ofrecer una utilidad social, ambiental o económica, y de sustentar determinados ecosistemas acuáticos. Las actuaciones o presiones que se realicen sobre esa masa de agua pueden influir en otras etapas del ciclo, modificando el potencial económico o ecológico de las mismas.

Con esta perspectiva, las aguas residuales no pueden ser consideradas y tratadas como un residuo que aparece al final de un proceso lineal de utilización del agua, eventualmente susceptible de reutilización. Las aguas residuales forman parte integrante del ciclo del agua, sin ninguna diferencia conceptual con las aguas de cualquiera de las etapas anteriores. En este sentido merecen la calificación de recurso, y no de residuo, del mismo modo que cualquier otra masa de agua, en cualquier etapa del ciclo, puede ser considerada como un recurso con un determinado potencial de utilidad económica o ecológica.

Por eso, para que las aguas residuales o recursos regenerables sean capaces de ofrecer los mayores beneficios hidrológicos o ambientales posibles, en el diseño de cualquier etapa del ciclo de uso del agua deberán tomarse en consideración los usos posteriores previstos o posibles, incluyendo los usos potenciales de las aguas regenerables. Para obtener de éstas últimas la máxima utilidad deberán ser adoptadas a lo largo de todo el ciclo aquellas medidas que permitan que al término del mismo se obtenga un recurso regenerado plenamente apto para los usos previstos, y todo ello al menor coste posible.

Para alcanzar este objetivo es necesario superar la idea de que la regeneración y la posterior reutilización del agua empiezan en la planta de tratamiento de aguas residuales. En realidad, la reutilización del agua empieza mucho antes, desde el mismo momento en que se extrae el recurso natural que tras ser almacenado, transportado, acondicionado, utilizado y recogido tras su primer uso, dará lugar al recurso regenerable. Con este planteamiento, el diseño y la gestión de las etapas finales de tratamiento y reutilización dependerán en gran medida de las decisiones que se hayan ido adoptando a lo largo de todo el ciclo, y por ello la optimización del sistema de reutilización deberá realizarse para el conjunto del ciclo, con una perspectiva global.

Se entra así en un enfoque de los denominados "de mina a vertedero" o de "ciclo de vida de producto", aplicado en este caso al ciclo del agua. En los análisis de este tipo, que son desde hace años muy comunes en la industria, las exigencias del reciclaje o la reutilización del producto se toman en consideración desde la fase de diseño del mismo hasta el final de su vida útil, pasando por todas las etapas de comercialización, utilización y retirada del producto.

En la presente ponencia se pretende ofrecer una visión general de las implicaciones que un enfoque de ciclo de vida puede tener en la gestión de las diferentes fases que integran el ciclo del agua.

LA GESTIÓN DEL CICLO DEL AGUA CON LA PERSPECTIVA DE LA REUTILIZACIÓN

Como se indicaba en el apartado anterior, para que los recursos regenerables puedan cumplir adecuadamente las funciones que en su momento les serán encomendadas, y puedan hacerlo con mínimos costes económicos y ambientales, es necesario que las aguas reciban un tratamiento adecuado a lo largo de todo su ciclo de utilización, desde la captación y acondicionamiento del agua procedente del medio natural, pasando por las usos del agua que generarán posteriormente los caudales de recurso regenerable, hasta los procesos de tratamiento, transporte y aplicación de las aguas regeneradas.

El ciclo integral del agua se puede descomponer en una serie de fases, para cada una de las cuales es posible formular determinadas consideraciones o recomendaciones que podrán favorecer en su momento las condiciones de la reutilización del agua. En el presente caso se centrará el análisis en el ciclo del agua urbana con posterior reutilización. Hay otros posibles esquemas de reutilización o de usos combinados del agua en los que no intervienen los usos urbanos el agua, que no serán abordados en la presente ponencia, pero que no están exentos de interés. Por ejemplo, determinadas aguas agrarias pueden generar servicios ambientales a través de sus retornos, o viceversa, ciertos caudales de agua destinados a usos ambientales pueden ser posteriormente destinados a otros usos. En todos estos casos se puede considerar que existe una reutilización, y puede ser necesario aplicar a lo largo de todo el ciclo del agua determinadas medidas que la faciliten o la optimicen.

Es interesante recordar, por otra parte, la conocida diferenciación entre reciclaje y reutilización del agua. La reutilización se define como el uso de agua que ha sido utilizada inicialmente en una aplicación para otra aplicación diferente, y el reciclaje como el uso de agua en la misma aplicación en la que se usó inicialmente. El reciclaje del agua es muy habitual en diversos sectores industriales, y también existen aplicaciones en actividades residenciales (aguas grises), en instalaciones ornamentales y en muchos otros usos. Sin negar tampoco en este caso su potencial a efectos de optimizar el ciclo del agua, la presente ponencia no se ocupa del reciclaje del agua, sino sólo de la reutilización.

Centrando la atención en el ciclo del agua urbana con la perspectiva final de la reutilización, el ciclo global a considerar se puede descomponer en las fases siguientes:

1. La captación en alta
2. La utilización del agua
3. La recogida de las aguas regenerables
4. El tratamiento de regeneración

Un elemento de referencia común a todo el ciclo, con vistas a la reutilización, es la optimización de la relación calidad/coste del agua regenerada que se obtiene, y su adecuación al uso perseguido, tanto en lo que se refiere a sus estándares de calidad como en el ajuste de su coste a la capacidad de pago de los usuarios a los que va destinada. Cualquier desviación importante en este sentido puede representar el fracaso de un proyecto de reutilización.

Tanto la calidad como el coste se determinan en función de una variedad de parámetros o dimensiones: para la calidad hay decenas de indicadores físico-químicos que definen la utilidad del agua para diversos usos. El coste, por su parte, es un valor multidimensional, en la medida en que incorpora costes económicos, ecológicos y sociales, y no todos ellos son reductibles a valores monetarios. Esta multidimensionalidad confiere a la gestión global del

ciclo del agua una notable complejidad, que puede llegar a ser inabordable si no se simplifican los problemas centrando los análisis en una serie limitada de indicadores.

En la presente ponencia se abordarán aspectos relacionados con varios aspectos de la calidad del agua, y con diferentes dimensiones de los costes. No obstante, los ejemplos con los cuales se irá ilustrando el recorrido a lo largo del ciclo del agua se basarán en un único parámetro de calidad (la salinidad del agua) y en una única dimensión del coste (el coste económico de los servicios hídricos), para hacer el análisis abarcable y para ilustrar con mayor claridad los análisis y sugerencias recogidas en el texto. Siempre que sea posible, se procurará referir estos ejemplos a una situación concreta, la de Alicante y sus comarcas próximas, en donde se han registrado en los últimos años interesantes experiencias –positivas y negativas- en materia de reutilización del agua.

LA CAPTACIÓN EN ALTA

Aparentemente, la captación del agua natural de primer uso para atender un abastecimiento urbano tiene poca relación con las políticas de reutilización que eventualmente se puedan aplicar al final del ciclo. Sin embargo, en la práctica las calidades del agua de entrada pueden tener una considerable influencia sobre las posibilidades de reutilización, especialmente por lo que se refiere a la salinidad, que es un parámetro determinante de la aptitud del agua para algunos de los usos más habituales en la reutilización, como son los del riego agrícola, urbano o de ocio.

La salinidad es un parámetro conservativo, lo que significa que no resulta afectado por los procesos naturales de autodepuración del agua, y en principio sólo puede ser modificado por dilución. Por esta razón, la salinidad del agua que entra en un sistema urbano constituye un nivel base sobre el cual se van añadiendo los sucesivos incrementos de salinidad que cada utilización o manejo del agua vaya aportando a lo largo del ciclo del agua.

Por eso es importante, no sólo para mejorar la calidad del abatecimiento en sí misma, sino también con vistas a la posterior reutilización del agua, conseguir que las aguas de entrada en un sistema de abastecimiento tengan la menor salinidad posible.

Aunque en muchos casos existen escasas posibilidades de elegir entre diferentes fuentes de abastecimiento, en otros existen distintas opciones o posibilidades de actuación que pueden aportar mejoras considerables en la salinidad. No obstante, en los casos en que se puede elegir entre más de una fuente, o entre combinaciones de ellas, que pueden proporcionar aguas de diferentes salinidades, habitualmente se opta por la captación que resulta más económica, o por la que aporta mayor garantía, desdeñando aportaciones continuas o puntuales de agua de mejor calidad que presentan mayor coste, o presentan dificultades de tipo técnico.

El caso del acueducto Tajo-Segura es un ejemplo de este tipo de situaciones. Desde la puesta en servicio de este trasvase en 1980, buena parte de las aguas de abastecimiento de las provincias de Murcia y Alicante proceden del trasvase Tajo-Segura. El origen de estas aguas es el sistema de embalses de Entrepeñas y Buendía, situado en la cabecera del Tajo, en Guadalajara. Las aguas de estos dos macroembalses se mezclan en el embalse de Bolarque, y de ahí son derivadas hacia el ATS. Sin embargo, la calidad de las aguas de Entrepeñas, con una conductividad en torno a 400 µS/cm, es bastante superior a la de Buendía, que se eleva a 900 µS/cm, con fuerte presencia de sulfatos (Gascó, J.M. et alt, 2004). Entrepeñas proporciona unos 400 hm3 de media anual, mientras que Buendía aporta unos 600 hm3.

La mezcla de las aguas en el trasvase supone que la salinidad del agua enviada a la costa mediterránea, una zona con problemas generalizados de salinización, es en origen de unos 700 µS/cm. No es una conductividad elevada, pero es netamente superior a la que se hubiera obtenido reduciendo el volumen de trasvase, enviando por el ATS aguas sólo o principalmente de Entrepeñas, y evitando la mezcla con el Júcar mediante el by-pass que solicitaron los regantes valencianos en el embalse de Alarcón. Para volúmenes de trasvase similares a los actuales cabía haber valorado la posibilidad de operar por división de tiempos, de modo que durante algunos meses se enviaran aguas de mayor calidad con destino a abastecimientos, y el resto del año aguas de inferior calidad con destino a regadíos. Ello hubiera implicado una separación de las aguas en destino, especializando los embalses de la cabecera del Segura en aguas de alta calidad (Cenajo) y aguas de calidad estándar (Talave). En general, casi siempre es posible alguna solución de gestión que evite las mezclas indeseadas de aguas de diferente calidad.

No obstante hay que señalar que dado que el Tajo también tiene problemas de salinidad (la conductividad en Toledo supera los 1.500 µS/cm, por efecto de los vertidos de Madrid), la derivación de toda el agua de buena calidad de la cabecera por el ATS podría empeorar sensiblemente la calidad del Tajo medio. Ello implica que posiblemente sólo se podrían trasvasar aguas de buena calidad para la fracción de abastecimiento del ATS, lo cual introduciría complicaciones adicionales para separar calidades a lo largo de todo el sistema. En tramos inferiores la calidad del agua del Tajo experimenta una cierta mejoría, pues recibe importantes escorrentías del Sistema Central, con escasa aportación de sales. Por ejemplo, la salinidad media del río Tiétar es de 105 µS/cm.

En cualquier caso, ignorando la cuestión de la calidad en el diseño del ATS se generaron problemas potenciales que se están manifestando ahora. Al bajar el agua desde Bolarque cargada de sulfatos, en el límite de la potabilidad (246 mg/l) (MMA, 2000), y mezclarse con aguas del Júcar en Alarcón, con concentraciones de sulfatos iguales o superiores a estas, las aguas de salida del embalse llegan a alcanzar puntas de 450 mg/l de sulfatos (Paredes, J., 2004). Estos sulfatos han ocasionado problemas al abastecimiento de Albacete, que han obligado a abordar la construcción de una planta de ósmosis inversa con un coste de más de 12 millones de euros, que comenzará a operar en 2006, con el consiguiente encarecimiento del agua, y con las dificultades que aparecerán para eliminar la salmuera en una localización interior. Interesa recordar que el abastecimiento de Albacete con aguas del Júcar se planteó cuando la agricultura extensiva comenzó a deteriorar el agua del acuífero de la Mancha Oriental, que hasta entonces había sido la fuente de abastecimiento exclusiva de la ciudad.

Con alguna forma de atención a las calidades en el ATS, a la Cuenca del Segura hubieran llegado aguas con una conductividad sensiblemente inferior a la actual. Si se hubiera evitado posteriormente la mezcla de estas aguas con otras de la cuenca del Segura con elevada conductividad, la calidad del agua de abastecimiento del sistema del Taibilla habría mejorado de forma perceptible, y la mejora se habría trasladado también a las aguas reutilizadas, que en la cuenca del Segura, y en las comarcas de Alicante abastecidas con agua del Taibilla, constituyen un porcentaje muy elevado del agua utilizada.

Aunque en la actualidad se están planteando medidas para reducir el efecto de estas mezclas, como la conexión Talave-Cenajo, resulta ya muy difícil resolver el problema en su totalidad. Las mejoras de calidad, tanto para Alicante como para otras ciudades del arco mediterráneo, van a venir a través de la desalación de agua marina.

El uso de agua desalada presenta notables ventajas en el ciclo de la salinidad en las ciudades mediterráneas, y puede ser un buen apoyo para facilitar la reutilización agraria de las aguas

residuales en estas ciudades. Normalmente, para usos de abastecimiento urbano y partiendo de agua de mar, el agua desalada se entrega con una salinidad de entre 250 y 400 mgr/litro, esto es, entre 400 y 600 µS/cm de conductividad. Este rango de salinidades es muy inferior al de la práctica totalidad de los recursos naturales de agua disponibles en la costa mediterránea, por lo que la utilización de agua desalada en estas zonas se traduce en una apreciable mejora de la calidad media de las aguas de entrada, tanto por lo que se refiere a la conductividad como a los restantes parámetros.

En Alicante, el agua que llega por los Canales del Taibilla presenta una calidad afectada por las sucesivas mezclas del agua del ATS, primero en Bolarque, luego en el Júcar, luego en el río Mundo y luego en el Segura. A la salida de la potabilizadora de Torrealta, la conductividad media supera los 1.000 µS/cm (MMA, 2002). Si el agua del trasvase Tajo-Segura destinada a abastecimiento no sufriera las mezclas mencionadas, o al menos no todas ellas, la calidad del agua de entrada en Alicante podría ser sigificativamente mejor que la actual. No obstante, la mezcla de las aguas del Taibilla con aguas subterráneas de gran calidad del Alto Vinalopó ha permitido hasta ahora distribuir en la capital alicantina un agua en el entorno de 800 µS/cm, lo que representa una calidad muy aceptable. Sin embargo, el progresivo agotamiento de los pozos del Alto Vinalopó hace que esta solución no pueda proyectarse al futuro.

La alternativa para Alicante, y para el conjunto de comarcas costeras de esta provincia, es la desalación de agua marina. En los dos últimos años, la entrada en servicio de la desaladora de Alicante, que produce agua con menos de 500 µS/cm, ha permitido reducir la salinidad media del agua distribuída en la ciudad, aunque por el momento no se dispone de información detallada sobre la media global obtenida, que por otra parte varía en las distintas zonas de la ciudad.

LA UTILIZACIÓN DEL AGUA

El incremento de salinidad del agua a su paso por un ciclo de uso urbano, en ausencia de actividades industriales significativas, supone un salto de conductividad de entre 600 y 1.000 µS/cm, aunque esta es una horquilla de referencia con un margen de variación considerable, en función de factores muy diversos.

El factor probablemente más determinante del salto de conductividad en el uso urbano del agua es la calidad del agua de entrada. La introducción de agua de calidad deficiente en un sistema urbano genera un círculo vicioso de operaciones de rectificación y formas específicas de uso del agua que acaban generando deterioros adicionales, que serían evitables si las aguas de entrada fueran de mejor calidad.

En primer lugar, la baja calidad de las aguas suele ser indicativa de escasez de recurso, y suele ir acompañada de elevados costes de potabilización y, en general, de elevados precios del agua. Los precios del agua más elevados estimulan la eficiencia hidráulica, lo que sin duda es positivo desde el punto de vista cuantitativo y de presión sobre los recursos naturales, pero tiene su contrapartida en un mayor deterioro del agua en el ciclo de uso urbano. Si el agua debe cubrir los mismos servicios hidráulicos (lavados, higiene, etc...) con menor volumen de recurso, su nivel de deterioro final será mayor.

Por otra parte, las aguas con salinidad elevada requieren para ciertos usos tratamientos de descalcificación u otras rectificaciones que incorporan nuevas cargas salinas. Asimismo, las aguas de baja calidad suelen requerir mayores dosificaciones de jabones y detergentes.

En las ciudades mediterráneas, la climatología benigna y el fuerte soleamiento favorecen la evaporación y la consiguiente concentración salina del agua en piscinas y otras aplicaciones exteriores, como fuentes ornamentales, baldeos, etc.. La baja frecuencia de renovación del agua en las piscinas, en muchas ocasiones con periodicidades superiores a un año, incluso en establecimientos públicos con uso intensivo de las piscinas, no sólo aumenta la salinidad por evaporación, sino que requiere del uso de grandes cantidades de aditivos químicos para el mantenimiento del agua, que generan a su vez nuevas elevaciones de la salinidad.

En aplicaciones de tipo industrial o comercial, como por ejemplo en refrigeración, pero también en numerosas actividades de lavado industrial, la elevación de los precios del agua hace que se vayan extendiendo crecientemente las aplicaciones en circuito cerrado, o los sistemas locales de reciclaje del agua, en los que sólo se reponen las pérdidas por evaporación o por saturación de solutos. Cuando periódicamente se desechan estas aguas, suelen contener fuertes cargas salinas.

Indudablemente, todas estas conductas son en sí mismas positivas desde el punto de vista de la conservación del recurso, y sin duda alguna deben ser alentadas. Pero la realidad es que la elevación de la salinidad de los efluentes es la otra cara de la moneda del ahorro y la eficiencia en el uso del agua, y puede llegar a ser muy problemática cuando se parte de aguas potables de elevada salinidad.

En Alicante, la conductividad media del agua que llega a las EDAR es, en el mejor de los casos, el triple de la que posee el agua de entrada. A que se alcancen unos valores tan elevados contribuye en gran medida la alta eficiencia caracteristica del sistema de abastecimiento (>85% de rendimiento) y de los patrones de uso del agua en la ciudad, y también contribuyen los descalcificadores, piscinas, y otros usos que generan retornos altamente salinos (Estevan, A. y Ballesteros, G., 1996). No obstante, a estas cargas debidas al ciclo del agua se les suman determinadas situaciones específicas que se dan en la red de alcantarillado, las cuales se analizan en el próximo apartado.

LA RECOGIDA DE LAS AGUAS REGENERABLES

Las aguas residuales o regenerables constituyen un recurso que debe ser cuidado y protegido para evitar deterioros adicionales que dificulten o encarezcan su posterior reutilización. La aplicación de este principio de modo coherente supone, en muchos casos, la necesidad de reconceptulizar desde su base los sistemas de saneamiento.

Con una perspectiva estrictamente centrada en el saneamiento, que es como se diseñan habitualmente las redes de colectores, el objetivo de estas redes es el de conducir las aguas residuales hasta las estaciones de depuración del modo más económico posible, y evitando fugas que puedan contaminar los acuíferos o generar otro tipo de problemas sanitarios.

Desde la perspectiva de la reutilización, las redes de saneamiento deben estar diseñadas con el objetivo de proteger el recurso regenerable y evitar deterioros adicionales que pueden dificultar la posterior reutilización. Algunos criterios de aplicación en este sentido son los siguientes:

- Como norma general, no mezclar los efluentes de los polígonos industriales con los efluentes urbano-residenciales.
- No autorizar vertidos industriales de alta salinidad
- No autorizar la implantación de pequeñas desaladoras (de hoteles, centros públicos, etc.) con vertido de salmueras al sistema de saneamiento. Perseguir la desalación ilegal.
- Instalar siempre que sea posible redes de sanemiento separativas, de pluviales y residuales.
- Realizar un buen mantenimiento de las redes de alcantarillado.
- Evitar intrusiones de aguas freáticas o saladas (en los frentes costeros) en los sistemas de saneamiento
- Implantar balsas de tormenta para separar las aguas de primer lavado de calles y carreteras

Si no se aplican estas y otras posibles precauciones para reducir en la mayor medida posible la salinización de las aguas residuales, estas pueden llegar a alcanzar unos niveles de salinidad que pueden dificultar considerablemente su reutilización.

La mezcla de aguas residuales de distintas procedencias para ser sometidas a tratamiento en una planta unificada puede deteriorar seriamente el conjunto de los recursos regenerables. Un caso bien estudiado en este tipo de situaciones es el de la ciudad de Ontinyent, uno de los principales centros del sector textil de la Comunidad Valenciana (Estevan, A., 2003). La EDAR de Ontinyent recibe los caudales de entrada a través de dos conducciones, que se unen ya en el interior de la planta:

- La primera recoge los vertidos del núcleo de Ontinyent, así como del polígono industrial "Sant Vicent", de algunas industrias situadas en el casco urbano o en sus inmediaciones, y de las viviendas diseminadas que cuentan con conexión a la red de alcantarillado.

- La segunda recoge los vertidos del polígono industrial "El Plá", así como los vertidos procedentes de Agullent, tanto urbanos como industriales.

Ambos vertidos se mezclan a la entrada de la planta, procediéndose a su homogeización y neutralización antes de iniciar el proceso, que consiste en un tratamiento secundario por fangos activados.

La salinidad de las aguas residuales procedentes del núcleo urbano de Ontinyent está ligeramente por debajo de 1.000 µS/cm, cifra moderada, pero que está en el orden de lo esperable, teniendo en cuenta que la conductividad del agua de entrada es muy baja (en torno a 400 µS/cm), y que el ciclo de uso urbano-residencial del agua en esta ciudad eleva la conductividad en poco más de 500 µS/cm, especialmente porque apenas se utilizan los descalcificadores, debido a la buena calidad del agua de entrada. El margen de incremento restante se debe a la presencia de algunas industrias con vertidos de elevada conductividad, aunque se trata de empresas pequeñas cuyo impacto se diluye en el conjunto del efluente de origen urbano. Estas aguas, adecuadamente tratadas por procedimientos convencionales, pueden ser utilizadas prácticamente para cualquier uso de riego, y para cualquier aplicación industrial.

Por el contrario, la conductividad media anual de las aguas en el colector del Polígono está muy próxima a 3.000 µS/cm, debido a la actividad de numerosas empresas del textil, ramo del

agua, varias de ellas de gran tamaño, con una carencia prácticamente generalizada de reciclaje de aguas o tratamientos previos al vertido. De hecho, vertidos con conductividades por encima de 5.000 µS/cm son frecuentes, aunque no están autorizados en las ordenanzas municipales. La mezcla de estas aguas con las procedentes del núcleo urbano genera un efluente de la EDAR con una conductividad media de unos 2.200 µS/cm, y con otras cargas contaminantes, cuyo vertido provoca serios problemas en el río Clariano y ocasiona dificultades para el riego aguas abajo.

Es interesante señalar que, mientras los vertidos industriales generan más del 90% de la carga salina de las aguas residuales de Ontinyent, y proporciones parecidas de todas las demás cargas contaminantes, los pagos por sanemiento del sector industrial sólo representan del orden del 34% del total, correspondiendo el 66% restante a los sectores doméstico y comercial, que apenas son responsables de un 10% de las cargas contaminantes.

Los intentos de reutilización industrial del agua en Ontinyent, para reducir la presión sobre el acuífero de La Umbría, que abastece la ciudad y se encuentra fuertemente sobreexplotado, están tropezando con el problema de la salinidad. En efecto, las elevadas conductividades actuales de salida de la planta depuradora se generan a partir de unas aguas de entrada de excelente calidad del acuífero de La Umbría, cuya conductividad es inferior a 600 µS/cm. Si se reintrodujeran en el ciclo industrial aguas con una depuración terciaria y con una conductividad de unos 2.200 µS/cm, se trastocarían todos los parámetros de salinidad del ciclo del agua, y diversas fases del ciclo de producción textil podrían verse afectadas.

En Ontinyent se analizó de modo bastante exhaustivo el ciclo de la salinidad en diferentes escenarios de reutilización. Se simularon los ciclos sucesivos de retroalimentación de la salinidad y se comprobó que el grado de reutilización admisible para los procesos industriales era muy reducido, de apenas 3.000 m3/día, esto es, no más de un 20% de mezcla en una demanda industrial que era del orden de 15.000 m3/día. Por encima de este porcentaje de reutilización se llegaba a salinidades excesivas en el agua industrial. Además, existía el problema de la irregularidad de las conductividades de las aguas residuales, que presentan súbitas elevaciones como consecuencia de ciertas descargas industriales. Estas subidas repentinas podían transmitirse a lo largo del ciclo y ocasionar problemas imprevistos en algunos procesos textiles, con posibles efectos económicos graves.

A la vista de estos resultados se está replanteando en el momento actual el programa de reutilización, y se está valorando la introducción de una etapa de ósmosis inversa para retirar salinidad del sistema. Esta solución posiblemente pueda hacer viable la reutilización, pero con un coste elevado y creando un nuevo y serio problema de vertido de salmueras de rechazo en una localización interior y sobre un cauce de muy escaso caudal, como el río Clariano.

Se trata una vez más de soluciones de "fin de tubería" que habrían podido ser evitadas si se hubiera planificado la reutilización contemplando el ciclo global. Hubiera bastado para ello que las cuantiosas inversiones realizadas recientemente para ampliar la EDAR unificada de Ontinyent/Agullent (finalizadas en 2001) se hubieran orientado a tratar por separado los efluentes urbanos e industriales, y a separar los vertidos industriales que deterioran las aguas residuales del núcleo urbano. De ese modo, las aguas residuales urbanas con tratamiento terciario podrían haber sido reutilizadas en su totalidad (8.000 m3/día) en la industria, sin problemas de ningún tipo, pues su conductividad se habría podido mantener, de modo muy estable, en el entorno de los 900 µS/cm.

En Alicante se acumulan problemas similares a los descritos para Ontinyent, más otros propios de las ciudades costeras, que hacen que la conductividad que alcanzan las aguas residuales sea muy elevada. A la principal EDAR (Rincón de León, con unos 30 hm3/año tratados) llegan dos líneas de aguas residuales que reciben tratamiento separado. La primera (línea A) aporta unos 50.000 m3/día (18 hm3/año) con una conductividad de 2.500 µS/cm, y la segunda, (línea B), unos 32.000 m3/día (12 hm3/año), con una conductividad de 4.500 µS/cm. La EDAR de Monte Orgegia trata cerca de 25.000 m3/día (8 hm3/año), con una conductividad de unos 3.000 µS/cm (Lapuente, E., 2005).

Estas conductividades tan elevadas se producen por varias causas, algunas de ellas no bien conocidas. Se detectan importantes intrusiones salinas en los colectores de primera línea de costa, especialmente en las zonas turísticas de San Juan y l'Albufereta, servidas por la EDAR de Monte Orgegia. Es posible que, al igual que ocurre en numerosos lugares de las Islas Canarias y Baleares, algunos hoteles de esta zona tengan instaladas pequeñas plantas de desalación, que arrojarían las salmueras al alcantarillado. En la EDAR de Rincón de León las intrusiones salinas pueden afectar a la línea A, pero no parece que lo hagan en gran medida. Esta línea es la que presenta menor salinidad, y es la más netamente urbana, por lo que sus aportaciones salinas parecen provenir fundamentalmente de los descalcificadores y de los usos intensivos del agua de tipo comercial o residencial.

Más graves son las intrusiones y aportaciones anómalas que sufre la línea B, debidas al parecer a acuíferos o escorrentías salobres superficiales en la zona de Villafranqueza, en el borde norte de la ciudad. Además, esta línea recoge vertidos industriales de alta salinidad en San Vicent del Raspeig, y a ella se vierten directamente las salmueras producidas por la desaladora de aguas salobres del Instituto del Agua de la Universidad de Alicante. Con ocasión de la instalación de esta pequeña desaladora (450 m3/día), hace casi diez años, se planteó la necesidad de un salmueroducto para evacuar estas salmueras, pero hasta el momento actual no se ha abordado su construcción.

LOS TRATAMIENTOS DE REGENERACIÓN. LAS TECNOLOGÍAS DE MEMBRANAS

En función de la calidad de los efluentes y del uso que vayan a recibir los mismos, los tratamientos necesarios serán más o menos intensos y costosos. Cuando las aguas de entrada en las EDAR presentan elevados contenidos de sólidos disueltos, superiores a los admisibles para los usos de reutilización previstos, los procesos convencionales de tratamiento resultan insuficientes, y suele ser necesario recurrir a tecnologías de membranas.

Las tecnologías de membranas son procesos activados por la energía hidráulica asociada al fluido de alimentación, y basados en diferentes tipos de membranas. En la actualidad, estas tecnologías se suelen clasificar en microfiltración (MF), ultrafiltración (UF), nanofiltración (NF) y ósmosis inversa (OI). Otra tecnología de membranas, activada en este caso por energía eléctrica, es la electrodiálisis reversible (EDR). La distinción entre ellas obedece al rango de tamaños de las partículas que son capaces de separar, determinando diferentes valores de presión de operación, combinación de los mecanismos de funcionamiento, y coste asociado por unidad de permeato producido. Se reseñan brevemente a continuación las cinco tecnologías citadas. Las dos primeras funcionan principalmente por el fenómeno físico de la filtración, mientras que en las tres últimas tiene mayor importancia el fenómeno de la difusión o la adsorción.

Microfiltración

La MF es eficaz en la separación de todos los tipos de sólidos en suspensión, grandes bacterias y partículas coloidales, con tamaños superiores a 0,1 μm. El mecanismo básico de separación es la filtración, aunque en una baja proporción las membranas de MF también funcionan por adsorción y difusión rechazando una pequeña cantidad de sales.

Ultrafiltración

Las membranas de UF son eficaces separando moléculas orgánicas de alto peso molecular, bacterias y virus, y en general, toda partícula de tamaño superior a 0,01 μm. El mecanismo de funcionamiento básico sigue siendo la filtración pero las tasas de separación de grandes iones divalentes y monovalentes son mayores por el papel más significativo que juega la difusión. Este proceso está adquiriendo gran protagonismo en la etapa de pretratamiento de la desalación por OI.

Nanofiltración

La NF es eficaz para la separación de iones divalentes (p.e. Calcio y Magnesio), grandes iones monovalentes y moléculas orgánicas en general. Debido al pequeño tamaño de los poros de sus membranas y al predominio del mecanismo de la difusión, puede separar cualquier partícula de tamaño superior al nanómetro (0,001 μm). Las membranas de NF aportan un rechazo significativo de la dureza causada por la disolución de calcio y magnesio, por lo que también se las conoce como ablandadores de membranas.

Osmosis inversa

Las membranas de OI son eficaces para la separación de todas las sustancias rechazadas por las anteriores membranas, incluyendo los constituyentes más pequeños, como los iones monovalentes de sodio y cloro. El mecanismo prácticamente exclusivo es la difusión. El tamaño de los poros de las membranas es de 0,00005 micras, aunque esta no es más que una cifra orientativa y, en este caso, es más apropiado hablar de estructuras o redes moleculares que de porosidades.

Electrodiálisis reversible

La electrodiálisis reversible separa los iones cargados eléctricamente mediante la aplicación de un campo eléctrico a las aguas que se pretende depurar. Los iones cargados atraviesan membranas de intercambio catiónico o aniónico, según sus respectivas cargas, lo cual permite su separación. El tamaño de los poros es del orden de un nanómetro, similar al de la nanofiltración. Debido a su mayor resistencia al ensuciamiento, la EDR es frecuentemente la tecnología de elección para la regeneración de aguas residuales salinizadas.

Tanto en las regiones del mediterráneo peninsular como en las islas, la reutilización agraria de las aguas urbanas está exigiendo cada vez con mayor frecuencia la aplicación de tecnologías de membranas, para evitar los problemas de salinización de suelos y la pérdida de productividad de las cosechas. Las tecnologías más habituales son la ósmosis inversa o la electrodiálisis reversible, aunque en muchas ocasiones se aplican procesos previos de microfiltración o ultrafiltración para proteger las membranas de ósmosis inversa.

En los tratamientos por ósmosis inversa, partiendo de aguas residuales con salinidades de 3.000 μS/cm, se suele obtener un agua de excelente calidad, con conductividades que pueden

estar por debajo de 400 µS/cm. Los rechazos o salmueras oscilan entre el 12 y el 20% del agua de entrada. Los costes son relativamente elevados, más que por el tratamiento de OI o de EDR en sí mismo, por las operaciones de pre-tratamiento y acondicionamiento que suele ser necesario realizar. En casos de aguas de entrada de baja calidad, puede ocurrir que los costes de tratamiento integralde las aguas residuales, incluyendo la ósmosis inversa, acaben siendo superiores a los de la desalación de agua del mar, especialmente si esta es de buena calidad.

En Alicante los principales déficits de recurso hídrico se producen en el Medio Vinalopó, especializado en la producción de uva embolsada. La viña es un cultivo bastante sensible a la salinidad, y puede presentar pérdidas de rendimiento a partir de conductividades de 1.000 µS/cm en el agua de riego. Ante los problemas detectados años atrás por la utilización directa de las aguas depuradas de la EDAR de Rincón de León en diversos cultivos, se ha iniciado la construcción de una planta de post-tratamiento de aguas residuales urbanas para regenerar los 50.000 m3/día de la línea A, que tiene una salinidad de 2.500 µS/cm.

El proceso empieza con un tratamiento de ultrafiltración que se aplica a la totalidad del caudal de entrada (50.000 m3 /día). Con ello se produce la casi total eliminación de sólidos en suspensión (de 30 mg/l a no detectable).

Una parte del agua microfiltrada (25.000 m3/día) es sometida a tratamiento de ósmosis inversa, lo cual genera unos 20.400 m3/día de agua osmotizada. El resto son salmueras que se vierten al mar. Al agua osmotizada se le añaden 4.600 m3/día de agua ultrafiltrada, con lo que se obtienen 25.000 m3/día de agua con una conductividad de unos 600 µS/cm, esto es, aguas de muy alta calidad.

Las aguas ultrafiltradas no osmotizadas (unos 20.000 m3/día) permanecen con una salinidad de 2.500 µS/cm, por lo que sólo son útiles para cultivos de elevada tolerancia a la salinidad.

El coste de la inversión es de 14,70 millones de euros, y el coste de mantenimiento del sistema se eleva a 2,044 millones de euros anuales, para una producción anual (contando las aguas de alta y baja calidad) de unos 16 hm3, lo que representa unos 0,13 €/m3 de costes de operación, más unos 0,04 €/m3 de costes de amortización, sin incluir costes financieros, y supuesta la planta operando a plena capacidad todo el año (Serrano, V., 2005)

CONCLUSIONES

El correcto ajuste uso/calidad de las aguas reutilizadas es uno de los factores clave del éxito de los programas de reutilización. Para conseguir un buen ajuste con unos costes mínimos, es necesario tener en cuenta desde el inicio del ciclo.del uso urbano del agua las aplicaciones que recibirá en su momento el agua reutilizada. De este modo se pueden ir adoptando en todo el ciclo del agua decisiones que generarán mejoras en el efluente final, de modo que se reduzca en la mayor medida posible la necesidad de post-tratamientos o tratamientos especiales para la obtención de las aguas regeneradas.

La evolución de la calidad del agua a lo largo del ciclo del uso urbano, desde la fuente natural del agua hasta la reutilización al final del ciclo, es un proceso que presenta una clara retroalimentación negativa. Las bajas calidades del agua al entrar en una fase del ciclo suelen determinar comportamientos o formas de uso del agua que intensifican el proceso de deterioro de la calidad en esa misma fase, y entregan agua sensiblemente más deteriorada a la siguiente, con lo cual se genera una espiral de deterioro.

Paradójicamente, el incremento de la eficiencia en el uso del agua los sistemas urbanos suele ir acompañado de un mayor deterioro de la calidad del agua, especialmente por lo que se refiere a la salinidad. Por ello, en los sistemas urbanos de alta eficiencia es necesario procurar que el agua de entrada tenga la mayor calidad posible, a fin de que a la salida del sistema el agua se encuentre todavía en condiciones que permitan evitar la adopción de costosos post-tratamientos.

La consideración de las aguas residuales como un recurso es una condición previa para la adopción de medidas que eviten el deterioro adicional e injustificado de la calidad de las aguas residuales en su recorrido desde los puntos de entrega de los caudales usados hasta las plantas de tratamiento. Las redes de saneamiento deben ser diseñadas y gestionadas con un criterio de protección de las aguas residuales e incluso, en la medida de lo posible, para que el recorrido hasta las EDAR procure mejoras, y no deterioros adicionales en la calidad de las aguas.

En materia de salinidad, la suma de decisiones incorrectas a lo largo de un ciclo completo del agua puede acabar generando unos efluentes inútiles para cualquier uso si no es a base de tratamientos de ósmosis inversa o electrodiálisis reversible, que además de su considerable coste económico, pierden una porción significativa del recurso en forma de rechazos. Por el contrario, una cadena de decisiones correctas a lo largo de todo el ciclo puede generar recursos regenerables de elevada calidad, aptos prácticamente para cualquier uso, aplicando sólo tratamientos de depuración convencionales, y con un considerable ahorro de costes y de recursos en el ciclo global.

En Alicante se acumulan una serie de situaciones y experiencias singulares en materia de reutilización, especialmente por lo que respecta a los usos agrarios del agua. Desde el comienzo del ciclo del agua se le presta muy poca o nula atención al tema de la protección de la calidad con vistas a la reutilización futura. Los problemas aparecen desde el inicio del ciclo, por la concepción con la que fué diseñado el ATS y el post-trasvase, que hace que los sulfatos del embalse de Buendía, en el Alto Tajo, se acaben distribuyendo por la mayor parte de la vertiente mediterránea, desde Sagunto hasta Almería, mezclados con otras aportaciones salinas de varios ríos. La ciudad de Alicante es muy eficiente en el uso del agua, lo que contribuye a aumentar la salinización de los efluentes, pero además, la red de saneamiento está afectada por una serie de vertidos e intrusiones que deterioran severamente la calidad de las aguas residuales que llegan a las estaciones de tratamiento.

Los primeros intentos de reutilizar las aguas residuales de Alicante, de modo generalizado y sin más tratamientos que los secundarios convencionales, fracasaron mayoritariamente en los años 1980 y 1990, debido al exceso de salinidad del agua. La consecuencia de todo ello ha sido la necesidad de implantar, para hacer posible el uso agrario de los caudales depurados, un costoso post-tratamiento de membranas para las aguas residuales, basado en ultrafiltración y ósmosis inversa. De esta forma se consiguen regenerar una parte de las aguas residuales con buena calidad y aptas para todo tipo de riegos, pero cabe preguntarse si los mismos resultados, o mejores, no se hubieran podido obtener a costes inferiores aplicando sucesivos criterios de protección de las aguas destinadas a ser regeneradas, a lo largo de todo el ciclo del agua.

BIBLIOGRAFÍA

ESTEVAN, A, y BALLESTEROS, G., (1996). *Diseño de programas integrados de gestión de la demanda de agua.* Ministerio de Medio Ambiente.

ESTEVAN, A. (2003). Pla de Gestió de la Demanda de l'aigua al municipi d'Ontinyent. Ajuntament d'Ontinent.

GASCÓ, J.M, LOPEZ SANZ,G., y NAREDO, J.M. (2004). *Informe sobre los problemas del agua en La Mancha y sus posibles tratamientos, con un dictamen sobre el proyecto de trasvase Tajo-La Mancha llamado "Sistema de abastecimiento de agua potable a las poblaciones de la llanura manchega desde el Acueducto Tajo-Segura.* Comisión para el estudio del trasvase Tajo-La Mancha. Ministerio de Medio Ambiente.

LAPUENTE, E., (2005). Estudio previo Solución Alicante para la transferencia de 50 hm3 al sistema Vinalopó-Alacantí. Comisión Técnica del Trasvase Júcar-Vinalopó.

MINISTERIO DE MEDIO AMBIENTE. (2000). *Documentación Técnica del Plan Hidrológico Nacional.* Volumen 4 Análisis ambientales, pág 175.

MINISTERIO DE MEDIO AMBIENTE. (2002). Plan Hidrológico Nacional. *Observaciones Formuladas por la Dirección General de Medio Ambiente de la Comisión Europea. Respuestas y Comentarios.*

PAREDES, J. (2004). *Integración de la modelización de la calidad del agua en un sistema de ayuda a la decisión para la gestión de recursos hídricos.* Tesis doctoral . Universidad Politécnica de Valencia.

SERRANO, V. (2005). Comunicación personal.Comisión Técnica Júcar-Vinalopó.

Jornades Tècniques: La integració de l'aigua regenerada en la gestió dels recursos
Jornadas Técnicas: La integración del agua regenerada en la gestión de los recursos
Technical Workshop: The integration of reclaimed water in water resource management
Lloret de Mar, Costa Brava, Girona, Octubre 2005

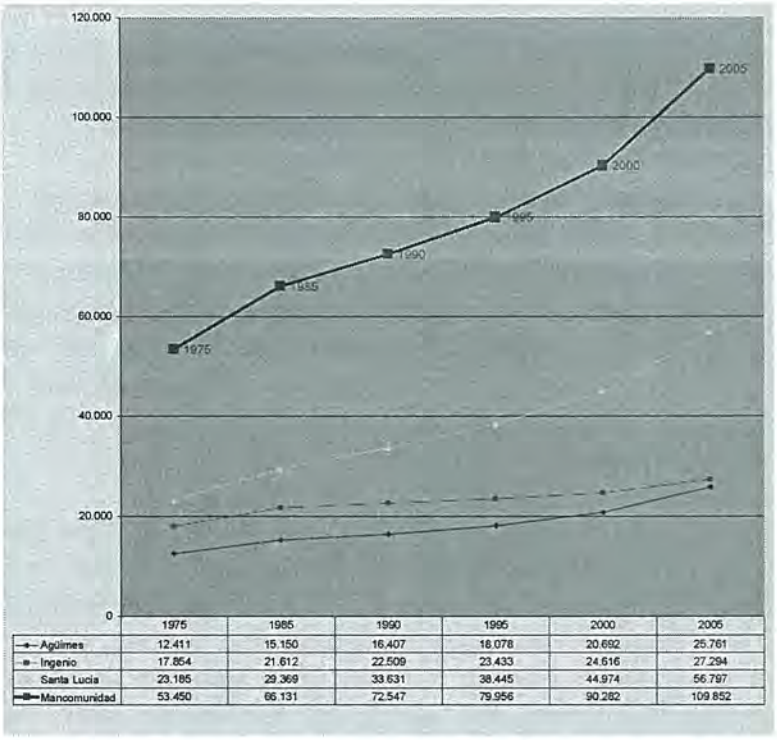
GESTIÓN SOSTENIBLE DEL AGUA Y LA ENERGÍA EN LA MANCOMUNIDAD DEL SURESTE DE GRAN CANARIA

José Rafael Sánchez Ramírez

Mancomunidad Intermunicipal del Sureste de Gran Canaria
c/ Cactus s/n . EDAR Sureste
Polígono Industrial de Arinaga
35118. Agüimes (Las Palmas)
E-mail: mancomunidad@surestegc.org

INTRODUCCIÓN: ASPECTOS GENERALES

La Mancomunidad Intermunicipal del Sureste de Gran Canaria, está formada por los municipios de Agüimes (25.761 hab. a 1 de enero de 2005), Ingenio (27.294 hab.) y Santa Lucía de Tirajana (56.797 hab.), lo cual da una población total de 109.852 habitantes.



	1975	1985	1990	1995	2000	2005
Agüimes	12.411	15.150	16.407	18.078	20.692	25.761
Ingenio	17.854	21.612	22.509	23.433	24.616	27.294
Santa Lucía	23.185	29.369	33.631	38.445	44.974	56.797
Mancomunidad	53.450	66.131	72.547	79.956	90.282	109.852

Hace apenas 30 años la comarca del Sureste era la zona menos desarrollada de la isla, con un elevado crecimiento poblacional, unas bajas rentas familiares y un alarmante déficit de todo tipo de infraestructuras. Se denominaba a la comarca como el triángulo de la miseria de esta isla.

El crecimiento poblacional desde esta época era muy importante y afectaba fundamentalmente a la zona de costa de los tres municipios. Este crecimiento era consecuencia de la importancia de la agricultura de exportación y del floreciente sector turístico del sur de la isla. En esta zona el suelo tenía precios asequibles, lo que permitía que se pudiesen asentar las familias que del resto de la isla inmigraban para trabajar en estos sectores.



Hay que añadir que además el crecimiento económico de la zona también es debido a otros factores, no menos importantes; el aeropuerto de Gran Canaria, que ocupa una parte importante de este territorio, el polígono industrial de Arinaga y el crecimiento comercial de Vecindario y su entorno.

Este crecimiento poblacional y agrícola no podía ser atendido por los recursos hídricos existentes, por lo que el nivel freático descendió hasta niveles alarmantes, con y una importante intrusión marina. Como detalle indicar que había pozos a más de dos kilómetros de la costa que tenían salinidad muy superiores a la del agua del mar. La alarma social ante la escasez de agua era preocupante. La mayor parte de las zonas de costa apenas podían recibir agua uno o dos días a la semana, ello sin contar con la malísima calidad del agua disponible.



Es a partir de estas necesidades VITALES, de donde surge la creación de un ente formado por los tres municipios, con realidades y problemáticas similares. Así en el año 1990 los tres ayuntamientos del Sureste de Gran Canaria deciden constituir la Mancomunidad Intermunicipal del Sureste de Gran Canaria.

Es por ello que entre los objetivos fundamentales de la Mancomunidad se encuentra los de solventar los gravísimos problemas hidráulicos, que ha padecido históricamente esta comarca, así como el tratamiento de las aguas residuales, con el objeto de su aprovechamiento para uso agrícola. Estos tratamientos tienen como objetivo la mejora de la calidad del agua, de forma que pueda ser utilizada en todo tipo de cultivos agrícolas.



Apenas diez años más tarde, a pesar de que el crecimiento poblacional haya sido espectacular, el Sureste resolvió los problemas de la escasez de agua. Se ha atendido la demanda de la población que en algunas zonas se incrementó en este periodo en más de un 40 %, como es el caso de Santa Lucía que actualmente tiene 53.170 habitantes.

También se ha resuelto el problema de agua para la agricultura, no solo en cantidad sino que se ha actuado en normalizar el precio del mercado, permaneciendo constante todo el año, evitando la histórica especulación en este sector y garantizando la materia prima para el desarrollo agrícola. Además se ha apostado de manera decidida por la reutilización, realizando las inversiones necesarias, fundamentalmente con recursos propios, para que se pueda disponer de agua de excelente calidad, que no limite el uso para cualquier tipo de cultivos de la comarca. De hecho el agua producida es incolora, inodora y con menos de 150 mg/litro de sales, es decir agua apta para los cultivos más exigentes.

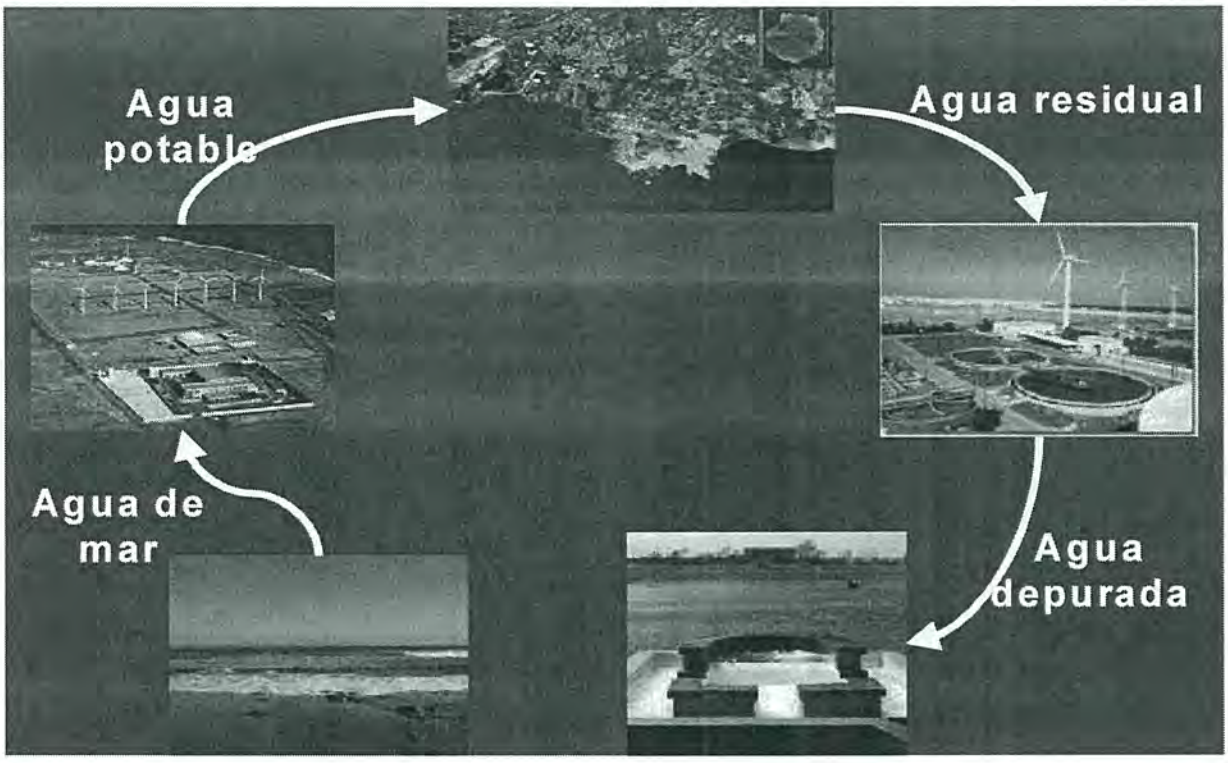
Una vez resueltos los problemas hídricos la Mancomunidad ha actuado en todos los campos que hacían converger a los tres municipios, sin limitaciones de ningún tipo. Así se han mancomunado los servicios de recogida de basuras, recogida selectiva, mantenimiento de alumbrados, limpieza viaria. También se elaboran algunas ordenanzas como las de telecomunicaciones, residuos, vertidos, etc., se unifican criterios en el cobro de tasas, se realizan de forma unitaria las peticiones de seguridad ciudadana, atención ciudadana y un larguísimo etcétera de aspectos.

CICLO DEL AGUA

Desde 1993 se cuenta con la IDAM del Sureste, que se ha ido adaptando a las nuevas necesidades y que hoy día abastece el 98,5 % de las demandas de agua potable de la comarca.

Asimismo, la Mancomunidad apostó por la instalación de una estación depuradora de aguas residuales. En ella, se tratan las aguas procedentes de Agüimes, Ingenio, Santa Lucía y los núcleos de población pertenecientes al término municipal de San Bartolomé de Tirajana que se encuentran próximos a la comarca, además de los polígonos industriales de Arinaga y Majoreras, cumpliendo así la normativa 91/271. Con el objeto del aprovechamiento agrícola de las aguas que pasan por estas instalaciones se dispone de un innovador tratamiento terciario que permite producir 6.000 m^3/día de agua con las características físico-químicas y biológicas del agua potable y una conductividad inferior a 300 µS/cm, lo que permite su utilización en todo tipo de cultivos.

Todas estas instalaciones con que se ha dotado la comarca de Sureste, le permiten contar con un ciclo integral del agua, el cual ilustramos a continuación:



Así, la Mancomunidad del Sureste puede considerarse autosuficiente en cuanto a recursos hídricos se refiere, constituyendo un ejemplo de desarrollo sostenible a seguir en estos

tiempos en los que los problemas de escasez y gestión integral del agua comienzan a cobrar la importancia que siempre debieron tener.

En 1993 se puso en funcionamiento de la planta desaladora de agua de mar del Sureste, proyectada en sus inicios para una capacidad de producción de 10.000 m^3/d en dos módulos o bastidores de 5.000 m^3/d cada uno.



Con la puesta en marcha de esta obra daba comienzo el camino hacia el autoabastecimiento de agua potable que la Mancomunidad ha conseguido y que pone fin a las amenazas de sequía que azotaban la comarca del Sureste.

El diseño inicial, era de tipo estándar, con cajas de presión de 6 elementos cada una, en una simple etapa con la que se obtenía un factor de conversión del 42 %. La recuperación de energía se efectuaba mediante turbinas tipo "Francis". Cabe añadir, que la captación del agua de mar para abastecer a estos bastidores se realiza mediante pozos costeros que se encuentran conectados a una cántara de la cual se alimentan las líneas de producción.

Estas instalaciones han sufrido una serie de ampliaciones y transformaciones en la última década con el fin de adaptarse a las nuevas exigencias hídricas que han surgido fruto del desarrollo que viene aconteciendo en la zona.



Así, en 1998 sale a concurso, adjudicándose a PRIDESA, una ampliación en dos módulos adicionales de 7.500 m^3/d cada uno, con lo que la planta alcanzaría una producción total de 25.000 m^3/d. Estos dos nuevos bastidores estaban diseñados en una única etapa pero, a diferencia de los anteriores, estaban provistos de cajas presión de 7 elementos logrando un factor de conversión ligeramente superior, entorno al 45 %. Siguiendo los últimos avances, en esta ampliación se emplearon membranas de nueva generación de mayor productividad y se adoptaron turbinas tipo "Pelton" para llevar a cabo la recuperación de energía. De esta forma, el consumo energético mejoró sensiblemente. La toma de agua de mar, en este caso, se hizo mediante captaciones profundas provistas de bombas sumergibles, al quedarse los pozos costeros existentes sin capacidad para atender a la nueva demanda.

En el año 2002 se hace necesaria una tercera ampliación con objeto de incrementar la producción nominal en 8.000 m^3/d. Esta vez se optó por reconvertir los cuatro bastidores existentes, añadiéndoles a cada uno de ellos un "concentrador de salmuera" aumentando así el factor de conversión hasta el 55%. De esta manera, con el mismo caudal de alimentación se conseguía el incremento de producción deseado. Los concentradores de salmuera consisten en la instalación de una segunda etapa alimentada con bombas "booster", para incrementar la presión del rechazo de la primera etapa y así obtener una presión final del orden de los 80 bares. Aparte de esto, se efectuaron mejoras como la sustitución de las turbinas "Francis", de los dos bastidores más antiguos, por turbinas "Pelton" y el cambio de todas las cajas de presión de los citados bastidores por cajas de presión de 7 elementos. Todas estas

modificaciones mejoraron el rendimiento del proceso y provocó un beneficioso descenso en el consumo energético. Así, en el año 2002, se consigue un factor de conversión del 55 % lo que supone una producción global de 33.000 m^3/d, situación en la que se encuentra en la actualidad la IDAM del Sureste de Gran Canaria.

Como habíamos comentado anteriormente, la planta desaladora del Sureste genera agua para el consumo de la población por lo que hay que lograr que su calidad sea lo más óptima posible. Con esta intención, se ha firmado un nuevo contrato de obra y explotación, en el que se va a llevar a cabo un tratamiento de afino por ósmosis en el agua producto, que mejorará aún más la calidad con la que ya se cuenta. Además, y tal y como explicaremos a continuación, va a posibilitar que se cumpla ampliamente con los requisitos exigidos en el R.D. 140/2003, de 7 de febrero, por el que se establecen los criterios sanitarios de la calidad del agua de consumo humano.

AFINO POR ÓSMOSIS EN LA IDAM DEL SURESTE DE GRAN CANARIA

A grandes rasgos, la obra consiste en la instalación de 4 bastidores de afino en los que se tratará parte del permeado que se genera en la actualidad. Estos bastidores trabajarán con una conversión del 85%, y a baja presión. El agua producto de estos bastidores, que tendrá una concentración de boro claramente inferior a 1 mg/l y unas características físico-químicas excelentes, se mezclará con el resto del agua permeada de los bastidores existentes, lográndose así un agua de calidad superior. De esta forma, también conseguimos que el producto final que se obtiene al unir el agua permeada y el agua tratada a través del bastidor de afino, tenga un nivel de boro muy inferior a las exigencias del R.D. 140/2003.

Aunque se plantearon otras alternativas técnicas para llevar a cabo el afino, tales como un incremento de pH en el pretratamiento, o resinas de intercambio iónico, finalmente se decidió tomar la opción de los bastidores de afino porque representaba la propuesta con menor coste energético y de reactivos. Además, otra razón, incluso más importante que la anterior, para decantarse por la alternativa del afino por ósmosis, reside en que dicha solución es la más que se ajusta al cumplimiento de la normativa medioambiental, ya que no produce vertidos de reactivos potencialmente nocivos para el entorno.

Como comentábamos anteriormente, la obra consiste en la instalación de 4 bastidores de afino, uno por línea. El agua a introducir en dichos bastidores, será una fracción del agua producto que se genera en los bastidores existentes. Concretamente, se afinará 440 m^3/h (de 1.442 m^3/h totales) repartidos entre los bastidores.

Por otra parte, cada uno de estos bastidores de afino estará dispuesto en doble etapa, es decir, el rechazo de una primera etapa es tratado en la segunda. Para ello, se prevén 12 tubos, de los que 8 corresponderán a la primera etapa y 4 para la segunda. Las cajas de presión estarán formadas por 7 elementos.

Cabe comentar que la alimentación a los nuevos bastidores se llevará a cabo a través de una bomba centrífuga de 12 bares de presión. En cuanto a las conducciones, se empleará como material principal el PVC, excepto en los tramos de impulsión en los que se utilizará AISI 316. Además, el sistema estará dotado de una instrumentación compuesta por conductivímetros, medidor de pH y caudalímetros que nos permitirá controlar de manera exhaustiva el proceso.

En cuanto a la forma de operar en los bastidores de afino, ésta es completamente distinta al resto de la planta actual. Por un lado, al tratarse un agua producto, esto es, un agua de baja

salinidad, se trabajará a baja presión. Por otra parte, el pH que se ha previsto se cifra entorno a 10. El boro presente en el agua de mar se encuentra en forma de ácido bórico o borato, dependiendo del pH de la misma. Dado que la capacidad de rechazo de las membranas es mayor, cuando el boro está en forma de borato, se establece un pH básico de 10 para favorecer la formación de borato en sustitución del ácido bórico. De esta forma, las membranas existentes en el bastidor retendrán el boro, y se podrá obtener una concentración de salida inferior a 1 mg/l.

La inclusión de un tratamiento de afino en la planta hará variar la conversión global del sistema, originando un decrecimiento de la producción total. Para subsanar esta disminución, se ejecutarán una serie de mejoras hidráulicas que van a permitir mantener la producción actual de 33.000 m^3/d.

Técnicamente, a este proceso se le denomina de doble paso, es decir, en un primer paso se procede a la desalación del agua de mar a través de bastidores distribuidos en doble etapa, obteniéndose un agua producto y, en un segundo paso, se lleva a cabo el afino de parte de ese agua producto, optimizando así su calidad. Con la introducción de este proceso en la IDAM del Sureste, ésta va a convertirse en una de las primeras plantas en el mundo que disponga de doble etapa y doble paso.

Tabla 1. Mejora de la calidad conseguida mediante el tratamiento de afino.

Parámetro químico, ppm	**Agua producto del bastidor actual**	**Agua producto final tras el afino**	**Límites del R.D. 140/2003, ppm**
NH_4	0,00	0,00	0,50
K^+	2,67	1,92	*No especifica*
Na^+	79,16	56,66	200
Mg^{2+}	2,00	1,42	*No especifica*
Ca^{2+}	0,67	0,48	*No especifica*
Sr^{2+}	0,00	0,00	*No especifica*
Ba^{2+}	0,00	0,00	*No especifica*
CO_3^{2-}	0,00	0,00	*No especifica*
HCO_3^-	1,38	1,98	*No especifica*
NO_3^-	0,00	0,00	50
Cl^-	129,45	92,59	250
F^-	0,01	0,01	1,5
SO_4^{2-}	1,81	1,29	250
B^{3+}	0,95	0,82	1,00
SiO_2	0,03	0,02	*No especifica*
CO_2	4,68	2,63	*No especifica*
TDS	223,75	163,28	*No especifica*

Los rendimientos esperados que confirman la mejora de la calidad del agua se mostrarán a continuación en la Tabla 1. Los datos expuestos se corresponden con la salida del agua producto de uno de los bastidores de la planta actual, concretamente el bastidor 1, y la salida de la mezcla final prevista después de haber pasado el afino.

Como se puede apreciar, el tratamiento de afino mejora notablemente la calidad del agua a la vez que permite cumplir ampliamente con los límites establecidos por el Real Decreto 140/2003, donde quedan dictados los criterios sanitarios de la calidad del agua de consumo humano.

DEPURACION Y TERCIARIO

El Tratamiento Terciario de la EDAR del Sureste surge con la necesidad de acondicionar el agua tratada en la estación depuradora de la Mancomunidad Intermunicipal del Sureste, para que ésta sea reutilizada mediante su uso en riego agrícola, pretendiendo que por sus características sea adecuada para la mayoría de los cultivos existentes en la zona. La conductividad máxima se estableció en 300 μS.



Actualmente la EDAR dispone de dos líneas de tratamiento con capacidad de 6000 m^3/día cada línea. El caudal del afluente es de 12.000 m^3/día.

El Terciario permite el tratamiento de 6.000 m^3/día, funcionando conforme a la demanda agrícola de la zona, variable durante todo el año, que en determinados meses, nos permite tener la planta en funcionamiento durante largos periodos a caudal nominal.

No se nos puede pasar por alto el problema que supone la calidad del afluente de la EDAR Sureste. El origen de la misma es urbano e industrial. Asimismo existen algunos vertidos incontrolados de pequeñas desaladoras, por lo que la salinidad es bastante variable, incluso a lo largo del día, principalmente en los meses comprendidos entre agosto y abril (coincidente con los cultivos de la comarca) y por tanto con los de mayor necesidad de producción de la planta.

Otro parámetro de influencia negativa en la explotación de la planta es la presencia de concentraciones de aceites y grasas superiores a las permitidas, procedentes de industrias de la alimentación y de talleres de vehículos. Si bien este y otros aspectos negativos están siendo controlados de forma satisfactoria por nuestra propia Unidad de Control de Vertidos. La Tabla 2 resume las variaciones de las características del afluente de la EDAR Sureste.

Tabla 2. Variaciones de las características del afluente de la EDAR Sureste.

Parámetros	Valores extremos	Valor medio
Sólidos en Suspensión (mg/l)	2-46	35
Turbidez (NTU)	4-34	17
DBO_5 (mg/l)	5-50	30
DQO (mg/l)	75-120	90
pH	7-8	7.5
Al	0.5-0.01	0.3
Fe	0.5-0.02	0.38
Si	12.95-10.02	11.3
Conductividades (µS/cm)	6000-1500	2500

ETAPA DE INVESTIGACIÓN Y SOLUCIONES ADOPTADAS



Como hemos indicado la propuesta es la realización de un Terciario con Físico Químico y Ósmosis Inversa. En el Físico Químico, tras los procesos de coagulación, floculación y decantación, debemos tener un agua adecuada para introducirla tras la correspondiente filtración, en la ósmosis inversa. En este último paso lo que pretendemos es quitar las sales disueltas para obtener agua con una conductividad en torno a los 300 µS. Durante los dos primeros años de funcionamiento en pruebas, con el inestimable apoyo del el equipo de I+D de Pridesa, se fueron solventado los problemas iniciales.
Los problemas más importantes fueron:

- Necesidad de utilizar elevadas dosificaciones de reactivos en el físico-químico
- Colmataciones prematuras en los filtros de precapa
- Necesidad de limpiezas con periodos de tiempo muy cortos y por tanto no rentables para una explotación industrial



Estos inconvenientes tienen como factor común y origen algunos elementos químicos disueltos en el agua del afluente de la EDAR. El agua del efluente de la depuradora presenta un coloide (amarillo-verdoso) cuya base es la sílice junto con hierro, fósforo y manganeso, al que se le añaden otros elementos formando cadenas largas. El coloide produce un ensuciamiento prematuro que no es irreparable al tratarlo en las limpiezas; pero obliga a que éstas se hagan muy a menudo. Nuestro primer objetivo fue distorsionar esos enlaces introduciendo elementos que impidieran una cadena con estructura cristalina. Esto nos ayudó a evitar incrustaciones permanentes con la creación de depósitos débiles que hacen que la propia hidrodinámica los arrastre.

El primer problema se solventó en el físico-químico con la elección de un coagulante específicamente diseñado para esta adecuado, que permitió sustituir al cloruro férrico. Con

este coagulante se disminuyeron las dosis, y paralelamente los costes, que en el caso del Cloruro Férrico, eran muy superiores, haciendo inviable el tratamiento y que además generaba graves problemas en el resto del proceso. Con ello conseguimos la desestabilización de la materia coloidal, pasando esta a formar sólidos en suspensión susceptibles de ser eliminados por gravedad.



Para la posterior floculación utilizamos polielectrolitos aniónicos, consiguiendo con ello la mejor decantabilidad de las partículas existentes en el agua producto de la coagulación. Este último proceso se realiza en un decantador lamelar.

La filtración en el Tratamiento Terciario se realiza a través de tres filtros con 247 bujías y 3.75 m^3 de capacidad cada uno. Los filtros están conectados a una única línea de trabajo. Los mismos no permiten el paso de sólidos de diámetro superior a 4,5 µm. Tras las pertinentes pruebas podemos decir que como es obvio, es preferible trabajar con filtros con precapa ya que después de 15 meses de uso, la bujía presenta el mismo aspecto que estando nueva e incluso una vez realizada la limpieza química se recupera la pérdida de carga. Como filtros de seguridad, previos a la entrada de agua a bastidores, se instalaron 3 filtros de bujía.



El paso definitivo en la reducción de sales en el Tratamiento Terciario de la EDAR del Sureste es la osmosis inversa. Una vez pasados los filtros de seguridad disponemos de tres bombas de media presión que trabajan a 15 bar, reguladas por variador, que elevan cada una de ellas el agua filtrada a su correspondiente bastidor. En cuanto a las membranas, se realizaron pruebas piloto con diferentes marcas y modelos existentes en el mercado, obteniendo los mejores resultados con membranas especialmente diseñadas para este proceso, y realizadas por el departamento de I+D de Pridesa y por tanto de la marca PERMETEC.

Como resultado final de todas las pruebas, se instalaron 3 bastidores, los dos primeros con 36 cajas de presión de 6 membranas cada uno y un tercer bastidor con 45 cajas de presión de 6 membranas. La conductividad del agua producto de los bastidores ronda los 300 µS/cm y el pH oscila entre 6 y 6.8. La solución final adoptada, permite la versatilidad de la planta para variaciones de la demanda, a la vez que se dispone de un tercer bastidor con mayor capacidad de producción para cubrir el déficit de producción cuando se realizan las limpiezas. En síntesis la planta permite la producción en continuo de los 6.000 m^3/día.

RESULTADOS

Hemos de tener en cuenta que durante los años 2000 y 2001 se necesitaron realizar múltiples modificaciones, en función de los trabajos que realizó el equipo de I+D. Se realizaron varias experiencias pilotos de forma paralela y a principios del año 2002 se llevaron a la práctica los resultados de esa investigaciones. Por ello afirmamos que esta instalación ha funcionado de

forma óptima durante casi todo el año 2002 y lo que ha transcurrido de 2003, sin haber sido necesario correcciones posteriores. Aun así se atendieron las necesidades de consumo agrícola de las temporadas (zafras) 2001-2002, 2002-2003 y se está atendiendo la actual zafra 2003-2004, claro está con las limitaciones de caudal que teníamos hasta finales del año 2001 y principios del 2002.



Pretendemos en este trabajo exponer los datos de funcionamiento de la planta después de casi dos años de funcionamiento sin problemas, por lo que los mismos se referirán a los meses de agosto, septiembre y octubre de este año 2003, puesto que son coincidentes, además con el comienzo de esta zafra. Para ello exponemos la variación de las características del agua en cada una de las etapas del proceso: efluente que tomamos de la EDAR Sureste, físico-químico, filtros y agua producto.

Variación del pH



El pH del afluente en general se encuentra entre 7 y 8,5, en el periodo observado, incluso se acortan estos valores. Tras los procesos realizados en el físico químico, el pH disminuye por debajo de 7, obteniendo un agua ligeramente ácida. En el proceso de ósmosis vuelve a disminuir el mismo llegando a valores entre 6 y 6,5. No hemos expuesto los datos del agua en la balsa, donde el CO2 del medio ambiente contribuye a la carbonatación y por tanto a incrementar el valor del pH.

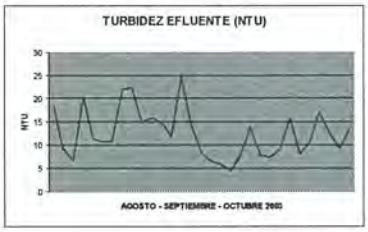






Variación de la turbidez

En este parámetro lo analizaremos en los puntos donde se actúa y por tanto se puede observar una variación importante. Lógicamente no es necesario exponer los datos permeado, donde el valor de la turbidez es "despreciable". Por tanto nos centraremos en el efluente de la del secundario de la EDAR, clarificada y filtros.







Como observamos aunque los valores de la turbidez del efluente en este periodo analizado son bastante aceptables, la realidad es que a lo largo del año podemos tener valores muy superiores. Aún en estos casos, el físico químico consigue disminuir estos valores de manera

muy importante, no superándose en general una NTU de 6. En el gráfico correspondiente a los filtros de precapa y bujía, hemos realizado un ligero desplazamiento entre ambas curvas para que no se superpongan y podamos ver la relación directa entre ambas, contribuyendo los filtros de seguridad a atenuar los picos de Turbidez de los filtros principales.

Variación de la conductividad del efluente

El periodo analizado nos da unos valores muy habituales de conductividad, comprendida entre los 1900 y 2500 µS/cm. Sin embargo podemos tener vertidos con conductividades que el efluente oscilan entre 6000 y 8000 µS/cm, que son seguidos por nuestra Unidad de Control de Vertido. La procedencia suele ser rechazos de desaladoras clandestinas o de algunas industrias que en estos momentos tenemos controladas. A pesar de estas variaciones ocasionales, se consigue actuar y no es necesaria la parada del proceso.







Como observamos en el físico químico, se nos eleva muy ligeramente la conductividad de forma proporcional y en el permeado tenemos unos valores que dependen fundamentalmente del proceso de una planta de ósmosis normal (presión aplicada, limpieza química, ensuciamiento etc.), pretendiendo siempre que los valores no superen mucho los 300 µS/cm, previstos para el diseño. Jugamos así con un importante factor se seguridad, teniendo en cuenta que el Convenio con el Consejo Insular de Aguas, nos impone una conductividad máxima de 600 µS/cm.

Variación de la DBO_5 y la DQO

Los valores de DBO5 y la DQO solemos tenerlos bastante controlados, salvo los casos de vertidos ocasionales. Vemos como en el físico químico, conseguimos disminuir estos valores. No entramos en mas detalles en esta materia que sería objeto de un estudio mas detallado y exponemos a continuación las gráficas de los datos obtenidos.





CONCLUSIÓN

Se pretendido mostrar con este trabajo, la evolución de este Terciario, con físico-químico y ósmosis inversa, concluyendo que desde nuestro punto de vista es un modelo óptimo para la reutilización de Aguas. La realidad es que estamos satisfechos con el proceso elegido y hemos conseguido que agricultores y técnicos valoren en mayor medida la reutilización de aguas.



Las fotos que se exponen a continuación del agua que sale de la planta, con unos precios muy competitivos, con una calidad extraordinaria y que se deposita en las balsas y estanques, están contribuyendo al desarrollo sostenible de esta comarca del Sureste de Gran Canaria.



Ha merecido la pena los dos larguísimos años de trabajos de investigación a escala industrial. Las analíticas nos muestran un agua con baja conductividad, incolora, inodora y con las características biológicas del agua potable: "El futuro ya está aquí".

PARQUES EOLICOS

Los parques eólicos actualmente instalados en Canarias tienen una potencia de 128.855 KW. La potencia producida durante 2003, fue de 358.082.354 KW-h. Prácticamente la energía anual que consumen 90.000 viviendas totalmente equipadas, incluyendo termo y placa eléctricas.

En la comarca del Sureste se encuentran los siguientes parques eólicos:

Aerogenerador Fábrica Acsa	225 kW
Parque eólico Aguatona	200 kW
Aerogenerador Vestas Mancomunidad	200 KW
Parque eólico de Arinaga (GC-1)	360 kW
Parque eólico Tenefé	1.125 KW
Pozo Piletas	225 kW
Santa Lucía	4.800 kW
Pérez Déniz Eólica	2.000 kW
ITC-Enercon	460 kW
ITC-Vestas	455 kW
Finca San Antonio	4.500 kW
Lomo El Cabezo	1.800 kW
Bahía de Formas III	5.000 kW
Bahía de Formas IV	5.000 kW
La Punta	5.500 kW
La Gaviota	6.930 kW
Carretera de Arinaga	6.180 kW
Montaña San Francisco I	1.125 kW
Cenemesa Mancomunidad (Fuera Uso)	300 kW
Artes Gráficas CONSUMO ASOCIADO	900 KW
La Vereda CONSUMO ASOCIADO	225 kW
La Florida CONSUMO ASOCIADO	2.500 KW

La potencia total instalada en la comarca del Sureste es de 51.630 kW, que equivale al 40 % de la total del archipiélago. Cabe resaltar que solamente se encuentran funcionando cuatro parques de consumo asociado, es decir que consumen parcialmente la energía que producen, todos emplazados en esta isla, de los cuales tres se encuentran en el Sureste.

En cuanto a las horas equivalentes de funcionamiento, que nos mide el número de horas que estaría funcionando un parque a plena potencia, destacan con gran diferencia, a nivel europeo los emplazados en esta comarca. Así el denominado Lomo el Cabezo en Agüimes supera año tras año las míticas 4.000 horas de funcionamiento equivalente, de las 8.760 horas que tienen un año. El récord, lo tuvo en el año 1999 con 4.880 horas, que no ha sido superado, por ningún otro parque eólico de nuestro planeta. También han superado las 4000 horas anuales, en nuestra comarca los de ITC-Enercon, ITC-Vestas, Bahía de Formas (III y IV) y La Punta y Tenefé.

Con la evolución tecnológica y las características eólicas de nuestra comarca, estos valores se convertirán en habituales, lo que augura un futuro muy optimista para el desarrollo de la energía eólica. La energía consumida por los parques eólicos emplazados en esta comarca supera a la consumida por todos los habitantes, incluyendo la correspondiente a todos los sectores entre los que destacamos el Polígono Industrial de Arinaga y el ciclo de producción y regeneración del agua de la Mancomunidad del Sureste.

CONCLUSION GENERAL: PLAN DE SURESTE SOSTENIBLE

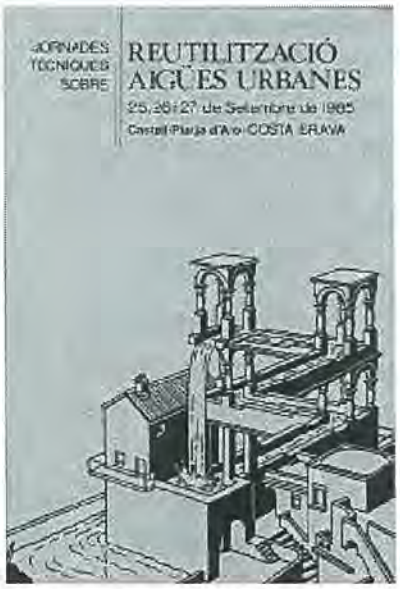
Con los datos expuestos, confirmamos que la Mancomunidad del Sureste de Gran Canaria constituye un sistema integrado de energía, agua y agricultura.

A partir de un recurso natural como es la energía del viento actualmente se produce:

- Agua desalada para más de 100.000 habitantes
- Se reutiliza el agua residual, con un proceso que consigue tener agua PURA par ser utilizada en todo tipo de cultivo de exportación
- Energía eléctrica, además de la necesaria para el sistema de generación y reutilización de agua, el correspondiente a toda la población y el mayor polígono industrial de Canarias

Se trata, posiblemente, del mayor sistema integrado y autosostenido de energía – agua – agricultura que existe en el MUNDO, por ello la Mancomunidad del Sureste de Gran Canaria esta llamada a convertirse en una referencia mundial del desarrollo sostenible.

Prólogo del libro de ponencias



Ahora que hace 20 años de las primeras Jornadas Técnicas sobre reutilización de aguas urbanas celebradas en 1985 en Castell-Platja d'Aro podemos afirmar que muchas de las ideas de aquellas sesiones del lejano 1985 son hoy una realidad en la Costa Brava. Aquello que eran posibilidades teóricas y, por tanto, remotas, son hoy hechos cotidianos.

20 años que van de la teoría a la práctica. Práctica cuantificada, medida, analizada, contrastada y divulgada. Práctica que contrasta, verifica y mejora la teoria. Práctica para desarrollar múltiples proyectos que nos han permitido año tras año, y metro cúbico tras metro cúbico, llegar a reutilizar un 25% del total del agua depurada en la Costa Brava. Y no hemos terminado. Un porcentaje destacable tanto en el contexto de la península ibérica como de los demás estados europeos. A finales de este año 2005 se habrán producido a lo largo de la Costa Brava alrededor de 7.000.000 m^3 en una docena de installaciones que reúnen toda la diversidad posible de tratamientos terciarios.

20 años para que hoy el agua regenerada sea reutilizada con finalidades diversas por usuarios diferenciados y beneficiarios múltiples. Así, entre ellos encontramos el riego agrícola, desde vides hasta huertas, maíz y forrajes; el riego de jardinería; el riego de cinco camps de golf (todos los situados en la Costa Brava excepte uno, pero que ya está tramitando la concesión de agua regenerada), un Pitch & Putt, y un campo de fútbol; la reutilización con finalidad ambiental en el Parc Natural dels Aiguamolls de l'Empordà y en las rieras de Tossa de Mar y Ridaura; la recarga planificada de acuíferos para evitar intrusiones salinas en el Baix Tordera; y finalmente toda una serie de usos urbanos diversos, que van desde la limpieza de calles y de contenedores de basura hasta el riego de zonas verdes, passando por el agua que se utiliza en los depósitos anti-incendios de las montañas de la zona. Todos estos usos del agua regenerada son una práctica cotidiana en la Costa Brava, especialmente agradecida y paradójica en épocas de sequía.

20 años de reutilización entendida como una herramienta para la mejora progresiva de la gestión integral del ciclo del agua, a nivel local. Herramienta con múltiples aplicaciones. Tanto para producir agua regenerada para atender demandas que de otra manera no se podrían satisfacer, como para optimizar la

gestión ambiental de un territorio típico de ribera mediterránea, depurando el agua urbana y haciendo un uso eficiente de los nutrientes orgánicos que transportan las aguas residuales. Aplicando estos nutrientes con criterios agronómicos allá donde hacen falta y sustituyendo los fertilizantes minerales, o bien disminuyéndolos tanto como nos sea posible allá donde no convengan por razones hidrogeológicas o de riesgo de eutrofización. Y siempre utilizando las técnicas más avanzadas para evitar los indeseables e innecesarios riesgos sanitarios.

20 años de planificación de la reutilización a escala local. Una escala -y una idea de la reutilización- que reclama el conocimiento preciso del territorio. Un conocimiento que se adquiere recorriéndolo palmo a palmo. Pisando plazas y calles, atravesando valles y resiguiendo rieras, llenándose los pies de barro en los humedales y aguantando el sol en los terrenos de secano, aguantando la tramontana y disfrutando de la calma, observando aves, mamíferos, peces, reptiles y plantas, y viendo -ay!- como se transforma el paisaje con nuevas edificaciones. Hablando con instituciones locales, asociaciones, plataformas, comunidades de regantes, vecinos, técnicos municipales, concejales y alcaldes, para aprender de todos ellos. Y aprendiendo también con la práctica diaria de la reutilización.

20 años mejorando progresivamente. Equivocándonos de vez en cuando y rectificando. Preguntándonos en cada nuevo proyecto de reutilización si la situación resultante de la nueva realización mejorarà la situación previa y si todos los usuarios saldrán ganando, sin olvidarnos -naturalmente- de los riesgos y de los beneficios ambientales. Así avanzamos en la reutilización, por el análisis detallado de cada caso y de su contexto local. Es decir, aplicando la reutilización cuando nos aporta soluciones y no haciéndolo cuando su aplicación nos genera problemas, entre los cuales los económicos.

20 años de reutilización que nos han permitido conocer a las personalidades más relevantes en el ámbito de la reutilización a escala mundial, a través del establecimiento de magnificas relaciones institucionales y personales con todos ellos. Estos 20 años también nos han permitido dar a conocer la actividad del Consorcio de la Costa Brava en el ámbito de la reutilización en este mundo, hoy globalizado. No puedo dejar de mencionar a unos cuantos, como muestra de reconocimiento y agradecimiento. Así, Takashi Asano, presente en las primeras y segundas Jornadas, y premiado en el año 2001 con el Stockolm Water Prize, en reconocimiento a su contínua tarea en favor de la reutilización planificada de las aguas; Pedro Arrojo, presente en las Jornadas de 1998, Premio Goldman de Medio Ambiente en el año 2003 y Presidente de la Fundación Nueva Cultura del

Agua; Rafael Mujeriego, siempre a punto de ayudar al Consorcio de la Costa Brava, que además fue Presidente del Water Reuse Group de la IWA de 1995 a 2000, y también es Presidente, desde 2002, del Consejo para el Uso Sostenible del Agua en Cataluña. Mencionar también a Ramon Folch, Miquel Salgot, Joan Gaya, Manuel Suarez, James Cook y Marcelo Juanicó, todos ellos profesionales de reconocido prestigio. Y tantos otros a quienes apelo a su benevolencia al no citarlos. Y, cómo no, Lluís Sala, alma de la reutilización en el Consorcio de la Costa Brava y secretario infatigable durante ocho años (1995-2003) del Water Reuse Group de la IWA. Este grupo especializado, de alcance internacional, celebró el 1st International Symposium precisamente en Castell-Platja d'Aro en aquel año 1991 de tan buen recuerdo. Un primer simposio internacional que se estrenaba en la Costa Brava y que ha celebrado las sucesivas sesiones en Creta (1995), París (2000), México (2003) y Corea del Sur (2005). Es un orgullo para el Consorcio de la Costa Brava haber podido colaborar en los inicios de un grupo especializado en reutilización dentro de la IWA y ver como se ha ido consolidando en el transcurso del tiempo.

Y 20 años, *last but not least*, contribuyendo a una nueva cultura del agua que hace de la reutilización, el ahorro, la gestión de la demanda y la participación ciudadana, sus principios fundamentales orientados a la sostenibilidad de las políticas hidráulicas. Estos principios compartidos y practicados día a día, junto con la certeza de la bondad del principio de subsidiariedad son -todos ellos- necesarios para garantizar una nueva y mejor gestión del ciclo integral del agua desde el territorio y para un territorio concreto.

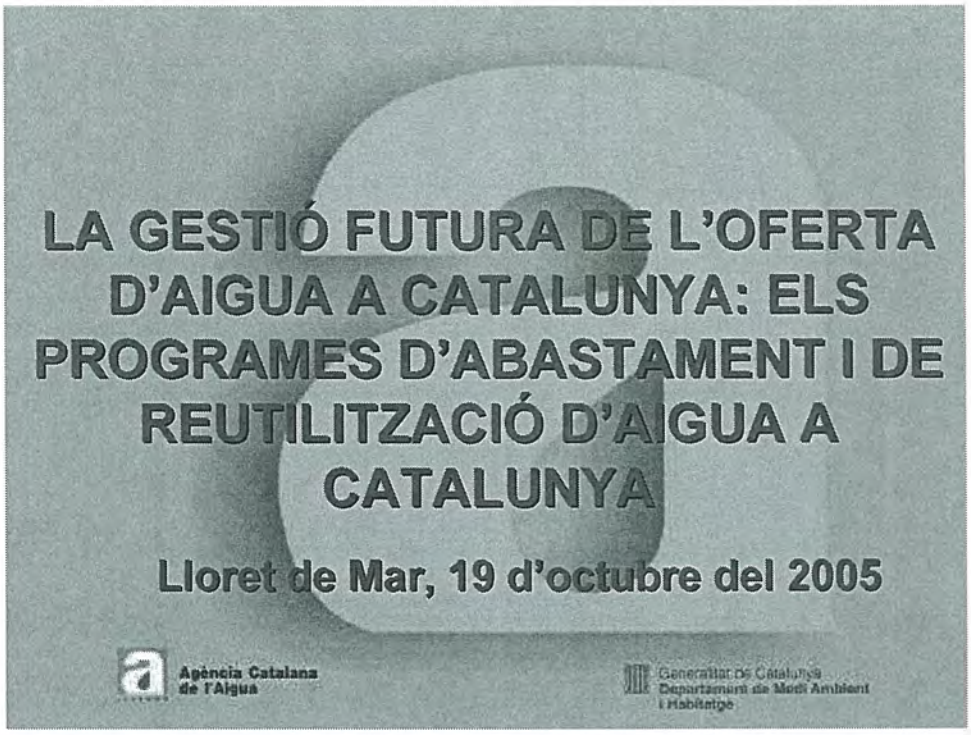
Manel Serra
Gerente del Consorcio de la Costa Brava
Octubre 2005

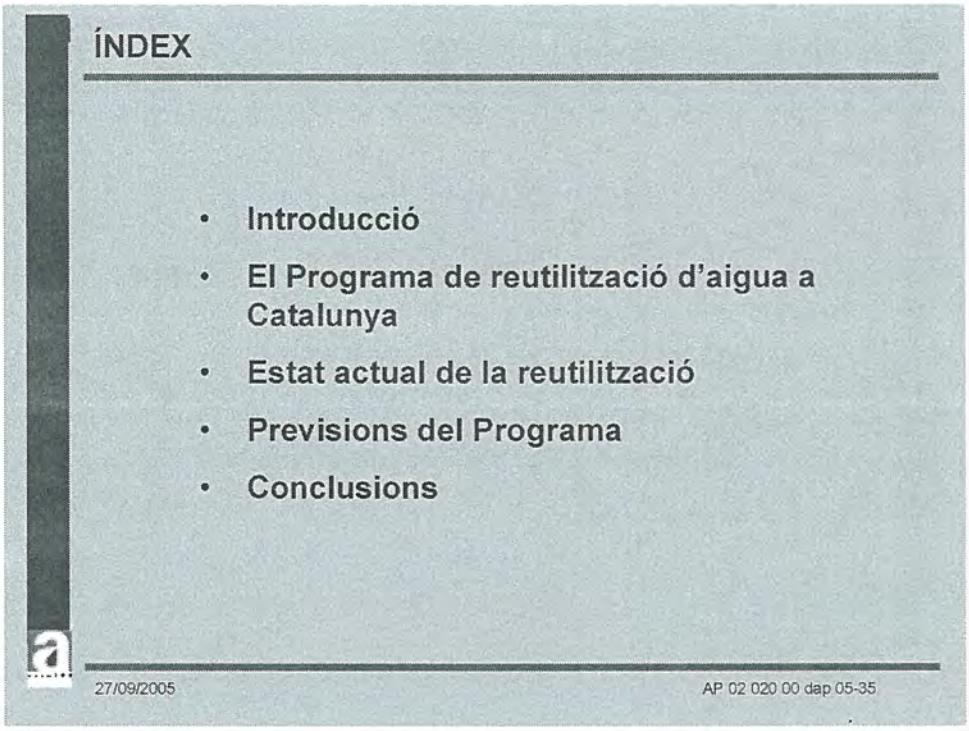
Jornades Tècniques: La integració de l'aigua regenerada en la gestió dels recursos
Jornadas Técnicas: La integración del agua regenerada en la gestión de los recursos
Technical Workshop: The integration of reclaimed water in water resource management
Lloret de Mar, Costa Brava, Girona, Octubre 2005

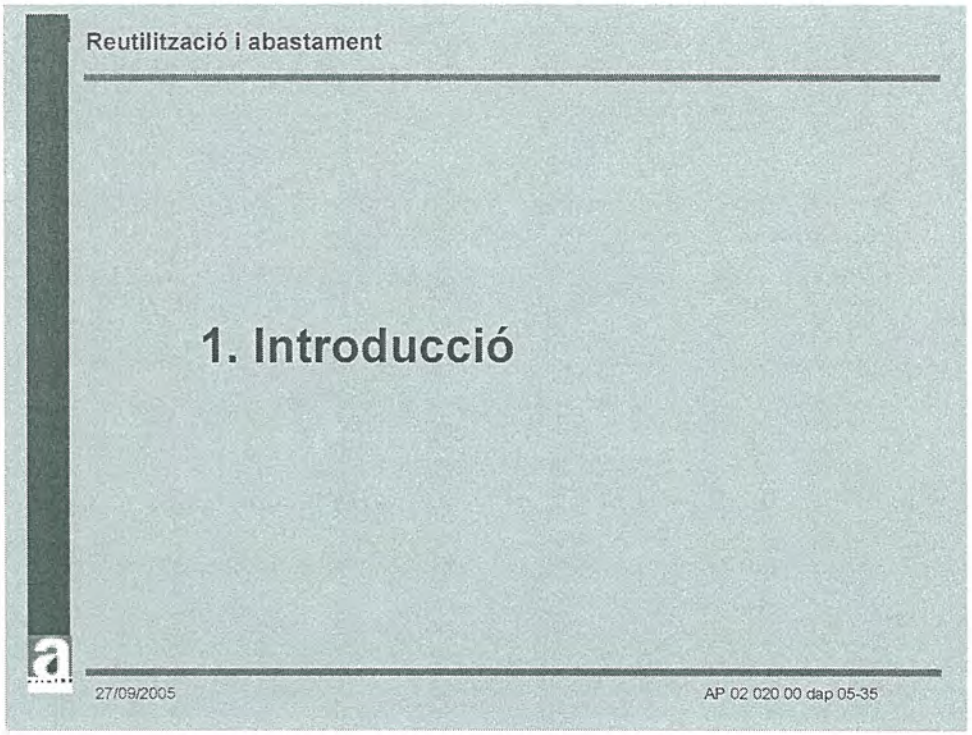
LA GESTIÓ FUTURA DE L'OFERTA D'AIGUA A CATALUNYA: ELS PROGRAMES D'ABASTAMENT I DE REUTILITZACIÓ D'AIGUA A CATALUNYA

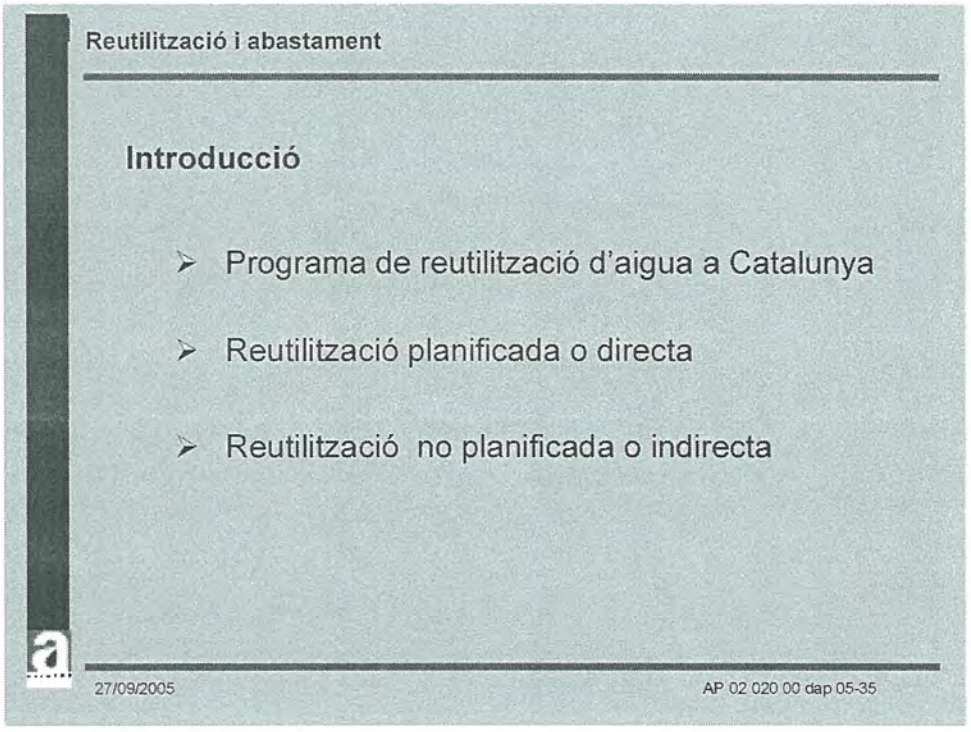
Gabriel Borràs

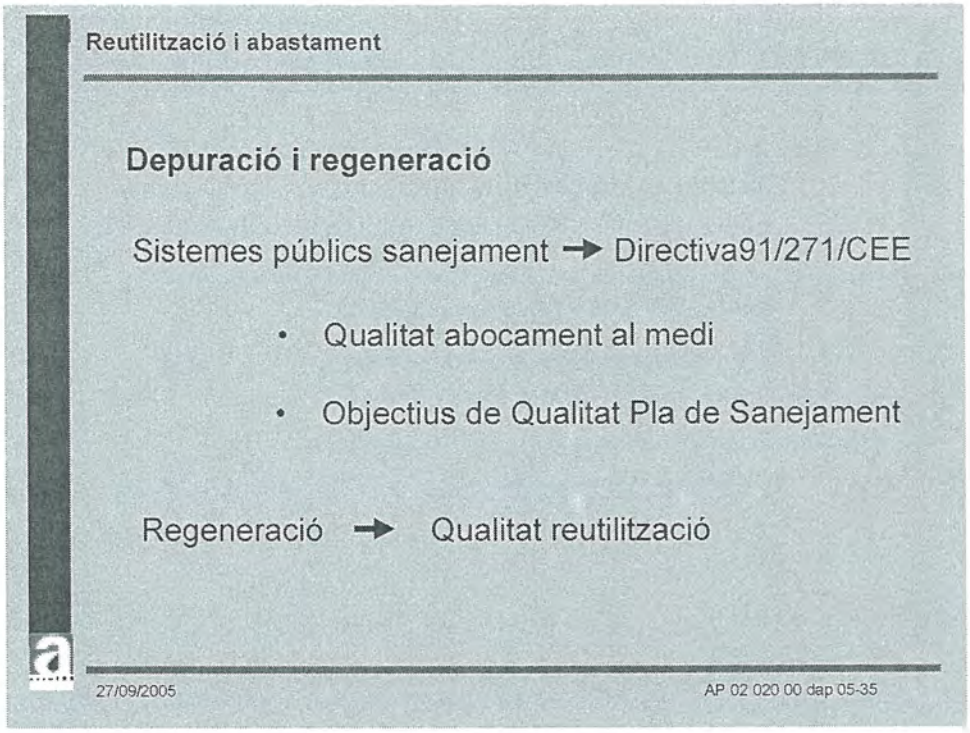
Agència Catalana de l'Aigua
Provença 204-208
08036 Barcelona
E-mail: gborras@gencat.net

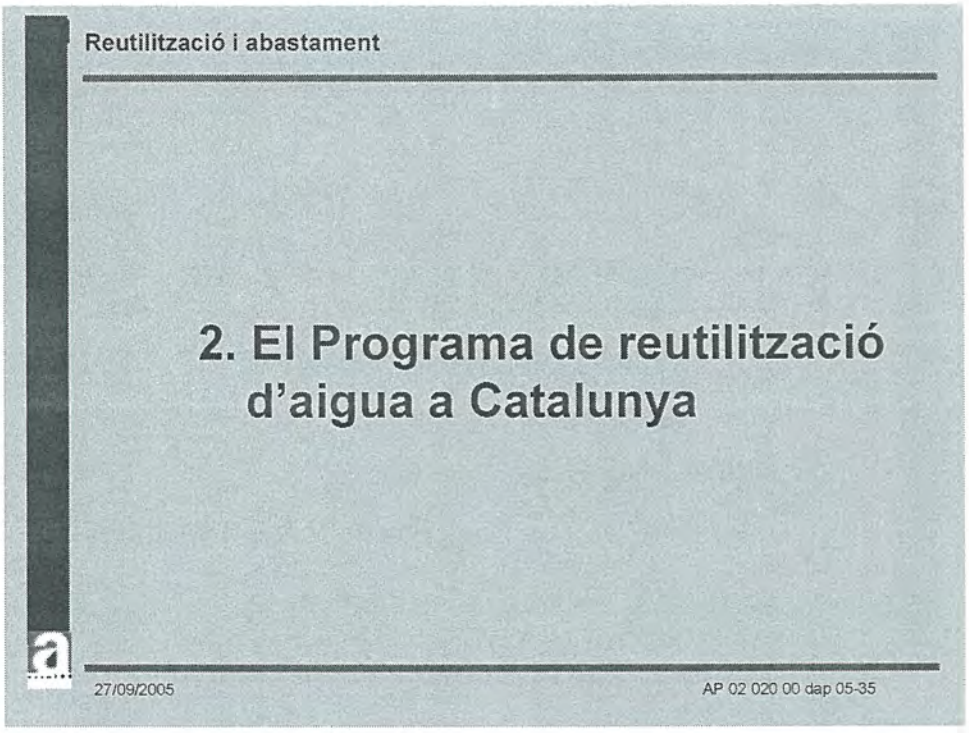

LA GESTIÓ FUTURA DE L'OFERTA D'AIGUA A CATALUNYA: ELS PROGRAMES D'ABASTAMENT I DE REUTILITZACIÓ D'AIGUA A CATALUNYA
Lloret de Mar, 19 d'octubre del 2005
Agència Catalana de l'Aigua
Generalitat de Catalunya
Departament de Medi Ambient i Habitatge

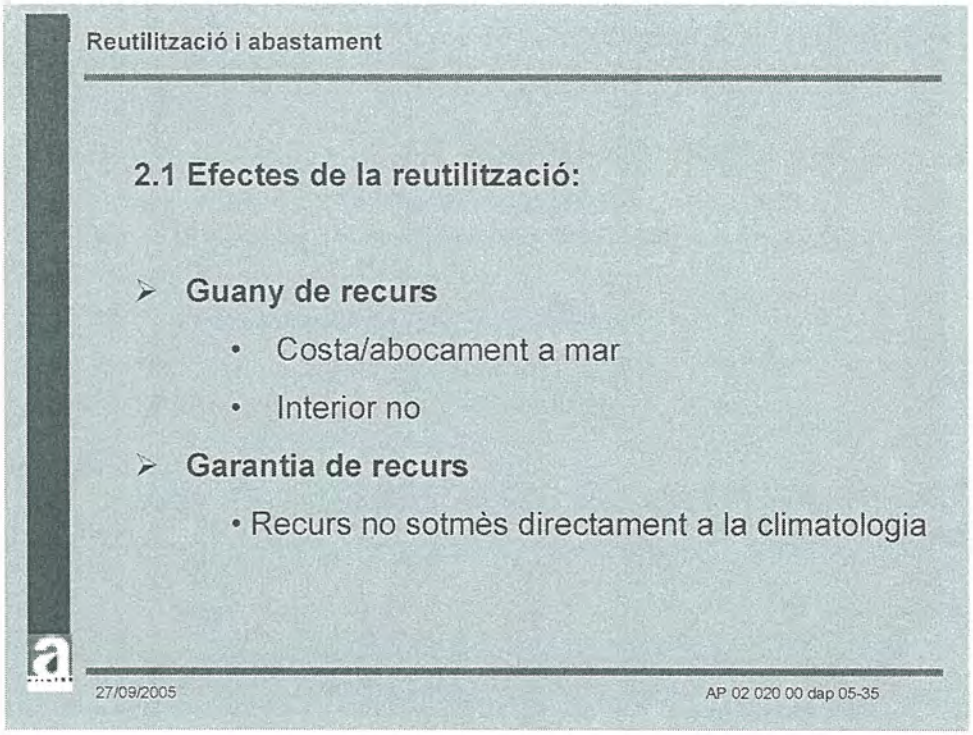

ÍNDEX
Introducció
El Programa de reutilització d'aigua a Catalunya
Estat actual de la reutilització
Previsions del Programa
Conclusions
27/09/2005
AP 02 020 00 dap 05-35

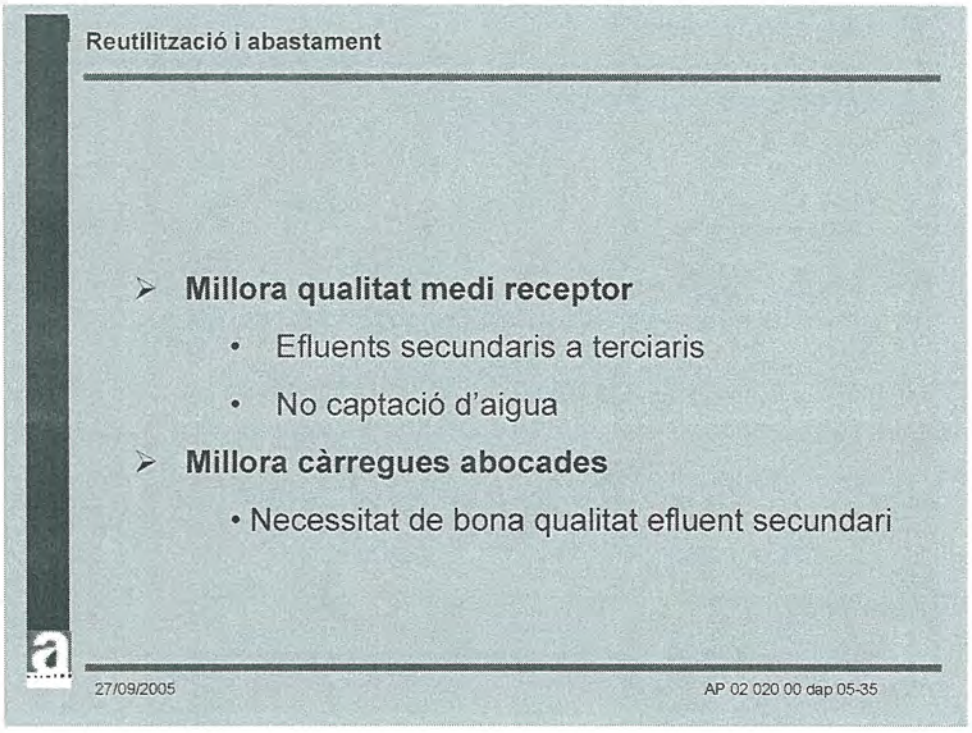

Reutilització i abastament
1. Introducció
27/09/2005
AP 02 020 00 dap 05-35

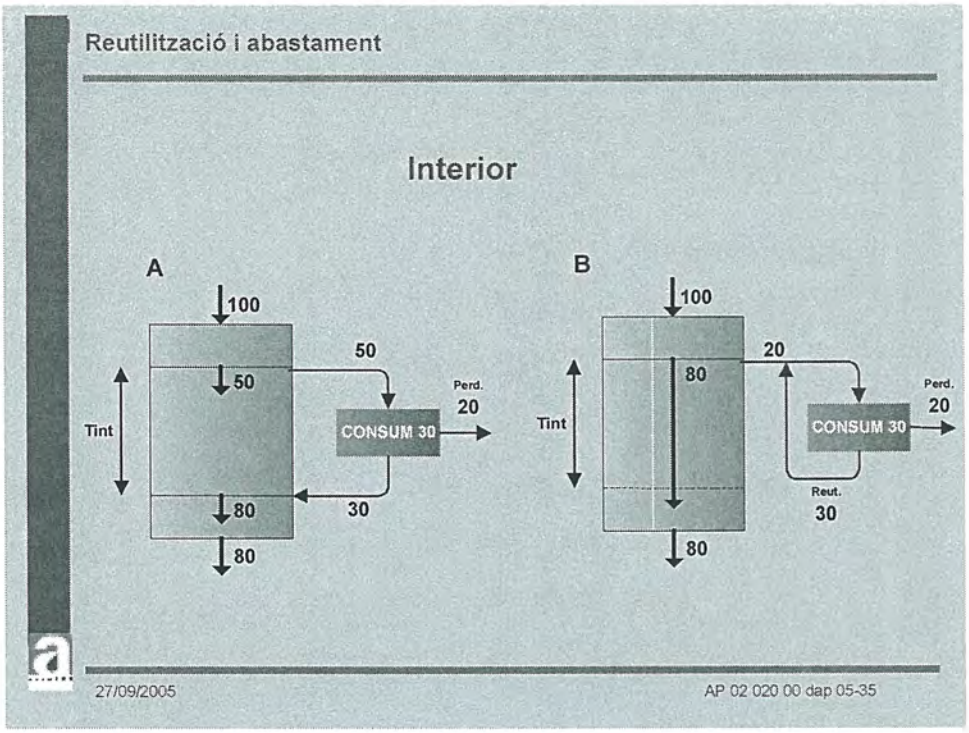

Reutilització i abastament
Introducció
Programa de reutilització d'aigua a Catalunya
Reutilització planificada o directa
Reutilització no planificada o indirecta
27/09/2005
AP 02 020 00 dap 05-35

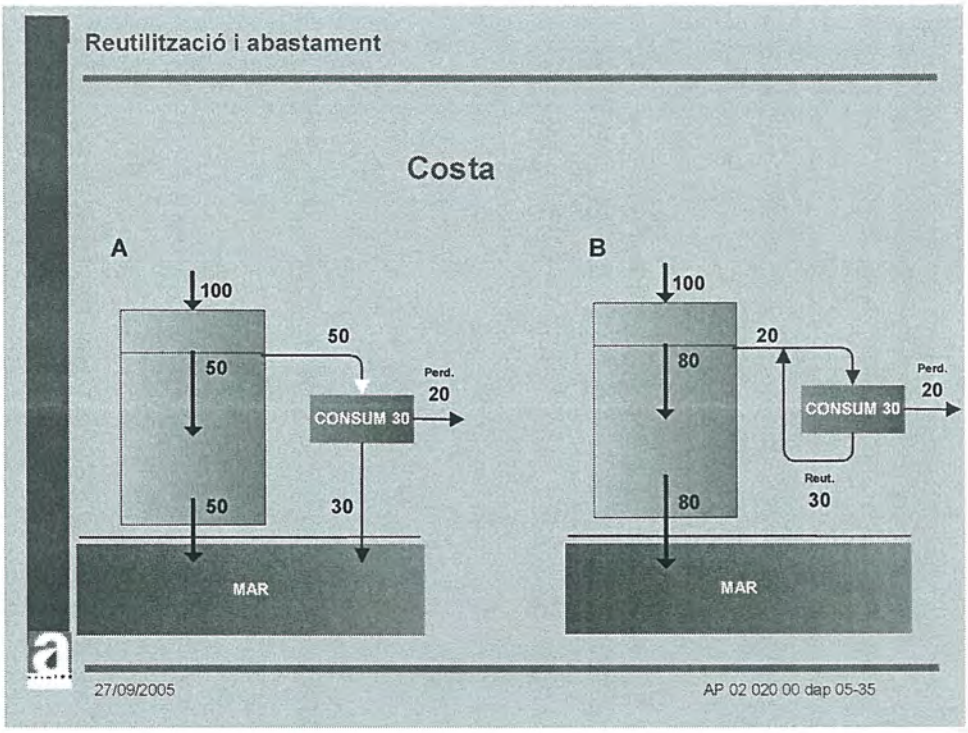

Reutilització i abastament
Depuració i regeneració
Sistemes públics sanejament → Directiva91/271/CEE
• Qualitat abocament al medi
• Objectius de Qualitat Pla de Sanejament
Regeneració → Qualitat reutilització
27/09/2005
AP 02 020 00 dap 05-35

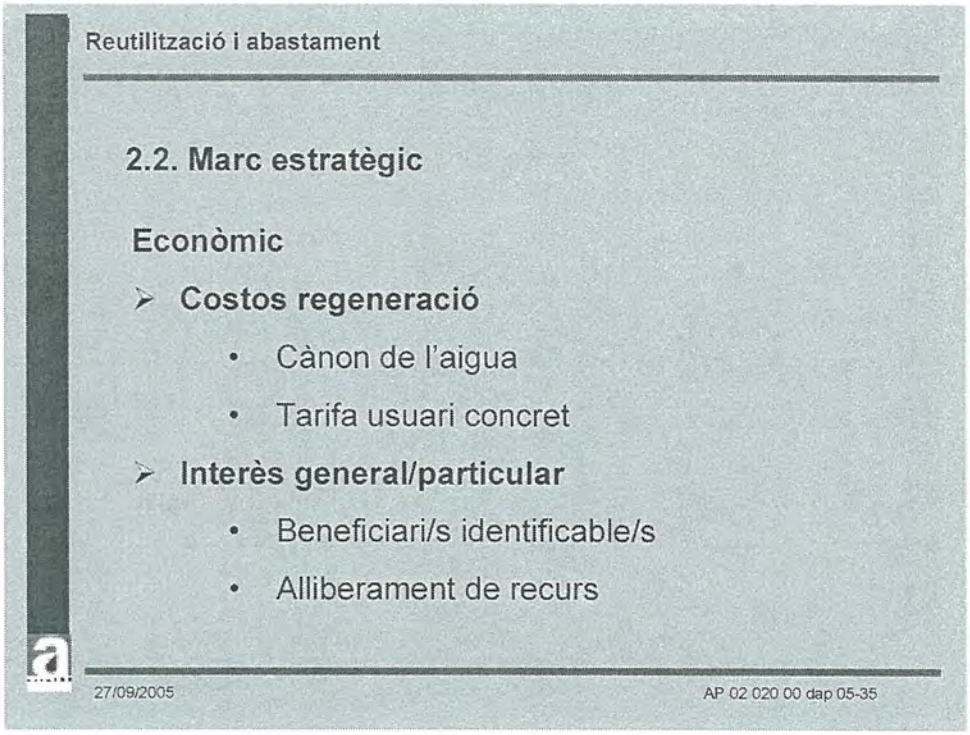

Reutilització i abastament
2. El Programa de reutilització d'aigua a Catalunya
27/09/2005
AP 02 020 00 dap 05-35

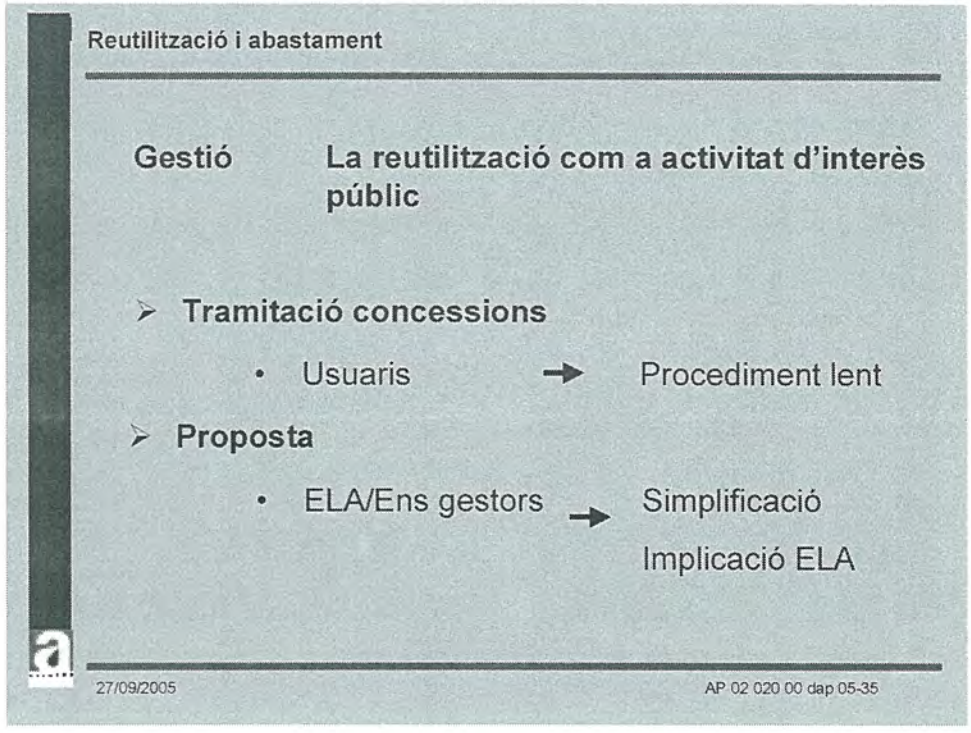

Reutilització i abastament
2.1 Efectes de la reutilització:
Guany de recurs
Costa/abocament a mar
Interior no
Garantia de recurs
Recurs no sotmès directament a la climatologia
27/09/2005
AP 02 020 00 dap 05-35

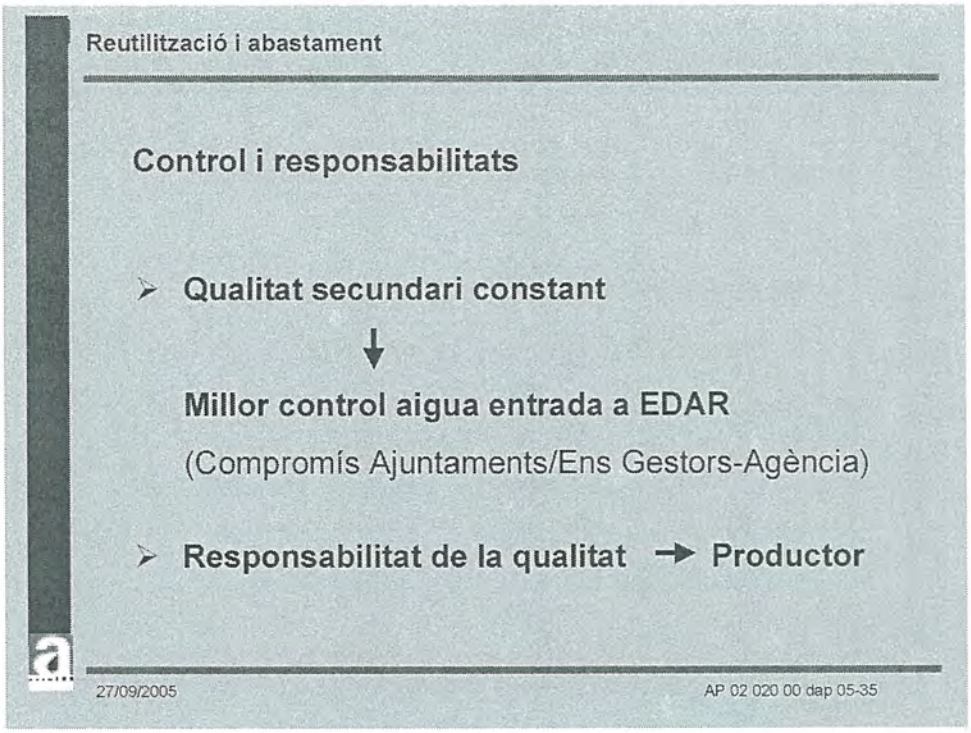

Reutilització i abastament
Millora qualitat medi receptor
Efluents secundaris a terciaris
No captació d'aigua
Millora càrregues abocades
Necessitat de bona qualitat efluent secundari
27/09/2005
AP 02 020 00 dap 05-35

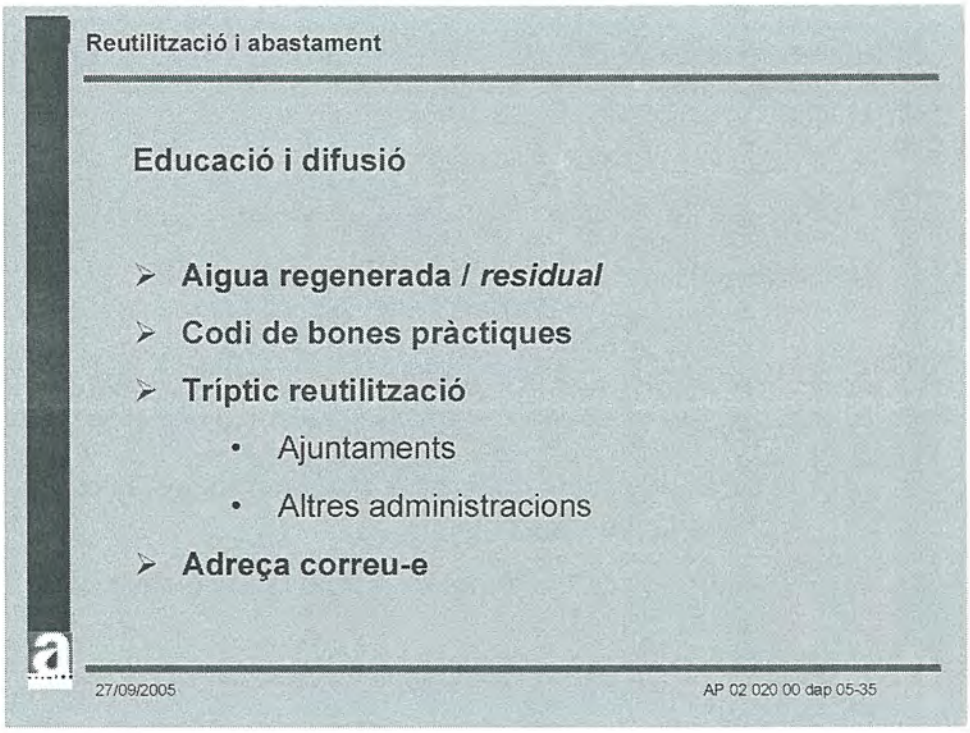

Reutilització i abastament
Interior
A
100
50
50
Tint
Perd.
20
CONSUM 30
30
80
80
B
100
20
80
Tint
Perd.
20
CONSUM 30
Reut.
30
80
27/09/2005
AP 02 020 00 dap 05-35

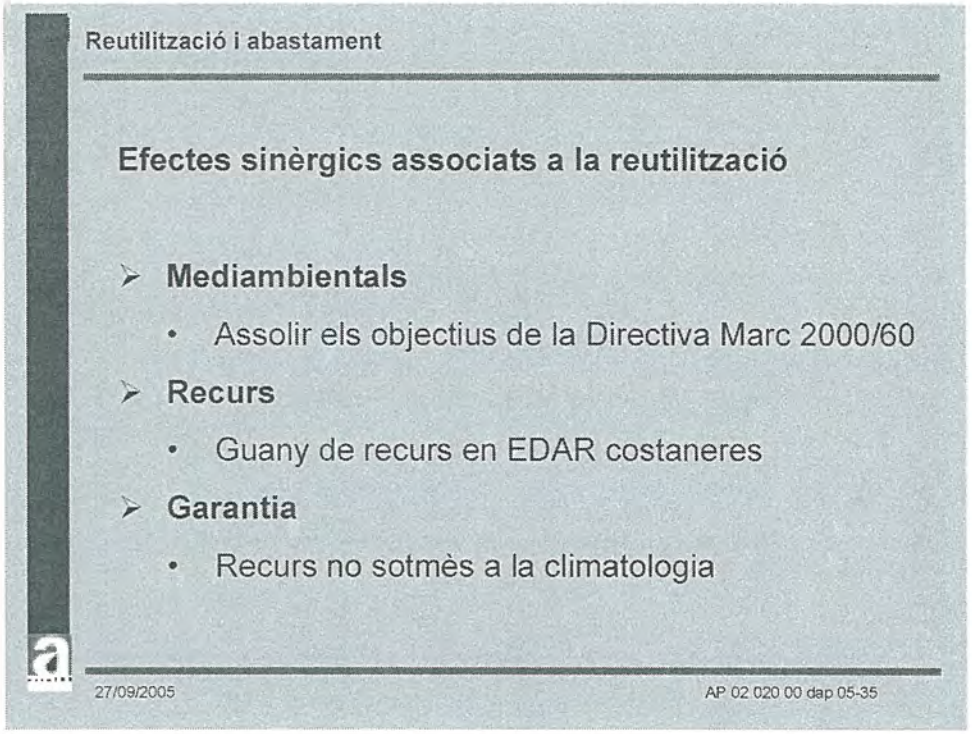

Reutilització i abastament
Costa
A
100
50
50
Perd.
20
CONSUM 30
50
30
MAR
B
100
20
80
Perd.
20
CONSUM 30
Reut.
30
80
MAR
27/09/2005
AP 02 020 00 dap 05-35

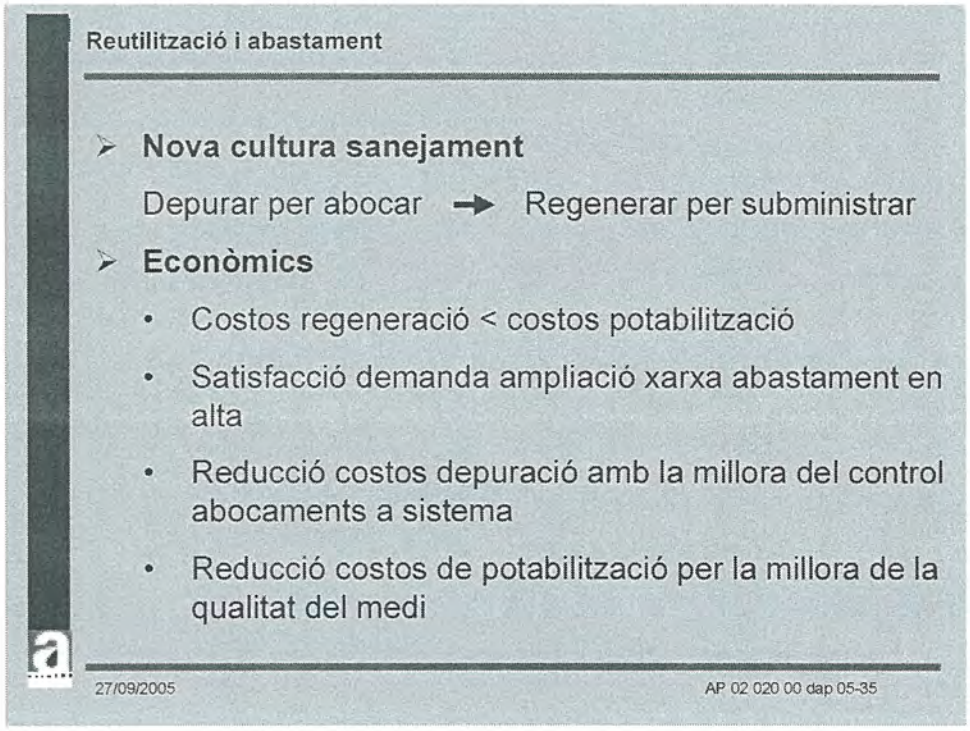

Reutilització i abastament
2.2. Marc estratègic
Econòmic
Costos regeneració
Cànon de l'aigua
Tarifa usuari concret
Interès general/particular
Beneficiari/s identificable/s
Alliberament de recurs
27/09/2005
AP 02 020 00 dap 05-35

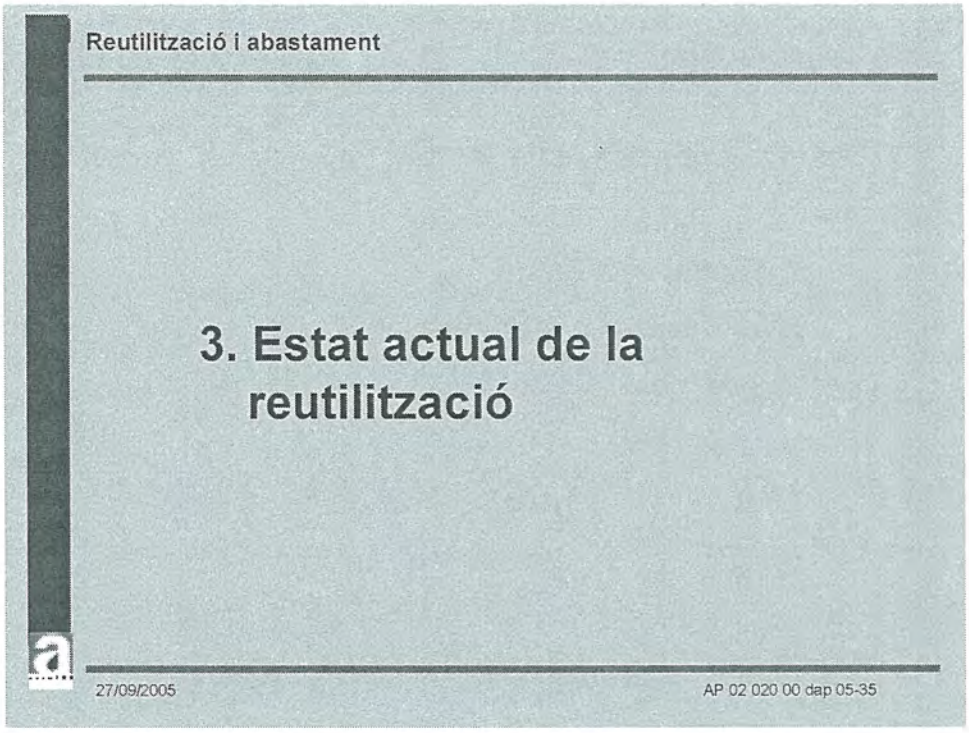

Reutilització i abastament
Gestió
La reutilització com a activitat d'interès públic
Tramitació concessions
Usuaris
Procediment lent
Proposta
ELA/Ens gestors
Simplificació
Implicació ELA
27/09/2005
AP 02 020 00 dap 05-35

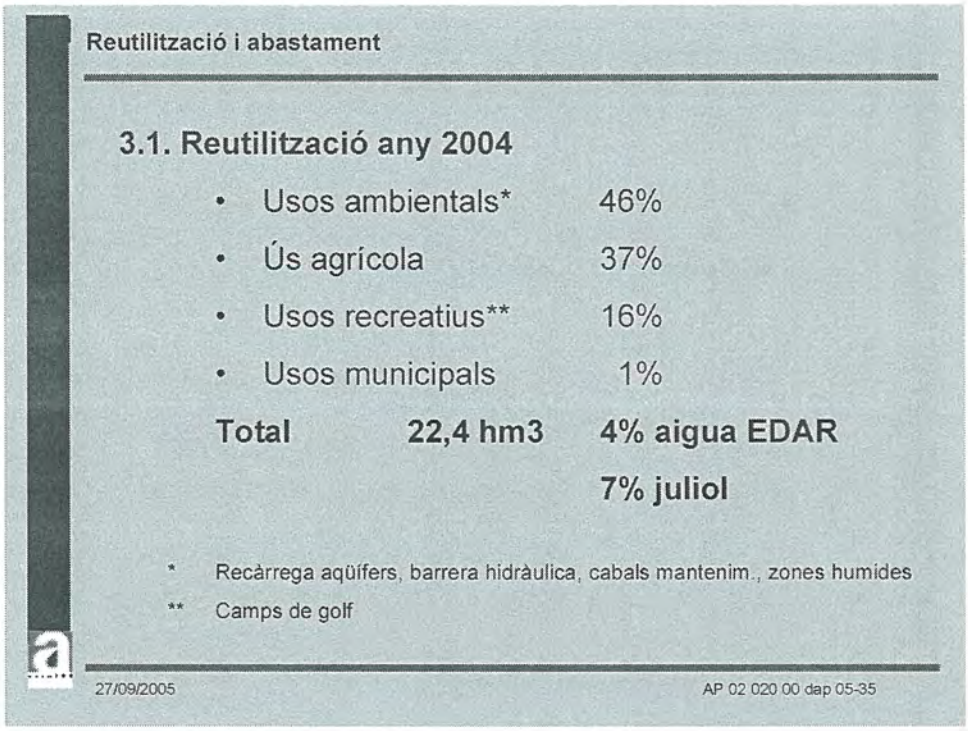

Reutilització i abastament
Control i responsabilitats
Qualitat secundari constant
Millor control aigua entrada a EDAR
(Compromís Ajuntaments/Ens Gestors-Agència)
Responsabilitat de la qualitat → Productor
27/09/2005
AP 02 020 00 dap 05-35

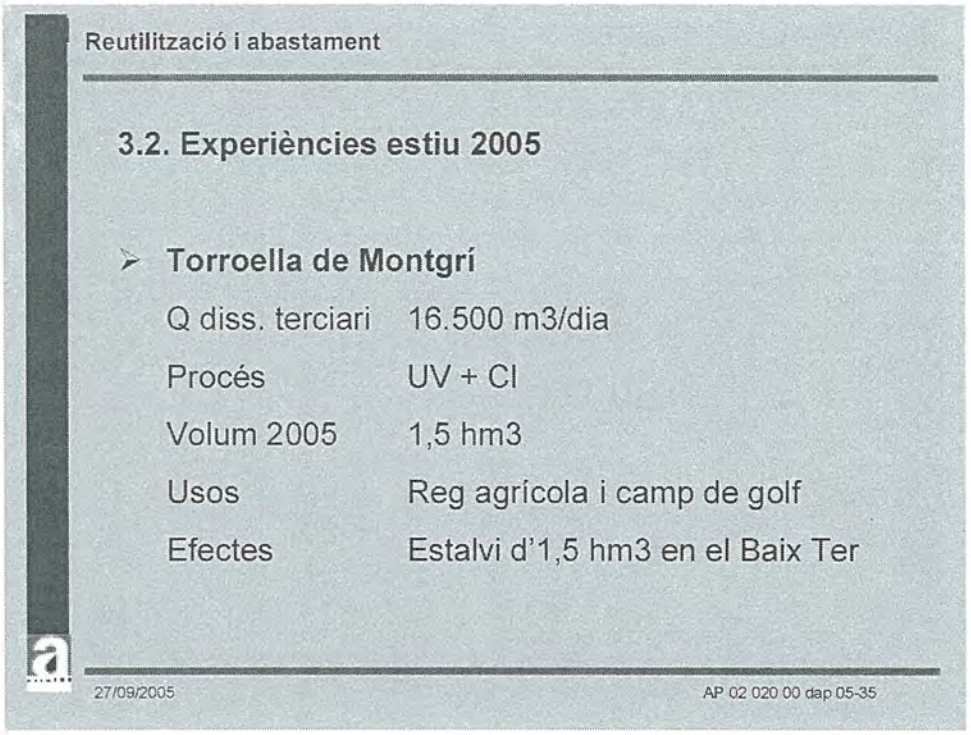

Reutilització i abastament
Educació i difusió
Aigua regenerada / *residual*
Codi de bones pràctiques
Tríptic reutilització
Ajuntaments
Altres administracions
Adreça correu-e
27/09/2005
AP 02 020 00 dap 05-35

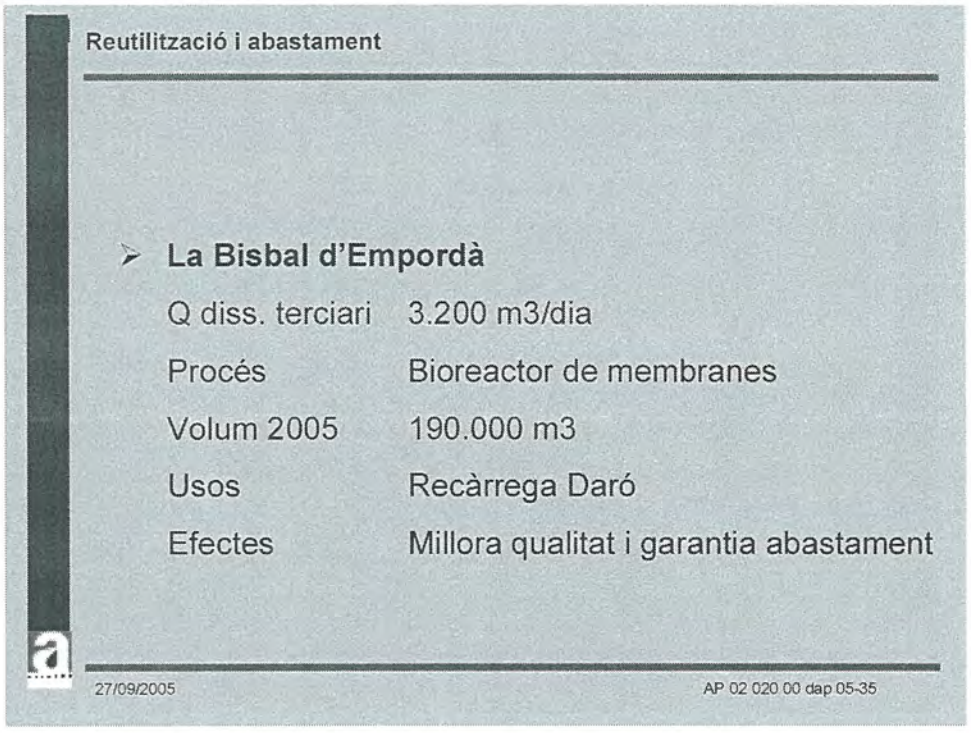

Reutilització i abastament
Efectes sinèrgics associats a la reutilització
Mediambientals
Assolir els objectius de la Directiva Marc 2000/60
Recurs
Guany de recurs en EDAR costaneres
Garantia
Recurs no sotmès a la climatologia
27/09/2005
AP 02 020 00 dap 05-35

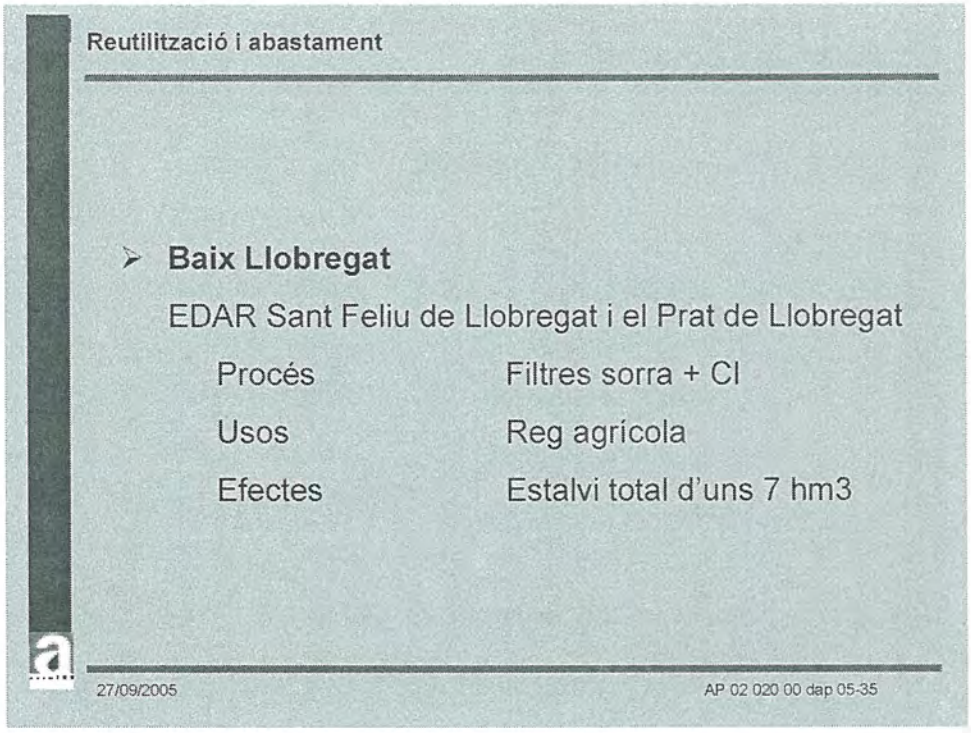

Reutilització i abastament
Nova cultura sanejament
Depurar per abocar → Regenerar per subministrar
Econòmics
Costos regeneració < costos potabilització
Satisfacció demanda ampliació xarxa abastament en alta
Reducció costos depuració amb la millora del control abocaments a sistema
Reducció costos de potabilització per la millora de la qualitat del medi
27/09/2005
AP 02 020 00 dap 05-35

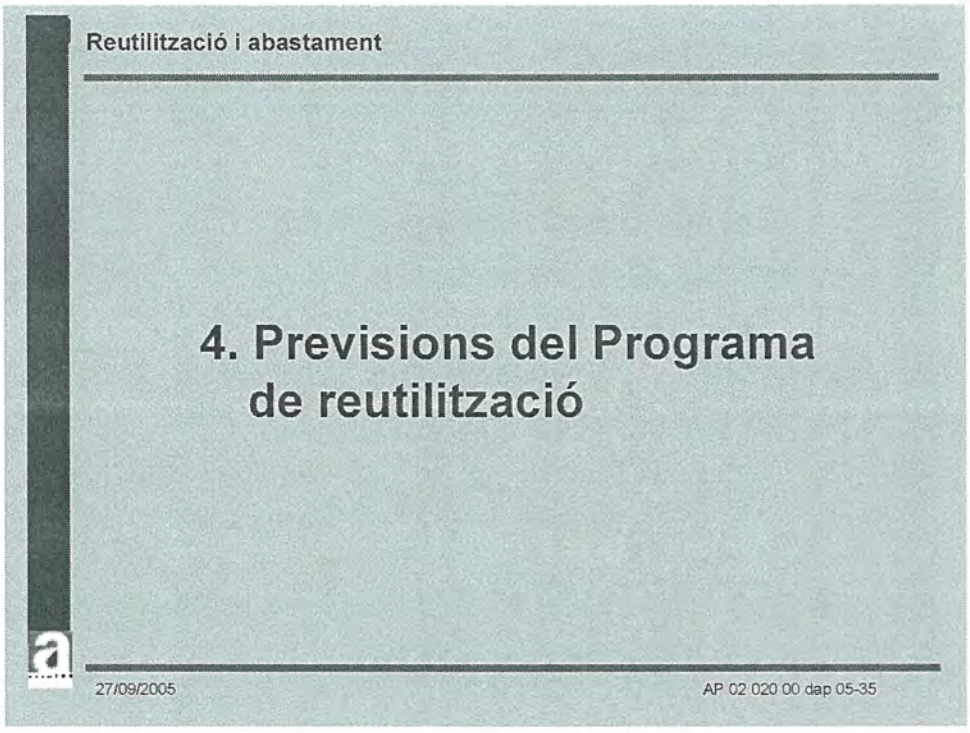

Reutilització i abastament
3. Estat actual de la reutilització
27/09/2005
AP 02 020 00 dap 05-35

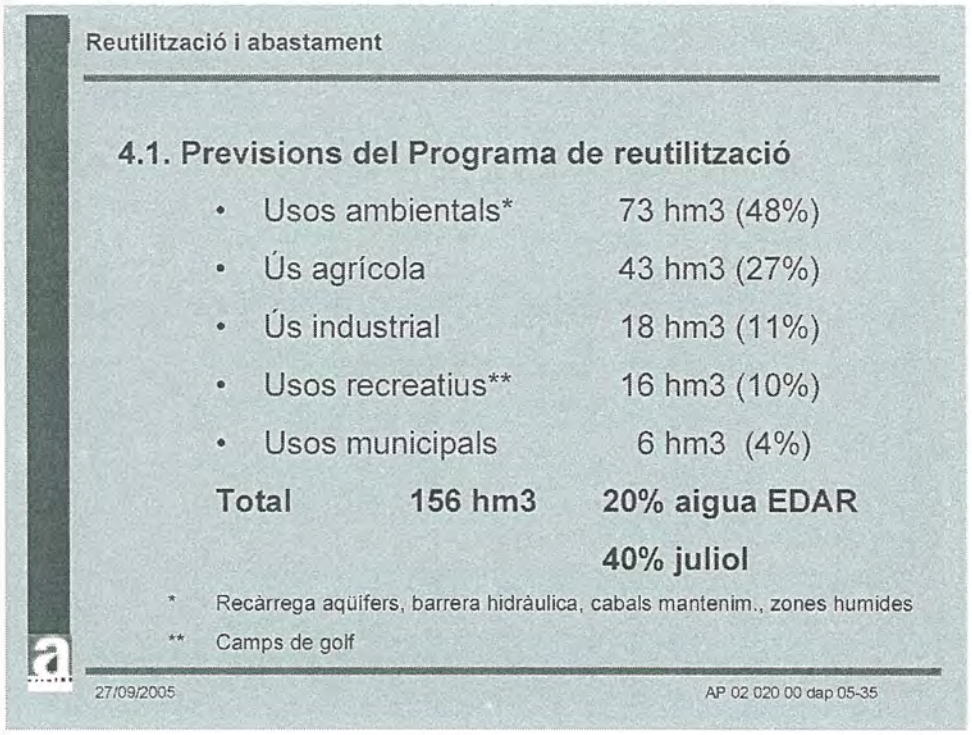

Reutilització i abastament
3.1. Reutilització any 2004
• Usos ambientals* 46%
• Ús agrícola 37%
• Usos recreatius** 16%
• Usos municipals 1%
Total 22,4 hm3 4% aigua EDAR
7% juliol
* Recàrrega aqüífers, barrera hidràulica, cabals mantenim., zones humides
** Camps de golf
27/09/2005
AP 02 020 00 dap 05-35

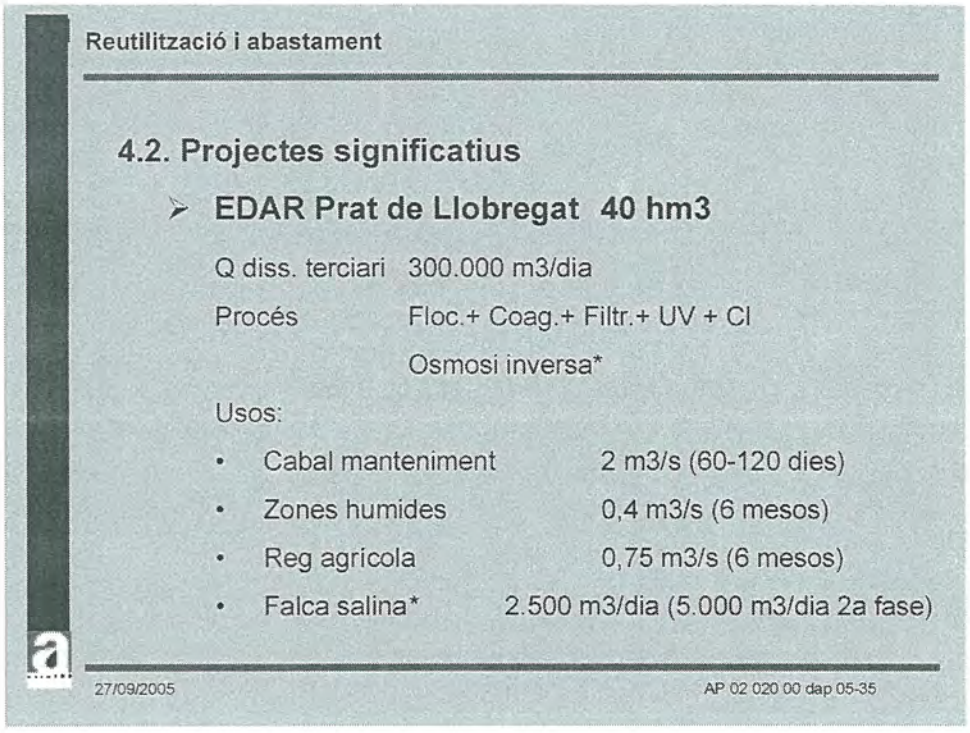

Reutilització i abastament
3.2. Experiències estiu 2005
Torroella de Montgrí
Q diss. terciari 16.500 m3/dia
Procés UV + Cl
Volum 2005 1,5 hm3
Usos Reg agrícola i camp de golf
Efectes Estalvi d'1,5 hm3 en el Baix Ter
27/09/2005
AP 02 020 00 dap 05-35

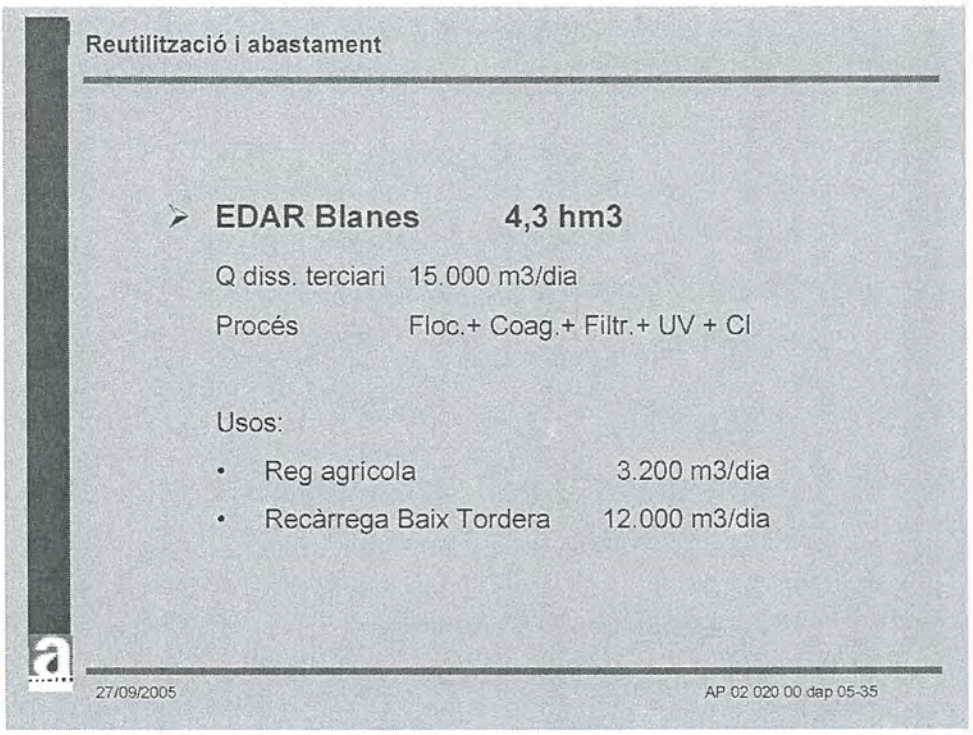

Reutilització i abastament
La Bisbal d'Empordà
Q diss. terciari 3.200 m3/dia
Procés Bioreactor de membranes
Volum 2005 190.000 m3
Usos Recàrrega Daró
Efectes Millora qualitat i garantia abastament
27/09/2005
AP 02 020 00 dap 05-35

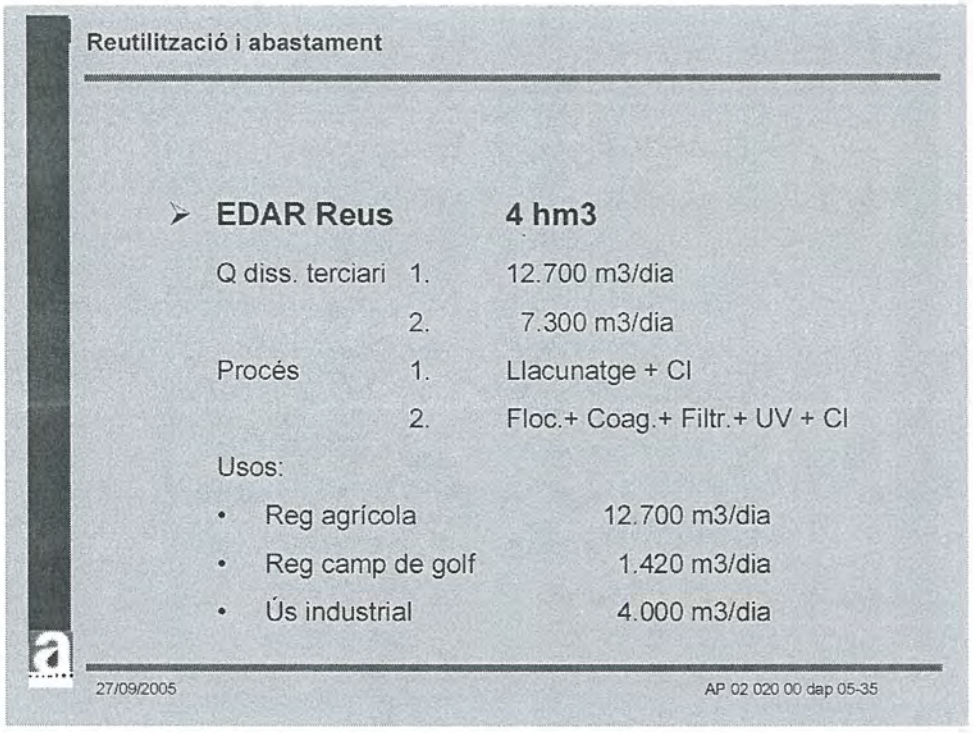

Reutilització i abastament
Baix Llobregat
EDAR Sant Feliu de Llobregat i el Prat de Llobregat
Procés
Filtres sorra + Cl
Usos
Reg agrícola
Efectes
Estalvi total d'uns 7 hm3
27/09/2005
AP 02 020 00 dap 05-35

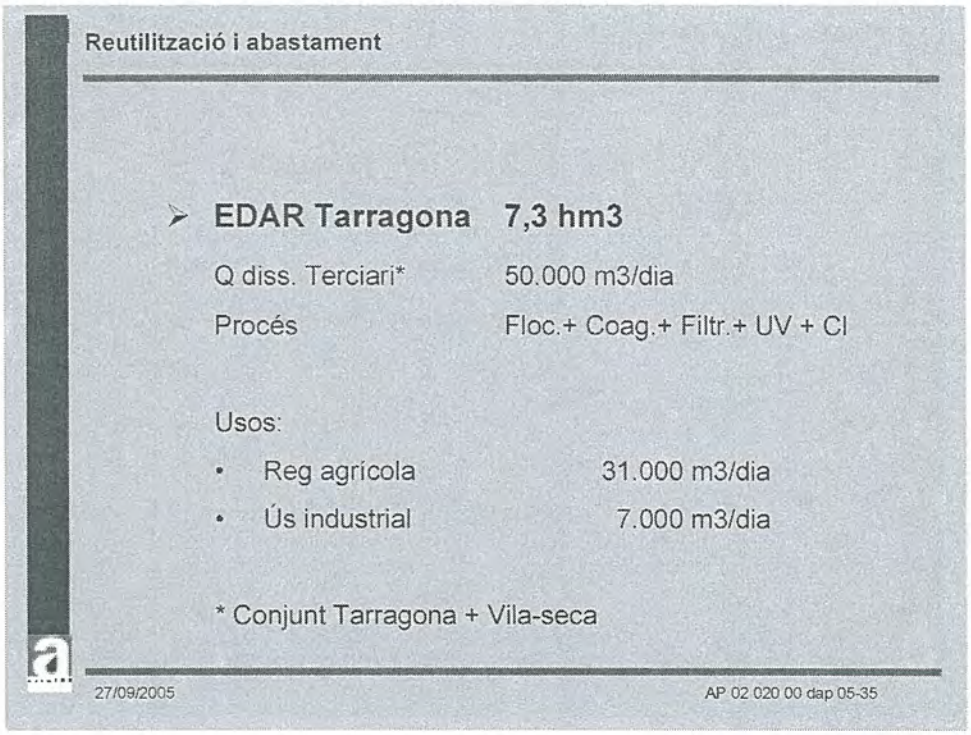

Reutilització i abastament
4. Previsions del Programa de reutilització
27/09/2005
AP 02 020 00 dap 05-35

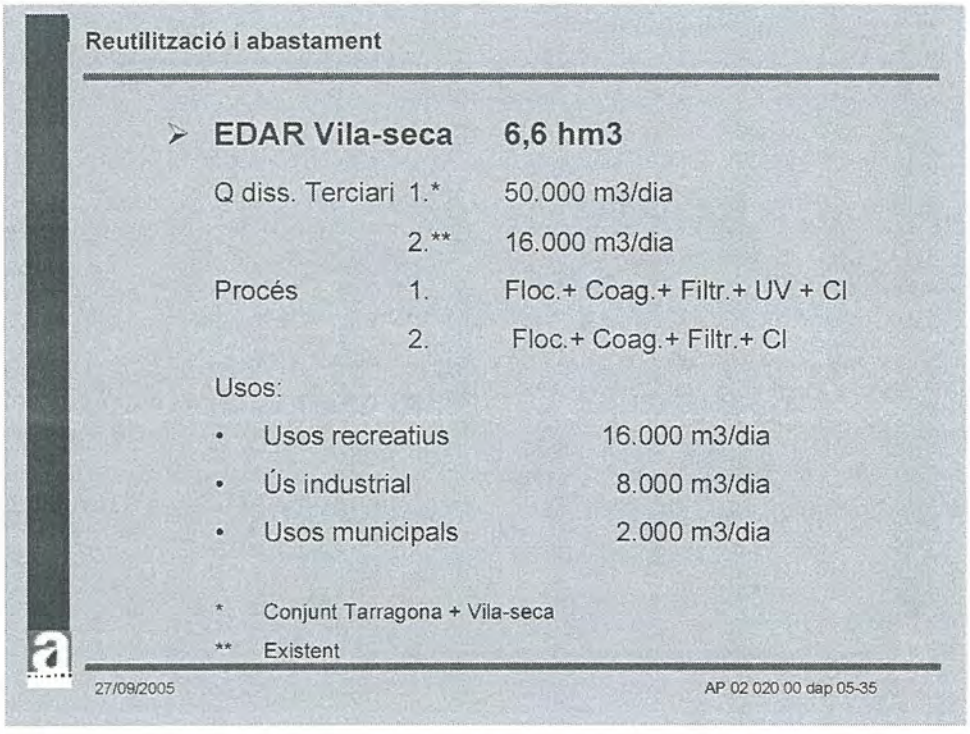

Reutilització i abastament
4.1. Previsions del Programa de reutilització
• Usos ambientals* 73 hm3 (48%)
• Ús agrícola 43 hm3 (27%)
• Ús industrial 18 hm3 (11%)
• Usos recreatius** 16 hm3 (10%)
• Usos municipals 6 hm3 (4%)
Total 156 hm3 20% aigua EDAR
40% juliol
* Recàrrega aqüífers, barrera hidràulica, cabals mantenim., zones humides
** Camps de golf
27/09/2005
AP 02 020 00 dap 05-35

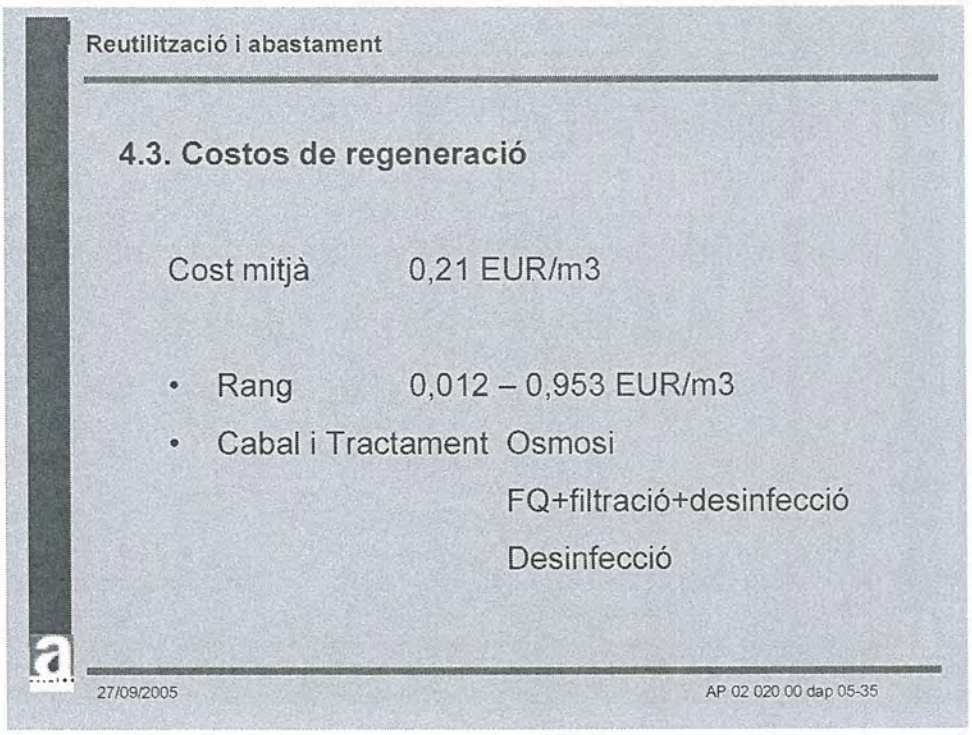

Reutilització i abastament
4.2. Projectes significatius
➢ EDAR Prat de Llobregat 40 hm3
Q diss. terciari 300.000 m3/dia
Procés Floc.+ Coag.+ Filtr.+ UV + Cl
Osmosi inversa*
Usos:
• Cabal manteniment 2 m3/s (60-120 dies)
• Zones humides 0,4 m3/s (6 mesos)
• Reg agrícola 0,75 m3/s (6 mesos)
• Falca salina* 2.500 m3/dia (5.000 m3/dia 2a fase)
27/09/2005
AP 02 020 00 dap 05-35

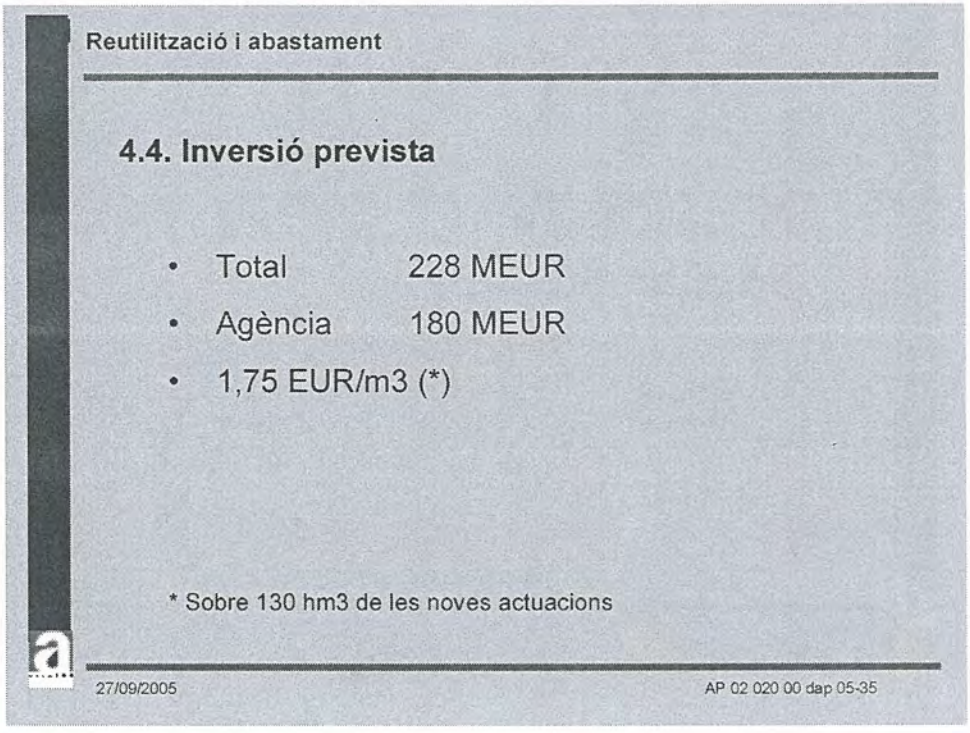

Reutilització i abastament
EDAR Blanes 4,3 hm3
Q diss. terciari 15.000 m3/dia
Procés Floc.+ Coag.+ Filtr.+ UV + Cl
Usos:
Reg agrícola 3.200 m3/dia
Recàrrega Baix Tordera 12.000 m3/dia
27/09/2005
AP 02 020 00 dap 05-35

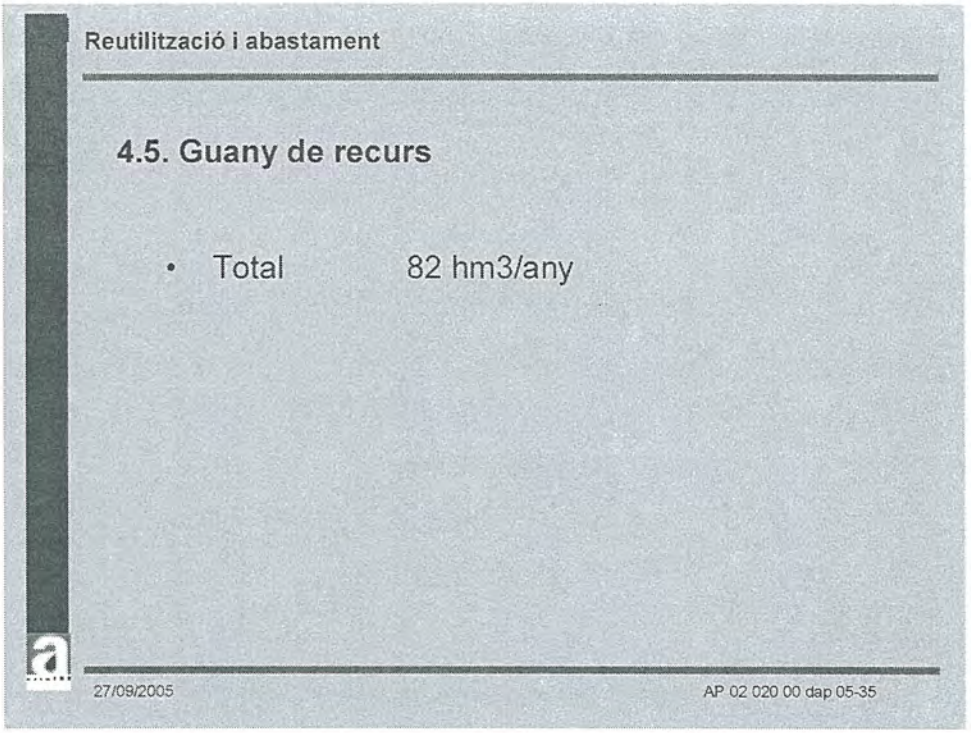

Reutilització i abastament
EDAR Reus 4 hm3
Q diss. terciari 1. 12.700 m3/dia
2. 7.300 m3/dia
Procés 1. Llacunatge + Cl
2. Floc.+ Coag.+ Filtr.+ UV + Cl
Usos:
Reg agrícola 12.700 m3/dia
Reg camp de golf 1.420 m3/dia
Ús industrial 4.000 m3/dia
27/09/2005
AP 02 020 00 dap 05-35

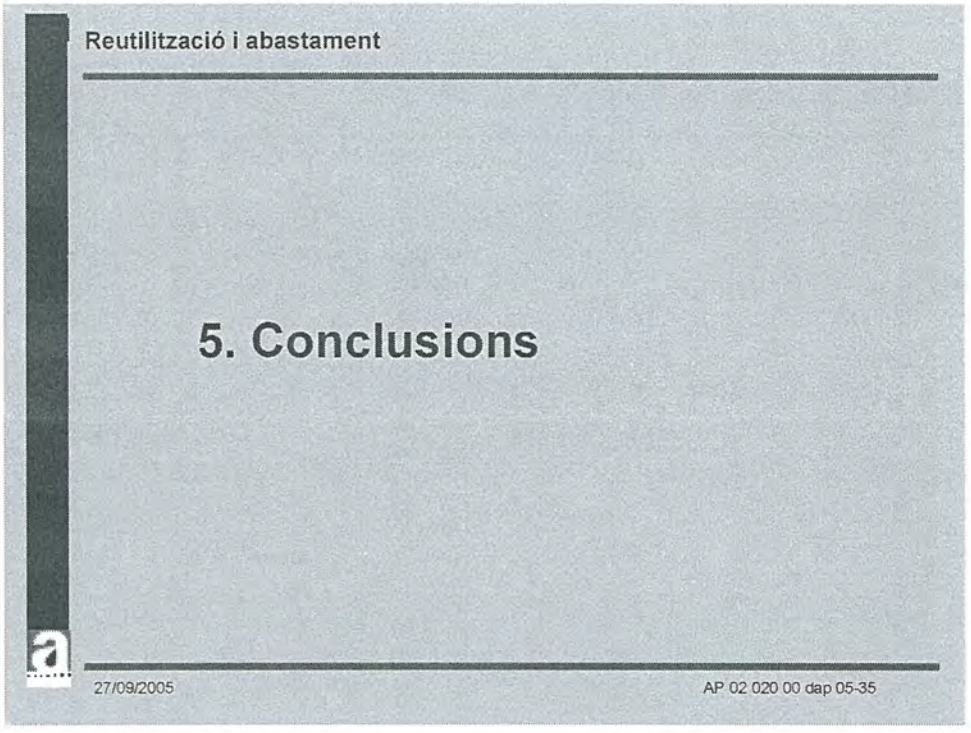

Reutilització i abastament
EDAR Tarragona 7,3 hm3
Q diss. Terciari* 50.000 m3/dia
Procés Floc.+ Coag.+ Filtr.+ UV + Cl
Usos:
• Reg agrícola 31.000 m3/dia
• Ús industrial 7.000 m3/dia
* Conjunt Tarragona + Vila-seca
27/09/2005
AP 02 020 00 dap 05-35

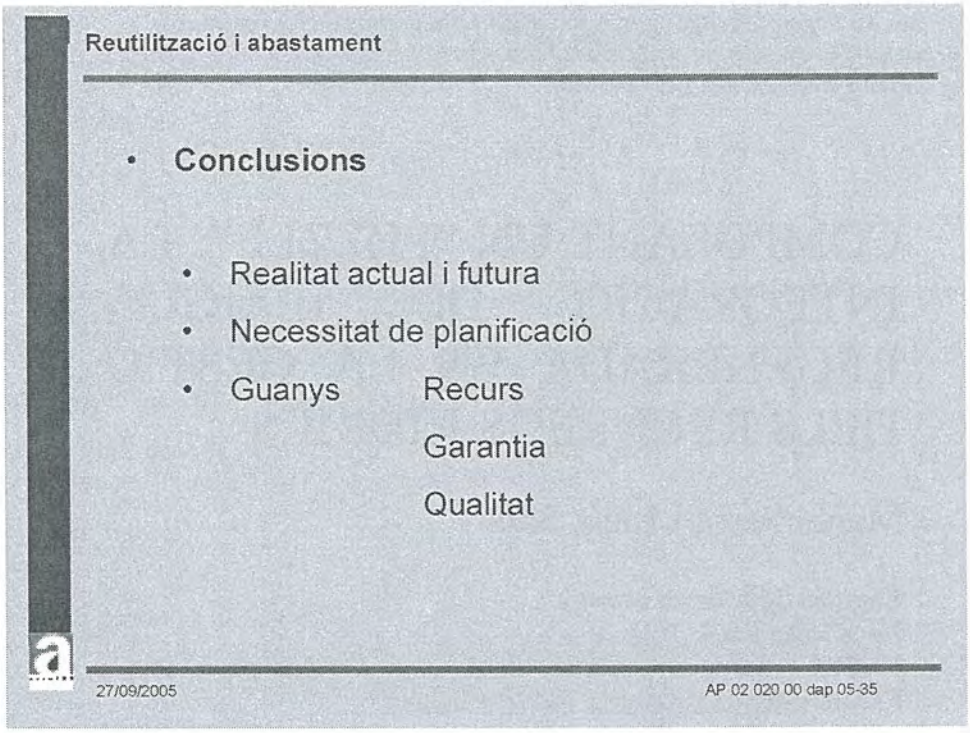

Reutilització i abastament
EDAR Vila-seca 6,6 hm3
Q diss. Terciari 1.* 50.000 m3/dia
2.** 16.000 m3/dia
Procés 1. Floc.+ Coag.+ Filtr.+ UV + Cl
2. Floc.+ Coag.+ Filtr.+ Cl
Usos:
• Usos recreatius 16.000 m3/dia
• Ús industrial 8.000 m3/dia
• Usos municipals 2.000 m3/dia
* Conjunt Tarragona + Vila-seca
** Existent
27/09/2005
AP 02 020 00 dap 05-35

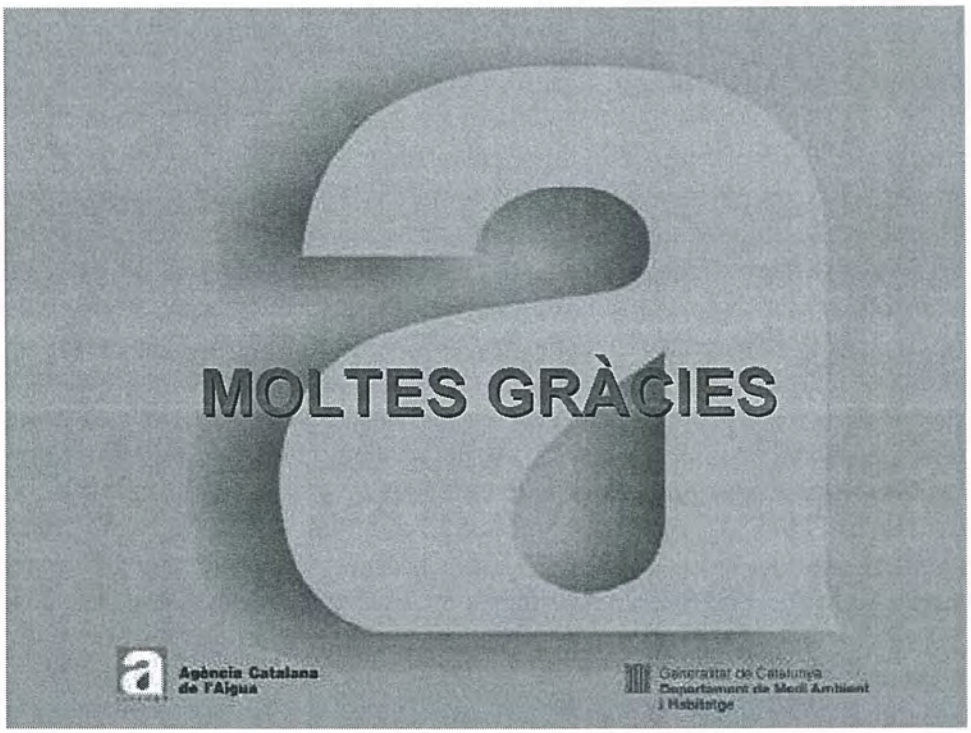

Reutilització i abastament
4.3. Costos de regeneració
Cost mitjà 0,21 EUR/m3
• Rang 0,012 – 0,953 EUR/m3
• Cabal i Tractament Osmosi
FQ+filtració+desinfecció
Desinfecció
27/09/2005
AP 02 020 00 dap 05-35


Reutilització i abastament
4.4. Inversió prevista
• Total 228 MEUR
• Agència 180 MEUR
• 1,75 EUR/m3 (*)
* Sobre 130 hm3 de les noves actuacions
27/09/2005
AP 02 020 00 dap 05-35


Reutilització i abastament
4.5. Guany de recurs
• Total 82 hm3/any
27/09/2005
AP 02 020 00 dap 05-35


Reutilització i abastament
5. Conclusions
27/09/2005
AP 02 020 00 dap 05-35


Reutilització i abastament
• Conclusions
• Realitat actual i futura
• Necessitat de planificació
• Guanys Recurs
Garantia
Qualitat
27/09/2005
AP 02 020 00 dap 05-35


MOLTES GRÀCIES
Agència Catalana de l'Aigua
Generalitat de Catalunya
Departament de Medi Ambient i Habitatge

Jornades Tècniques: La integració de l'aigua regenerada en la gestió dels recursos
Jornadas Técnicas: La integración del agua regenerada en la gestión de los recursos
Technical Workshop: The integration of reclaimed water in water resource management
Lloret de Mar, Costa Brava, Girona, Octubre 2005

COMPOSANT UN "PUZZLE": LA INTEGRACIÓ DE L'AIGUA REGENERADA EN LA GESTIÓ DELS RECURSOS HÍDRICS

Manel Serra i Lluís Sala

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

Paraules clau: reutilització, gestió recursos hídrics, qualitat microbiològica

INTRODUCCIÓ

"*Practice makes it perfect*", que diu la popular frase anglosaxona. En la reutilització de l'aigua l'encaix, els tractaments, les pràctiques, també milloren amb l'experiència del dia a dia, amb l'haver-se d'enfrontar a aconseguir una determinada qualitat sota unes condicions de variabilitat i sovint d'impredictibilitat i, a sobre, en haver de satisfer a un determinat usuari. Aquesta és la actitud amb la qual el CCB ha encarat la regeneració i reutilització d'aigües des dels seus inicis, una actitud basada en la millora gradual i en l'aprenentage sorgit de l'esforç i de l'enfrontament quotidià amb la realitat, i frontalment oposada a la que demana la "solució perfecta" des de l'inici. La primera permet avançar, perquè tot viatge requereix de passos fets de manera consecutiva, mentre que la segona és paralitzant perquè demana saber com serà l'arribada al destí sense tenir en compte que en el viatge pot haver-hi múltiples viscisituds i imprevistos. Des de 1989, l'any en què s'inicia el subministrament d'aigua regenerada a la Costa Brava, la regeneració i reutilització d'aigües ha anat avançant, amb millores notables en els tractaments i en el servei ofert als usuaris, en base a la generació d'informació, al seu estudi i a les correccions que d'aquestes anàlisis sovint se n'han derivat. El que us presentem en aquesta ponència no són altra cosa que certeses, incerteses, idees comprovades, dubtes i suggerències que han derivat de la pràctica de la reutilització a la Costa Brava durant 16 anys.

LA REUTILITZACIÓ, UNA ACTIVITAT POLIÈDRICA

La reutilització és una activitat clarament polièdrica, amb moltes cares. Representa generar un nou recurs, especialment en zones costaneres, però també produeix una estimable reducció d'abocaments, de manera que una forma de definir a la reutilització seria com "el punt de trobada entre l'abastament i el sanejament".

En el fons, però, la reutilització és una eina que té múltiples aplicacions. Moltes d'elles, de fet, succeeixen simultàniament, però el motiu pel qual es tira endavant un projecte de reutilització en una determinada zona sempre tindrà aquell motiu principal que és el que fa decantar la balança. En qualsevol cas, aquesta realitat polièdrica demana una important flexibilitat mental i una bona dosi d'imaginació a l'hora de buscar l'encaix de la reutilització en la gestió dels recursos.

Podrà semblar una obvietat, però davant d'un determinat projecte de reutilització la primera cosa que cal preguntar-se és "serà millor la situació –dels recursos, del medi ambient- en una situació futura, amb reutilització, que la situació actual, sense reutilització?". Si la resposta és afirmativa, aleshores cal buscar la manera de dur el projecte a la realitat, aportant-hi la flexbilitat mental i la imaginació abans esmentades. Per tant, cal fer possible el que és desitjable i evitar el convertir-ho en impossible per una rigidesa formal o estructural, o per un excés de zel mal entès. Ara bé, a la inversa també cal tenir present aquesta flexibilitat i aquesta visió realista: si un projecte de reutilització no aporta beneficis o bé en determinants moments hi ha dubtes sobre la idoneïtat d'una determinada aigua, cal abandonar el projecte o interrompre el subministrament per evitar que es generin problemes de magnitud superior als que es volen solucionar. En resum, la reutilització ha de ser una solució, no un nou problema afegit als molts que ja existeixen. I perquè aquesta activitat sigui un èxit, cal preveure com encaixar les múltiples peces que conformen aquest complexe i alhora interessant *puzzle*.

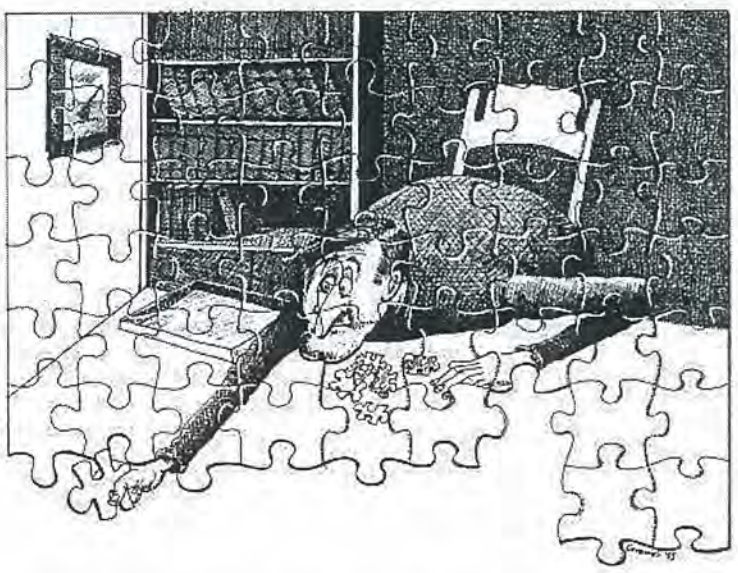


Figura 1. L'encaix de la reutilització equival, metafòricament, a la confecció d'un *puzzle*. © Andrzej Graniak (www.dc.slupsk.pl/graniak/GALERIA/puzzle.htm)

L'ENCAIX ECONÒMIC I ADMINISTRATIU DE LA REUTILITZACIÓ

Si en la gran majoria de casos la reutilització serveix per generar un nou recurs, aquesta activitat ha de ser resolta, econòmica i administrativament d'una manera diferent a com es resolen el sanejament i la depuració fins a nivell secundari. Hi ha moltes veus en les diferents administracions que aboguen per tractaments terciaris finançats, projectats, executats i gestionats pels seus directes beneficiaris. És clara l'aplicació del principi de benefici –que pagui qui en resulti beneficiari-, però aquest principi es pot aplicar de diferents formes, i no sol ser la millor aquella que només traspassa la responsabilitat, o l'obligació de fer

determinades actuacions, al beneficiari, com a manera d'eludir la responsabilitat que es pugui tenir com a administració hidràulica. D'altra banda, sovint els beneficiaris solen ser diversos, dispersos i intangibles a primer cop d'ull. El cas dels beneficis ambientals és paradigmàtic. A càrrec de qui ha d'anar la reutilització quan el beneficiari és el medi ambient, o l'estat ecològic d'un riu o riera?

Només a través d'estudis acurats, en els que els criteris generals siguin aplicats cas a cas, objectivant beneficiaris i beneficis ambientals, podrem obtenir pautes a seguir per a la distribució equitativa dels costos dels tractaments addicionals al secundari, a imputar entre els diferents beneficiaris (usuaris privats directament beneficiats, usuaris col·lectius difusos i beneficis ambientals). Les màximes universals no solen ser útils, perquè ni tots els casos són iguals, ni és millor solució el tractar igual a usuaris i situacions diferents. No reivindiquem arbitrarietat i discrecionalitat, sinó equitat per a cada situació diferent. La realitat contextual és sempre més complexa que les benintencionades receptes de manual.

L'ENCAIX EN LA GESTIÓ DE LES EDAR

Així com sembla interessant que econòmicament i administrativament el tractament terciari pogués no haver d'anar lligat a la resta de l'EDAR, a nivell d'explotació sí que convé que hi hagi unitat amb la resta d'instal·lacions de l'EDAR. Si per a la reutilització és clau el que les EDAR ofereixin el màxim rendiment, és obvi que cal no conformar-se amb els 25 mg/l DBO i els 35 mg/l MES, i que qualsevol esforç per a millorar la qualitat suposarà un increment de la despesa d'explotació. Aleshores, si l'explotador del tractament terciari és diferent del secundari, quin incentiu pot tenir aquest darrer per fer aquesta despesa addicional si després el benefici derivat de l'explotació del tractament terciari se l'endú un tercer? El més probable és que en una situació com aquesta el que succeeixi és que l'explotació del secundari ofereixi una aigua depurada de qualitat pròxima als 25-35 –que per altra banda seran els límits de qualitat que tindrà en el contracte, que no ho oblidem, estan basats en mitjanes-. Mentrestant, l'explotador del terciari haurà de fer una despesa suplementària pel que fa a reactius i energia amb un tractament globalment força més complicat i amb una major dificultat per assolir els resultats desitjats en l'aigua regenerada –que no ho oblidem tampoc, no estan basats en mitjanes, sinó en el percentil 90 del conjunt anual de dades-. Així doncs, l'explotació per part d'un únic subjecte de totes les instal·lacions d'una EDAR, des del pretractament fins al propi tractament terciari és la manera més senzilla de garantir una presa de decisions harmònica i coherent, de mínim cost, i destinada a conseguir els elevats requeriments de qualitat que es demanen.

Per altra banda, l'esforç suplementari en el tractament secundari que reclama la posterior regeneració de l'aigua té un efecte beneficiós sobre el funcionament de l'EDAR en general, ja que, per una banda, totes les decisions es prenen per a obtenir una millora en la qualitat; i per l'altra, la reducció de DBO i MES que es pugui assolir per a un millor funcionament del terciari també es veu reflectida sobre l'abocament de la resta d'aigua no reutilitzada. Així doncs, el benefici sobre el medi prové d'una doble reducció d'abocaments: la de l'aigua reutilitzada, que no és abocada, i la de la càrrega orgànica no abocada gràcies a la millora de la qualitat fomentada per la necessitat de passar una part del cabal pel tractament terciari. L'esquema de la Figura 2 intenta reflectir aquesta situació.

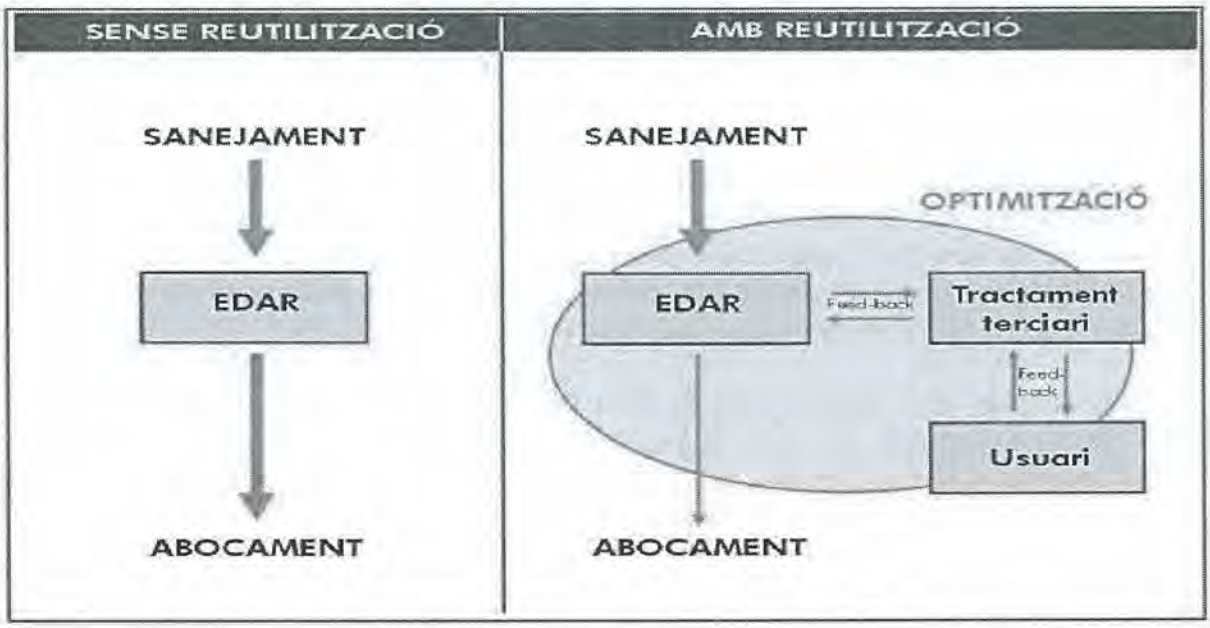


Figura 2. Esquema que mostra la millora en l'explotació i la reducció d'abocaments provocades per la reutilització.

L'ENCAIX EN LA SALUT PÚBLICA

La principal premisa en els projectes de reutilització és que no han de suposar cap risc apreciable per a la salut pública. La recollida de les aigües residuals a través de clavagueres i col·lectors i la seva posterior conducció fins a les instal·lacions de tractament ha suposat històricament un dels factors que més ha fet augmentar l'esperança de vida humana. Per tant, i ateses les concentracions de microorganismes, tant indicadors com patògens, existents en les aigües depurades, cal evitar perdre l'esforç fet per a aïllar aquests microorganismes que suposaria la reutilització de les aigües depurades sense cap mena de tractament addicional. Els tractaments terciaris, doncs, busquen aportar aquesta seguretat sanitària en la reutilització de l'aigua, tant a través de la desinfecció com dels tractaments previs, de preparació, que poden ser necessaris (coagulació, floculació, decantació, filtració, o tractaments amb membranes).

L'indicador més utilitzat per tal d'avaluar el resultat de la desinfecció es basa en el recompte de les concentracions dels coliformes fecals (o més recentment d'*Escherichia coli*, no sense importants problemes a l'hora dels recomptes), les quals poden donar fe de si la desinfecció ha estat eficaç o no sobre els patògens bacterians. No obstant, per una banda se sap que aquest grup de microorganismes és relativament poc resistent als agents desinfectants, i per una altra, que no presenta una bona correlació amb l'eliminació d'altra mena de patògens, com són determinats virus (enterovirus) o protozous (*Cryptosporidium* i *Giardia*). Per aquest motiu, reconeguts experts en el camp de la microbiologia ambiental recomanen el seguiment rutinari de més d'un microorganisme indicador, a ser possible que representi a més d'un tipus de patògens (Jofre i Lucena, comunicació personal). A banda doncs dels coliformes fecals, altres microorganismes indicadors que es poden utilitzar són els enterococs, que servirien per avaluar amb més cura la desinfecció bacteriana, ja que són més resistents que els coliformes fecals; els bacteriofags (virus de bacteris), com a indicadors de la desinfecció assolida respecte als enterovirus, que són patògens humans; i les espores de clostridis, que tot i ser espores de bacteris, el seu comportament en la desinfecció presenta un interessant paral·lelisme amb l'eliminació de protozous patògens com *Cryptosporidium* i *Giardia*.

També és conegut que alguns microorganismes presenten elevats graus de resistència davant de certs desinfectants (*Cryptosporidium* i *Giardia* al clor) i una elevada sensibilitat davant d'altres (els mateixos protozous a la llum UV), la qual cosa comporta seriosos problemes d'elecció a l'hora d'escollir un únic desinfectant. Aquest és un dels diversos motius pels quals la tendència en l'àmbit del CCB és la de combinar dos desinfectants com la llum UV i el clor, a fi de cobrir un ventall de desinfecció més ampli que amb qualsevol dels dos tot sol, encara que es donguessin dosis més elevades de cadascun d'ells. D'aquesta manera s'obté un major espectre de desinfecció i altres avantatges addicionals com són:

i) la cloració final permet disposar d'un tractament alternatiu de desinfecció en cas d'avaria o manteniment dels equips de desinfecció amb llum UV
ii) li aporta un element residual que manté la qualitat de l'aigua durant el transport, alhora que la seva detecció permet validar l'eficàcia de la desinfecció
iii) es duplica l'element clau del tractament terciari (desinfecció), sense duplicar-ne el cost, podent-se arribar pràcticament al nivell de qualitat microbiològica que es desitgi
iv) òbviament, permet reduir la dosi de clor que d'altra banda s'aplicaria si no hi haguessin equips de desinfecció amb llum UV.



Figura 3. Imatges de diferents aigües regenerades produïdes en la Costa Brava. Esquerra: Equip de desinfecció UV de l'EDAR de Torroella de Montgrí, 22 de juliol de 2005. Centre: Aigua regenerada produïda a l'EDAR de Colera, 17 d'agost de 2005. Dreta: Aigua regenerada produïda per l'EDAR de Blanes, 9 d'agost de 2005.

Una altra qüestió que sol ser esmentada en relació a la salut pública en els projectes de reutilització és la que fa referència a la possible generació de trihalometans durant la desinfecció de l'aigua, en el cas que s'utilitzi el clor com a element desinfectant, ja que sol preocupar la reacció que es pugui esdevenir amb la matèria orgànica present en l'aigua residual depurada. No obstant, els resultats disponibles fins ara mostren, en la major part d'ocasions, una formació pràcticament inexistent d'aquests compostos, la qual cosa s'explica per la presència habitual de nitrogen amoniacal en les aigües depurades, que reacciona amb el clor amb major rapidesa que no pas la matèria orgànica, produint-se la formació de cloramines (inòqües) abans que trihalometans. En aquest sentit, i precisament per evitar la formació d'aquestes substàncies, fóra assenyat no arribar a la nitrificació completa dels efluents que hagin de ser desinfectats amb derivats del clor, de manera que sempre quedés una

petita concentració d'amoni disponible per poder reaccionar amb el clor i així protegir de la formació d'aquestes substàncies perilloses.

L'ENCAIX AMBIENTAL

Tal com s'ha apuntat abans, la reutilització suposa una reducció d'abocaments al medi, la qual cosa es tradueix en una millora ecològica en el punt al qual se li redueixen les descàrregues. Si, a més, aquesta reutilització és per a usos de reg, aleshores es produeix un reciclatge simultani de nutrients, la qual cosa representa un estalvi d'adobs minerals i, per tant, també de l'energia que es necessita per produir-los i transportar-los. Per altra banda, en zones on l'aigua potable sigui energèticament costosa, ja sigui perquè prové d'instal·lacions d'elevat consum energètic (desalinitzadores) i/o perquè ha de ser transportada a llargues distàncies, la regeneració i posterior reutilització *in situ* per als usos no potables pot representar un doble estalvi, d'aigua i d'energia. Aquestes qüestions d'encaix ambiental són tractades més a fons agafant l'exemple de l'EDAR de Castell-Platja d'Aro en la ponència "Maximització del benefici ambiental en l'explotació d'una EDAR en zona turística costanera", presentada també en el marc d'aquestes jornades per Josep Maria Caus i Jordi Muñoz.

LA SITUACIÓ DE LA REUTILITZACIÓ A LA COSTA BRAVA

La reutilització d'aigües a la Costa Brava és una activitat que ha anat creixent al llarg dels anys, fins a situar-se en uns probables 7 hm^3/any per a aquest 2005, d'un total d'entre 30 i 35 hm^3/any d'aigua residual tractada. La sequera de la primera meitat de l'any, així com l'increment del nombre d'usuaris fa que sigui esperable un increment d'un 1,5 hm^3 addicionals respecte els 5,5 hm^3/any tractats l'any 2004. Els principals usos, per volums, són els següents:

- Recàrrega d'aqüífers: aquest ús sol ja suposa la regeneració de 3,0 hm^3/any des del 2003, tots ells de l'EDAR de Blanes, que són abocats a la llera del riu Tordera per a la recàrrega de l'aqüífer. Aquesta actuació ha estat promoguda per l'ACA i està integrada en el pla de recuperació de l'aqüífer de la baixa Tordera, juntament amb la construcció i posada en servei de la desalinitzadora de Blanes. En llista d'espera per a la recàrrega d'aqüífers hi trobem el projecte de recàrrega de l'aqüífer de la riera del Port de la Selva, única font d'aigua potable per a l'abastament del municipi i que presenta evidents limitacions en anys d'escassa pluviometria, en els que la recàrrega natural esdevé insuficient.



Figura 4. Dues imatges de l'aigua regenerada abocada a la llera de la Tordera per a la recàrrega de l'aqüífer. 7 de juliol de 2005.

- Usos ambientals i millora dels abocaments: dins d'aquest grup d'usos el principal en quant a volum és el de l'EDAR d'Empuriabrava, en la que l'aigua es regenera mitjançant un sistema d'aiguamolls construïts i després és transportada fins al Parc Natural dels Aiguamolls de l'Empordà (PNAE), on és utilitzada amb finalitat mediambiental. Si bé inicialment l'objectiu inicial dels gestors del PNAE era mantenir les condicions d'inundació de l'Estany del Cortalet durant els mesos d'estiu, actualment s'ha vist que aquesta aigua proporciona unes millores ambientalment més significatives si es fa servir per a la creació i/o restauració de les closes (prats humits) típiques de la zona, actualment en forta regressió. Un altre ús ambiental és el lligat a la creació i manteniment del Parc de Sa Riera, a Tossa de Mar, la qual cosa ha significat la transformació d'un antic abocador incontrolat en un parc urbà, així com una recàrrega indirecta per al tram final de la riera, que d'aquesta manera evita una total dessecació estival. Finalment, dins d'aquest grup d'usos també s'hi ha incorporat la millora dels abocaments que es produeix amb l'aigua regenerada produïda però que, per les variacions típiques de consum al llarg de les diferents hores del dia (la producció sol mantenir-se constant) no ha pogut estar subministrada a cap usuari.



Figura 5. Dues imatges del sistema d'aiguamolls construïts d'Empuriabrava. Esquerra: estol de flamencs, 6 de maig de 2005. Dreta: detall de les cel·les, 31 d'agost de 2005.

- Reg de camps de golf: actualment s'està subministrant aigua regenerada a 5 camps de golf i a un Pitch & Putt, que corresponen a la pràctica totalitat de les instal·lacions d'aquesta mena existents en el conjunt de la Costa Brava. Cal apuntar, a més, que el camp de golf que encara no utilitza aigua regenerada ja està tramitant la sol·licitud de la concessió d'aigua d'aquesta mena davant de l'ACA. Molta de l'experiència generada a l'entorn de la reutilització en la Costa Brava, especialment en els primers anys, ha estat gràcies al subministrament a camps de golf.



Figura 6. Dues imatges de camps de golf regats amb aigua regenerada a la Costa Brava. Esquerra: Golf Empordà, maig de 2005. Dreta: Golf Costa Brava, 15 de juny de 2005.

- Reg agrícola: malgrat la seva enorme demanda potencial, aquest és un ús encara limitat en l'àmbit de la Costa Brava, on fins fa poc tan sols s'ha subministrat aigua de reg per a explotacions relativament petites, que van des del blat de moro a la vinya, passant pels productes d'horta. A mitjans d'aquest estiu de 2005 s'ha iniciat el subministrament d'aigua regenerada per a reg agrícola a una important comunitat de regants, de manera que és d'esperar que de cara al futur aquest sigui el tipus d'ús que més creixi, gràcies a la divulgació aportada pels projectes ja existents i a aquest nou subministrament.



Figura 7. Dues imatges de camps de conreu regats amb aigua regenerada a la Costa Brava. Esquerra: Blat de moro a Solius, 15 de juny de 2005. Dreta: Plantació de vinya a Garbet, estiu 2001.

- Usos urbans no potables: malgrat ser encara uns usos modestos en quant a volum, també és d'esperar un creixement important per al futur a mig termini, ja que alguns ajuntaments (Lloret de Mar, Tossa de Mar) han apostat indiscutiblement per la instal·lació i explotació de xarxes d'aigua regenerada, com a forma de reduir les demandes d'aigua potable i també el consum energètic associat a la seva producció i transport. Altres municipis que han mostrat interès en la instal·lació de xarxes més o menys extenses de distribució d'aigua regenerada a mig i llarg termini, com a forma d'estalviar una aigua potable que en anys secs sol escassa, són Portbou, Colera, Port de la Selva, Cadaqués, Roses, Palafrugell, Palamós, Castell-Platja d'Aro, Santa Cristina d'Aro i Blanes.



Figura 8. Dues imatges dels usos no potables en municipis de la Costa Brava nord Esquerra: Bombers carregant a l'hidrant de l'EDAR de Port de la Selva, estiu de 2003. Dreta: Camió cuba carregant al dipòsit d'aigua regenerada de l'EDAR de Portbou, per a l'ús en la construcció de la nova carretera, 30 de juny de 2005.

CONCLUSIONS

La integració d'un nou recurs com és l'aigua regenerada –recurs, a més, controvertit-, no deixa de ser com la confecció d'un puzzle, en el que cada peça ha d'encaixar adequadament amb d'altres perquè el conjunt final sigui coherent. L'encaix s'ha de produir a diferents nivells: l'econòmic, l'administratiu, el lligat a la gestió de les EDAR, el relatiu a la salut pública i l'ambiental. Projectes de reutilització que compleixin amb aquests encaixos són els que tindran la solidesa suficient com per ser duradors en el temps i per representar un veritable pas vers la sostenibilitat i la millora ambiental.

Jornades Tècniques: La integració de l'aigua regenerada en la gestió dels recursos
Jornadas Técnicas: La integración del agua regenerada en la gestión de los recursos
Technical Workshop: The integration of reclaimed water in water resource management
Lloret de Mar, Costa Brava, Girona, Octubre 2005

LA REUTILITZACIÓ DE LES AIGÜES RESIDUALS DEL BAIX LLOBREGAT

Joan Compte i Costa

Director General DEPURBAIX
Plaça Francesc Macià, 7, 6è B
08029 Barcelona
Telèfon: 93 363 73 00 ; Fax: 93 322 63 36
E-mail: depurbaix@ctv.es

SUMARI

El projecte de Reutilització de les aigües residuals del Baix Llobregat pretén aportar nous recursos per ajudar a resoldre el problema del dèficit hidràulic, per a usos ecològics i ambientals, que pateixen les conques internes de Catalunya.

Depurbaix, empresa pública depenent del Ministeri de Medi Ambient i de l'Agència Catalana de l'Aigua, gestiona la construcció i posada em servei d'aquest projecte de reutilització que s'emmarca en els criteris de sostenibilitat de la nova cultura de l'aigua.

Està previst poder aportar 50 Hm^3/any d'aigua regenerada de l'EDAR del Baix Llobregat que s'utilitzaria com a cabal ecològic del riu, substitució de reg agrícola i manteniment de zones humides.

Perquè l'aigua a reutilitzar tingui la qualitat que aquests usos exigeixen, es necessari ampliar el tractament biològic actual per eliminar nutrients (nitrogen i fòsfor), construir un tractament terciari que millori la qualitat de l'efluent, una estació de bombament i les conduccions que permetin transportar l'aigua regenerada fins als seus punts d'aplicació.

A fi de resoldre el problema d'intrusió salina que pateix l'aqüífer del tram baix del riu Llobregat, està previst usar part d'aquesta aigua regenerada per crear una barrera hidràulica contra la intrusió salina. Per això es construirà una planta d'osmosis inversa que produeixi una aigua regenerada de qualitat adequada i les conduccions i pous d'injecció necessaris per a injectar aquesta aigua a l'aqüífer profund del Llobregat.

Paraules clau: Barrera hidràulica, intrusió salina, reutilització, tractament terciari

INTRODUCCIÓ

L'aigua constitueix un recurs escàs i d'innegable importància en tot el territori català i, especialment, en l'àmbit de l'Àrea Metropolitana de Barcelona, on és concentra una gran part de la població i de l'activitat econòmica i industrial de Catalunya. Més del 60% dels habitants de Catalunya resideixen en l'esmentada Àrea.

En l'actualitat els recursos hidràulics per a satisfer la demanda en l'àmbit metropolità de Barcelona provenen del riu Llobregat, d'un transvasament des del el riu Ter i de recursos subterranis. Per disminuir el dèficit actual per a usos ecològics i ambientals es prefereix aprofitar els recursos existents a base de reutilitzar aigua depurada, evitant la sobreexplotació dels recursos subterranis i/o la construcció de nous embassaments.

Aquest projecte pretén compensar una part d'aquest dèficit mitjançant l'increment de recursos que suposa la reutilització d'una part de l'efluent de la depuradora del Baix Llobregat (Fig.1). Aquests nous recursos suposen uns 50 Hm^3 anuals.



Figura 1. Vista aèria EDAR del Baix Llobregat

La posada en funcionament de l'EDAR del Baix Llobregat ha permès consolidar dos objectius essencials. En primer lloc la recuperació de l'últim tram del riu Llobregat, eliminant els abocaments que s'hi feien. Però també amb la depuració s'ha aconseguit Millorar la qualitat de l'aigua de bany de la zona costanera propera entre la desembocadura del riu Llobregat i el massís del Garraf, recuperant per a ús ciutadà platges de bellesa singular. Al mateix temps la seva posada en explotació permet disposar d'un important cabal d'aigua tractada per poder-se reutilitzar havent passat prèviament per un tractament terciari i que constitueix la base d'aquest projecte de reutilització.

La reutilització s'emmarca, sobre tot, en la filosofia de la Directiva Marc de l'Aigua, en els criteris de sostenibilitat i en les polítiques que promouen la conservació dels recursos hídrics i en la "nova cultura de l'aigua", que incideix fonamentalment en l'estalvi del recurs.

Encaixa dins de la política hidràulica del Programa A.G.U.A. d'aprofitament de les possibilitats de reutilització de les aigües residuals depurades per a aquells usos compatibles amb la seva qualitat, garantint els paràmetres fisicoquímics i bacteriològics, sempre amb l'objectiu d'incrementar l'oferta de recursos no convencionals.

Les obres s'estan executant per la societat pública Depurbaix, SA. El seu pressupost s'eleva a 102 milions d'euros. Estan finançades en un 85% pel Ministerio de Medio Ambiente amb ajudes de Fons de Cohesió de la Unió Europea i el 15% restant per l'Agència Catalana de l'Aigua.

DEMANDES I QUALITATS DE L'AIGUA REGENERADA

La reutilització de les aigües de l'EDAR del Baix Llobregat està prevista per a la seva aplicació com a cabal ecològic del riu Llobregat, substitució de cabals de reg, manteniment de zones humides i barrera contra la intrusió salina (Fig. 2).



Figura 2. Demandes d'aigua reutilitzada

Els cabals necessaris per a satisfer cada una d'aquestes demandes són els següents:

Contribució al cabal ecològic	2 m^3/segon
Substitució cabals reg agrícola	0,75 m^3/segon
Manteniment de zones humides	0,40 m^3/segon
Barrera intrusió salina (1ª fase)	2.000 m^3/dia
Barrera intrusió salina (2ª fase)	20.000 m^3/dia

Totes les demandes, llevat la barrera contra la intrusió salina, són estacionals i només són requerits en temps sec, essent necessari un volum anual d'uns 50 Hm^3 en un any de pluviometria mitjana.

En base a aquestes demandes que es pretén satisfer, s'han dimensionat les instal·lacions de tractament terciari, impulsió i conduccions per a un cabal de 3,5 m^3/segon.

Encara que les qualitats d'aigua regenerada que exigeix cada ús previst són diferents, s'ha adoptat com a criteri produir dues qualitats d'aigua: una destinada a la contribució del cabal ecològic, aigua per a reg agrícola i manteniment de les zones humides, i una altra diferent i més exigent per a la barrera contra la intrusió salina.

La qualitat de l'aigua per a cabal ecològic, reg i manteniment de zones humides serà:

- DBO_5 ..... ≤ 10 mg/l
- MES ..... ≤ 5 mg/l
- Terbolesa ..... < 5 NTU
- Coliformes fecals ..... < 10 UFC/100ml
- Ous nemàtodes intestinals ..... < 1 U/1000 ml
- Clor residual..... > 0,6 mg/l
- O_2 ..... ≥ 7,5 mg/l

L'aigua destinada a la barrera contra la intrusió salina serà sotmesa a uns processos addicionals de microfiltració i osmosi inversa per a aconseguir els següents valors:

- MES ..... < 1 mg/l
- Terbolesa ..... ≤ 0,1 NTU
- Coliformes fecals ..... < 10 UFC/100ml
- Conductivitat ..... < 150

En el Diagrama de procés (Fig. 3) s'indiquen les qualitats de l'aigua segons les destinacions en què s'utilitzin.

DESCRIPCIÓ DE LES OBRES

Tractament

L'aigua residual que arriba a la depuradora se sotmet a un tractament biològic de fangs activats amb eliminació de nutrients, després passa al tractament terciari, si l'aigua regenerada es destina als usos mediambientals i de reg, o bé a la microfiltració i osmosi, si l'aigua s'usa per a la barrera contra la intrusió salina.

Tractament biològic

El tractament biològic de la depuradora s'ha dissenyat combinant zones anaeròbies, anòxiques i òxiques de manera que s'aconsegueixi reduir la concentració de nitrogen i fòsfor fins els límits exigits a l'aigua regenerada. En l'estat tecnològic actual, el sistema més econòmic d'eliminació

del contingut de nitrogen de l'aigua residual és el procés de nitrificació-desnitrificació por via biològica.

Pel que fa referència a l'eliminació del fòsfor, la via biològica és, així mateix, la més econòmica tot i que la bona pràctica aconsella que per a garantir de forma permanent el nivell exigit de P-total a l'efluent, és convenient disposar d'un mitjà de suport per via química, és a dir, addició complementària d'un reactiu que precipiti el fòsfor.

El dispositiu de regulació del sistema d'aeració es basa en la utilització del cabal d'aire com a variable de control. Per això, cada zona en que s'ha dividit el reactor biològic estarà equipada amb una sonda d'oxigen dissolt i cada baixant, d'un mesurador de cabal i vàlvula motoritzada de regulació. Per al control del funcionament de les zones anòxiques s'instal·laran dues sondes de potencial redox per tanc.

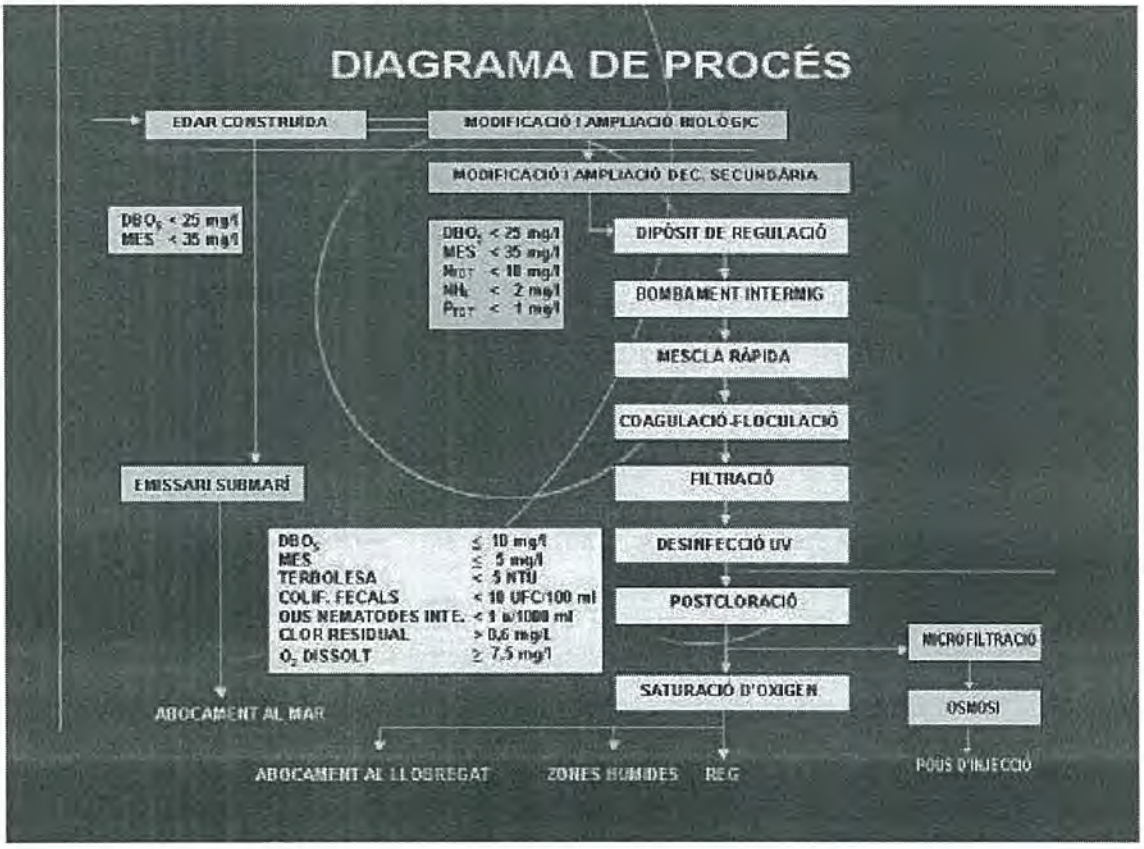


Figura 3. Diagrama de procés

Tractament terciari

Els processos unitaris que configuren el tractament terciari són:

- Dipòsit regulador
- Coagulació-floculació llastrada
- Decantació lamel·lar
- Filtració
- Aeració (oxigenació)
- Desinfecció UV

La distribució dels elements que configuren aquests processos es detallen en la Fig. 4.

1. Obra de presa i sobreixidor d'emergència
2. Emmagatzematge i bombament d'aigua a tractar
3. Arqueta de mesurador de cabal
4. Coagulació-floculació
5. Decantació lamel·lar
6. Filtració
7. Desinfecció de l'efluent
8. Oxigenació
9. Bombament a reutilització
10. Edifici de tractament terciari
11. Osmosi inversa



Figura 4. Tractament terciari

Durant el període d'un mes, la depuradora del Baix Llobregat ha disposat d'una planta pilot, que incloïa tractament fisicoquímic amb decantació lamel·lar llastrada (procés Actiflo), i filtració mitjançant microtamís de tipus disc amb llum de pas 10 microns. El propòsit de les proves fou avaluar l'aplicabilitat dels processos per al tractament terciari de l'aigua residual. L'objectiu fou principalment, obtenir un baix nivell de sòlids en suspensió i d'ous d'helmints paràsits. Les proves dutes a terme posaren en evidencia que la combinació d'ambdós processos tenia uns excel·lents resultats, obtenint-se rendiments superiors als requerits.

Dipòsit regulador

Amb l'objectiu de que el tractament terciari pugui optimitzar la producció d'aigua diària regenerada es construeix un dipòsit regulador que permeti absorbir les puntes de cabal que arriben a la planta depuradora al llarg del dia. En aquest dipòsit regulador s'hi col·loca un bombament amb variadors de freqüència que ajusti el cabal d'entrada al tractament terciari a la suma de les demandes dels diferents usos de l'aigua regenerada.

Es projecta un dipòsit dividit en dos compartiments de 59,00 m de longitud per 33,00 m d'amplària cada un d'ells, amb una alçada útil de 4,01 m d'aigua per al cabal nominal de tractament. Per al seu aïllament s'han previst comportes motoritzades. Cada compartiment està proveït del seu propi grup independent d'elevació al tractament. El volum útil del dipòsit és de 15.600 m^3.

Floculació-coagulació

En el tanc de coagulació s'hi injecta com a reactiu sulfat d'alúmina. La floculació es composa de dues etapes que es realitzen en dos tancs independents: tanc d'injecció i tanc de maduració. En el d'injecció, al que s'anomena igualment mescla ràpida, les matèries en suspensió es posen en contacte amb la microsorra gràcies a l'acció coagulant d'un polielectrlit. L'esmentada microsorra s'hi ha afegit al mateix temps que el coagulant i, gràcies a la seva alta densitat, permet llastrar els flòculs en formació el que facilitarà de manera important la seva capacitat de sedimentació. En el tanc de maduració el flòcul s'espesseix i finalitza la seva maduració. Ambdós tancs s'equipen amb mescladors dinàmics a fi de millorar el procés i impedir sedimentacions no desitjades.

Decantació lamel·lar

El decantador lamel·lar (Fig. 5) és un dispositiu que permet reduir les superfícies que serien habitualment necessàries per aconseguir una correcta sedimentació dels flòculs formats en l'etapa anterior.

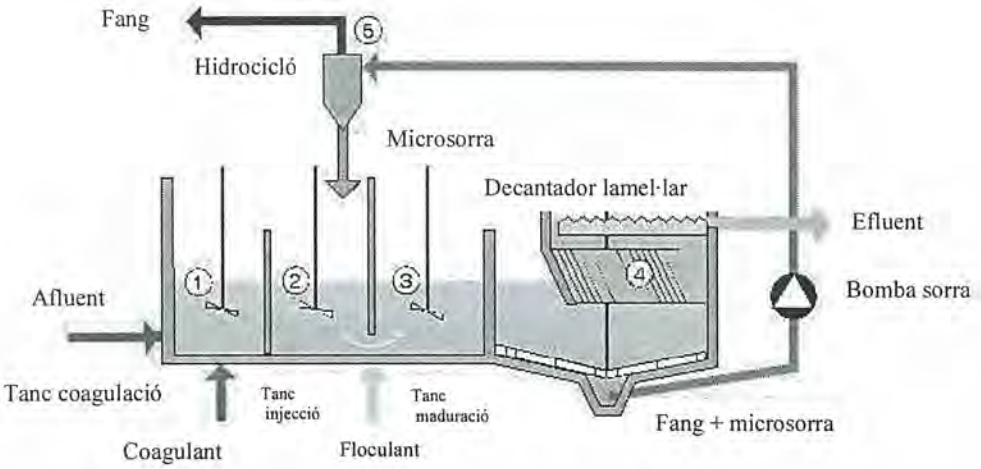


Figura 5. Decantació lamel·lar

S'introdueix el flux d'aigua per la part inferior d'un dipòsit. Es fa circular l'aigua a decantar a través d'unes planxes separades entre elles uns pocs centímetres en sentit ascendent. El flòcul es recull en aquestes làmines, i, per gravetat i a contracorrent, va cap al fons del decantador. L'aigua decantada s'evacua per la part superior mitjançant unes canaletes de recollida i distribució. Els fangs i la microsorra dipositats en el fons del decantador són recollits per un rascador i enviats, mitjançant un dispositiu de bombament cap al tractament de fangs de la planta. Prèviament a l'arribada a la seva destinació, se separa mitjançant un hidrocicló la microsorra que serveix de llastre dels fangs produïts. El llast, separat gràcies a una classificació granulomètrica, es torna a introduir en el procés en la cambra de coagulació, per la qual cosa es disposa d'un circuit de recirculació i reciclatge.

En aquest procés unitari, juntament amb la floculació i la coagulació, s'aconsegueix reduir la quantitat de sòlids suspesos que porta l'aigua de sortida del tractament secundari de l'EDAR fins els nivells d'exigència per a la seva reutilització. La terbolesa, paràmetre generalment associat als sòlids en suspensió, també es redueix por dessota dels límits exigits.

Filtració

La filtració es realitzarà mitjançant un sistema de microtamisat que, per gravetat, permetrà afinar la qualitat de l'aigua de sortida (Fig. 6). En particular, una de les característiques bàsiques en quant a contaminació bacteriològica que se li demana a l'aigua regenerada és el contingut en ous de nematode. Per assegurar l'eliminació de l'esmentat microorganisme el sistema que ofereix més garanties és la filtració mitjançant un tamís de mida inferior a 10 microns.

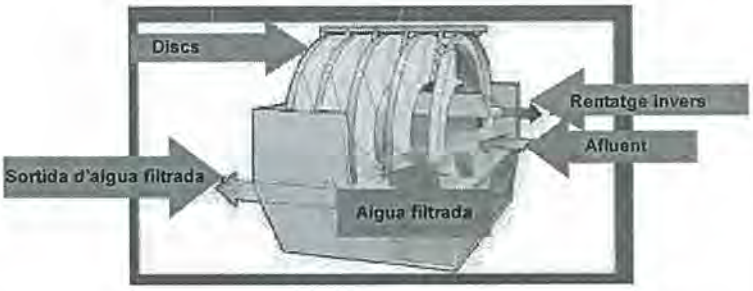


Figura 6. Filtració

S'ha previst una bateria de filtres de disc treballant en paral·lel. Per gravetat, l'aigua flueix a través de las teles filtrants des del centre del disc cap a fora. Els sòlids són separats de la fracció líquida gràcies a les malles filtrants fixades sobre les dues cares dels discs. Quan el dispositiu presenta una elevada pèrdua de càrrega, s'inicia automàticament un procés de rentatge a pressió de les malles filtrants.

Al seu torn, els discs giren amb la finalitat d'exposar al flux d'aigua a filtrar una superfície de malla neta, permetent seguir el procés de filtratge mentre es produeix la neteja de la resta de la superfície.

Totes les aigües de rentatge es recullen en un dipòsit des d'on es bombegen, juntament amb els fangs de la decantació lamel·lar, a la sortida dels dessorradors de la depuració d'aigües residuals.

Desinfecció UV

Es dissenya un sistema de desinfecció por radiació ultraviolada en canal obert, amb sistema de mòduls per a incorporació de les làmpades, amb una transmitància UV del 60%.

El sistema té 4+1 canals, d'1,905 m d'amplària i 10,50 m de longitud de dimensions unitàries i amb 2 bancs per canal. El nombre de làmpades per banc és de 200, amb un total de 1.600 làmpades instal·lades.

La desinfecció UV s'ha projectat per a un cabal de disseny de 12.600 m^3/h, amb sòlids en suspensió <5mg/l i transmitància >60%.

El sistema de control basat en microprocessador, monitoritza l'equip complet de desinfecció, controlant l'encesa de les bancades i la potència de les làmpades.

Aeració

Els estudis realitzats sobre el comportament del tram dessota del riu Llobregat han conclús la necessitat d'aportar al riu un cabal de manteniment que tingui un nivell d'oxigen dissolt adequat

i suficient per al suport de la fauna prevista. Es requereix una concentració d'oxigen dissolt igual o superior a 7,4 mg/l. Per a la oxigenació de l'efluent s'ha previst la instal·lació d'un tanc criogènic d'oxigen. L'oxigen es dosificarà automàticament en les dues conduccions d'impulsió de les bombes de reutilització de les xarxes 1 (cabal ecològic i canal de la dreta) i 2 (reg zones humides desembocadura del riu Llobregat).

Estacions de bombament i conduccions

En el plànol d'instal·lacions de reutilització (Fig. 7) s'indica el traçat de les conduccions necessàries per dur l'aigua regenerada des del tractament terciari fins als llocs d'ús.



Figura 7. Plànol de les instal·lacions de reutilització

La conducció principal que duu l'aigua per al cabal de manteniment del riu Llobregat i al canal de reg agrícola té el seu origen en una estació de bombament col·locada en els terrenys de la depuradora. Aquesta estació de bombament, a l'igual que la que proveeix a les zones humides, utilitza bombes axials, submergibles d'eix vertical, amb variadors de velocitat per a cada bomba, mitjançant convertidors de freqüència. La longitud total de les conduccions de reutilització (detall Fig. 8) és de 18,8 Km., essent la major part de 1.600 mm de diàmetre en formigó amb camisa de xapa.

Per aportar el cabal ecològic al riu Llobregat o reg de las zones humides no és necessària cap regulació en el seu punt de descàrrega però si que cal una bassa de regulació per als cabals que es destinen al Canal de la Dreta. Aquesta bassa té por objectiu independitzar el règim d'explotació dels cabals del canal i de la planta de tractament terciari.

La distribució de la inversió en % entre ampliació del biològic per a eliminació de nutrients, tractament terciari, bombament i conduccions seria:

- Ampliació biològic 18%
- Tractament terciari 27%
- Bombament i conduccions 55%

BARRERA CONTRA LA INTRUSIÓ SALINA

Origen i tractament de les aigües utilitzades a la barrera

La situació actual d'intrusió marina en el delta del Llobregat comporta prendre mesures d'urgència per frenar el seu avançament i millorar la qualitat de l'aigua a l'aqüífer. La correcció d'aquest problema i la protecció enfront a la intrusió futura, pot aconseguir-se mitjançant l'aprofitament de part de l'aigua que prové del tractament secundari en l'existent planta depuradora del Baix Llobregat, regenerant-la i injectant-la per a crear una barrera hidràulica davant de la intrusió.

D'acord amb l'estudi de l'anàlisi hidrogeològic del delta del Llobregat, la quantitat màxima d'aigua que es pot injectar a l'aqüífer sense risc de produir-se cap inundació de l'àrea és d'uns 15.000 m^3/dia. En la 1ª fase de la planta es produirà un cabal d'aigua tractada de 5.000 m^3/dia i la segona fase es podrà ampliar fins a una producció de 15.000 m^3/dia.



Figura 8. Conduccions

A continuació es descriuen els processos unitaris que es proposen per a la regeneració de l'efluent secundari (Diagrama de fluxes, Fig. 9):

- *Tamisat:* el tamís rotatiu proposat reduirà el contingut de sòlids en suspensió servint de protecció addicional al sistema de microfiltració.
- *Precloració*: el correcte funcionament del sistema de microfiltració requereix la presència de cloramines pel control de la obturació biològica del sistema.
- *Microfiltració*: la microfiltració s'utilitza com a pretractament abans de l'osmosi inversa. S'ha proposat la utilització d'un sistema de microfiltració submergida. Aquesta unitat inclourà dues cel·les de membranes amb l'equipament necessari per a l'operació del sistema de microfiltració i de contrarentatge. Cada cert temps es realitza també una neteja química per eliminar la capa residual que s'acumula en les membranes i que no es desprèn amb el contrarentatge.
- *Dipòsit intermedi*: degut al funcionament semicontinu de la microfiltració i osmosi inversa provocat per les neteges, resulta necessari disposar d'un dipòsit de regulació entre ambdues unitats.
- *Bombament de baixa pressió:* el sistema d'osmosi inversa seleccionat requereix, per al seu adequat funcionament, d'una pressió mínima de 3 bars a la seva entrada.
- *Osmosi inversa*: cada sistema d'osmosi inversa constarà d'un pretractament químic (condicionador+cartutxo de filtre+antiincrustant), bombes d'alta pressió, membranes

d'osmosi inversa i d'un sistema de neteja, tot això adaptat als cabals de producció. El rebuig generat en l'osmosi inversa és evacuat mitjançant la connexió a l'evacuació dels rebuigs de la microfiltració. L'osmosi inversa consta també d'un sistema de rentatge químic que s'utilitza periòdicament i que s'ajunta amb el rebuig.

- *Desinfecció per ultraviolats*: l'aigua osmotitzada tindrà, teòricament, les concentracions de l'aigua regenerada per poder-se injectar a l'aqüífer. No obstant, es proposa una desinfecció per ultraviolats per garantir les concentracions de sortida.

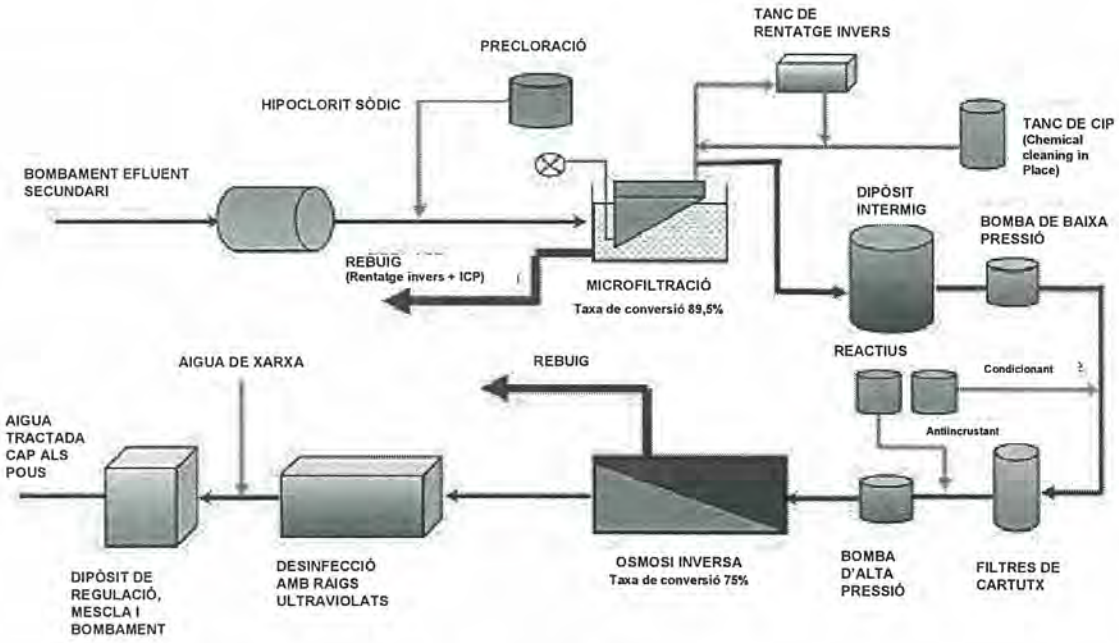


Figura 9. Diagrama de fluxos

Elements de transport de l'aigua fins als punts d'injecció

L'aigua regenerada es transporta fins als punts seleccionats per a la injecció mitjançant un bombament i una sèrie de col·lectors.

L'estació de bombament es va dimensionar en funció del cabal i la pressió necessària per a una correcta injecció de l'aigua a l'aqüífer profund, amb bombes submergibles en funcionament semicontinu.

Els col·lectors proveeixen d'aigua els pous d'injecció situats entre la marge esquerra de la nova llera del riu i la Zona Franca perquè aquests la injectin a una profunditat mitjana de 55 metres a l'aqüífer profund.

Descripció dels pous d'injecció

Es preveu que els pous d'injecció es facin mitjançant una perforació d'uns 60 metres de profunditat. S'ha previst una camisa d'acer naval perforada de 610 mm de diàmetre per a la formació de la seva cavitat principal. En el seu interior s'hi ha definit una conducció DN-90 mm en acer inoxidable fins a una profunditat mitjana de 55 metres i una segona conducció DN-110 mm en acer inoxidable fins a una profunditat de 60 metres per al sistema de neteja i

antiobturació. En l'extrem final de la conducció DN-110 mm s'hi ha previst la col·locació d'una bomba submergible de 37 kW de potència. S'han definit conduccions per al rebliment de graves calibrades (ø 12-15 mm) en el perímetre del pou i per a la inspecció mitjançant cambra submergible. En la part superior s'hi ha dissenyat una sala de maniobra on s'hi ha previst la instal·lació de dos cabalímetres (entrada i sortida), electrovàlvules de tancament o maniobra, sensor de pressió i piezòmetre, entre d'altres elements.

Es preveu que tot aquest sistema sigui telegestionat des del el control principal, situat a l'edifici de regeneració de la planta depuradora del Baix Llobregat. El control es realitzarà mitjançant un sistema d'autòmats programables, governats mitjançant un suport informàtic o sistema Scada. El sistema de barrera està dissenyat pera funcionar les 24 hores del dia, establint pauses tècniques de manteniment del sistema de regeneració i neteja produït per la possible obturació dels punts d'injecció (Fig. 10).

Aquesta 1ª fase registrarà els paràmetres de funcionament necessaris per a la seva aplicació a la futura ampliació de l'esmentada barrera.



Figura 10. Instal·lació de pou d'injecció

Inversió prevista

El pressupost total és de 7.100.000 €, el qual queda dividit en els següents capítols (Taula 1):

Capítols	Percentatge (%)
Tractament de l'aigua i bombament general	50
Conducció d'impulsió general i pous d'injecció	23
Instal·lació elèctrica i control, posada en marxa, mesures correctores, seguretat i salut, etc.	18
Pla de seguiment	9

Taula 1. Percentatges d'inversió per capítols

CONCLUSIÓ

La reutilització de les aigües de l'EDAR del Baix Llobregat ajudarà a pal·liar el dèficit hídric que pateixen les conques internes de Catalunya, ja que les aigües regenerades de la depuradora suposen la disponibilitat d'un nou recurs que es destina per a reg agrícola i usos ambientals contribuint de forma decisiva a la recuperació ambiental del delta del Llobregat.

Per aconseguir la qualitat requerida de l'aigua, segons els usos a que es destina, es construeixen dos tractaments terciaris diferents amb les tecnologies més idònies en cada cas, essent el projecte de la barrera hidràulica contra la intrusió salina un projecte nou a España en el que l'aigua regenerada que s'utilitza per a injectar en els pous s'obté a través d'un procés de microfiltracions i osmosi inversa. Aquest projecte pot servir d'exemple per extrapolar la seva experiència a d'altres regions litorals amb problemes similars d'intrusió salina.

Jornades Tècniques: La integració de l'aigua regenerada en la gestió dels recursos
Jornadas Técnicas: La integración del agua regenerada en la gestión de los recursos
Technical Workshop: The integration of reclaimed water in water resource management
Lloret de Mar, Costa Brava, Girona, Octubre 2005

MAXIMITZACIÓ DEL BENEFICI AMBIENTAL EN L'EXPLOTACIÓ D'UNA EDAR D'UNA ZONA TURÍSTICA COSTANERA

Jordi Muñoz i Aulet i Josep Maria Caus i Pla

Societat d'Explotació d'Aigües Residuals, S.A. (SEARSA)
EDAR de Castell-Platja d'Aro
Afores s/n
17249 Castell d'Aro
E-mail: edarpmos@arrakis.es

RESUM

La millora tecnològica de les estacions depuradores d'aigües residuals (EDAR) sempre ha anat lligada a la creixent eliminació de l'aigua d'aquelles substàncies que s'ha vist que constituïen un problema ambiental quan eren abocades. En aquest sentit, la nova generació d'EDAR construïda a partir dels anys 90 ha incorporat sistemes d'eliminació de nitrogen que suposaven un pas endavant respecte les tradicionals instal·lacions de fangs activats convencionals que tan sols eliminaven carboni orgànic. El subministrament d'aigua regenerada, és a dir, la reutilització, obre noves perspectives sobre com enfocar l'eliminació dels diferents elements presents en les aigües depurades. Contra l'opció de treure cada cop més coses de l'aigua residual depurada hi ha l'opció d'abocar-ne menys, reciclant aquelles que puguin tenir un interès per a la societat. En aquest sentit, aquesta ponència es planteja per tal d'explorar alternatives a l'eliminació clàssica del nitrogen d'una EDAR situada en una zona turística costanera (en concret, la de Castell-Platja d'Aro), en la que la màxima producció d'aigua –i per tant, també de nutrients- coincideix amb la màxima demanda per a reg. Es comparen els diferents escenaris de futur respecte al que serien les opcions relatives a l'ampliació de l'EDAR, del tractament terciari i del subministrament d'aigua regenerada, arribant-se a la conclusió que el model de màxim benefici ambiental, en aquesta ponència anomenat sostenibilista, és aquell que es basa en l'eliminació de nutrients quan l'aigua depurada ha de ser abocada (mesos d'hivern) i en la conservació d'aquests nutrients quan l'aigua pot ser subministrada per a reg (mesos d'estiu). La conservació d'aquests nutrients propicia un estalvi global que fins i tot permet el seu subministrament per a reg a les zones agrícoles de Santa Cristina d'Aro i de Llagostera.

Paraules clau: reutilització d'aigües, eliminació de nutrients, fertirrigació, balanç energètic, sostenibilitat

INTRODUCCIÓ

L'EDAR de Castell d'Aro va entrar en servei l'any 1983 i des del seu inici tracta les aigües residuals de les poblacions de Castell-Platja d'Aro-S'Agaró, Santa Cristina d'Aro i Sant Feliu de Guíxols, al sud de la comarca del Baix Empordà. Des de 1989 aquesta EDAR subministra aigua regenerada (fins el 1998, efluent secundari desinfectat, i a partir d'aleshores amb una filtració prèvia a la desinfecció) per a reg agrícola i de camps de golf en la zona de la Vall d'Aro. Inicialment aquest subministrament es limitava al Golf d'Aro (aleshores Golf Mas Nou) i als regants de l'entorn de l'EDAR, però en els darrers anys, aquesta activitat ha crescut gràcies al subministrament d'aigua per al reg del Golf Costa Brava i a la Comunitat de Regants de Solius, i a la millora de l'abocament al Ridaura que es fa d'una part de l'aigua tractada en aquesta instal·lació. De cara al futur es preveuen nous increments en el subministrament d'aigua regenerada en la zona, ja que han mostrat interès en disposar d'aquesta aigua els regants de la zona de Santa Cristina d'Aro i de Llagostera. Per aquest motiu, i en base a les reflexions sorgides a l'entorn de la reutilització a la Vall d'Aro al llarg d'aquests anys, s'ha preparat aquesta ponència, que intenta avaluar des d'un punt de vista global el benefici ambiental de les diferents opcions de tractament de les aigües residuals i de subministrament d'aigua regenerada en la zona.

OBJECTIUS

L'objectiu d'aquesta ponència és el d'avaluar des d'un punt de vista ambiental global els diferents escenaris que es poden donar en el futur respecte al tractament de les aigües residuals i a la reutilització de les aigües regenerades, a fi de disposar de criteris per a escollir la de màxim benefici ambiental. Aquests escenaris, que seran descrits i avaluats més endavant, inclouen les diferents opcions en quant al tractament de l'aigua residual, al subministrament d'aigua regenerada, i als criteris d'explotació de l'EDAR.

DESCRIPCIÓ DE L'EDAR I RESULTATS DE FUNCIONAMENT

L'EDAR de Castell-Platja d'Aro compta amb un sistema de depuració de fangs activats convencional per a un cabal màxim de disseny de 35.000 m^3/dia i una càrrega contaminant màxima de 175.000 habitants equivalents.

Taula 1. Cabals mensuals tractats en metres cúbics (m^3) durant els darrers tres anys:

Mesos	Any 2002	Any 2003	Any 2004
Gener	294.618	506.739	389.953
Febrer	264.674	359.181	340.472
Març	312.852	455.379	417.363
Abril	523.788	614.477	587.791
Maig	575.286	471.470	695.974
Juny	550.602	454.586	503.740
Juliol	542.814	561.989	563.260
Agost	636.597	680.080	694.980
Setembre	497.487	428.550	460.832
Octubre	427.830	582.995	335.162
Novembre	395.496	408.961	289.144
Desembre	417.678	589.261	347.653
Total anual	**5.439.722**	***6.113.668***	***5.626.324***

La línia d'aigua està composada per:

a) 2 línies de pretractament amb reixa automàtica de gruixuts i sistema d'eliminació de sorres i de greixos per aeració
b) 3 decantadors primaris de 22 metres de diàmetre
c) 3 cubes d'aeració de 2.623 m^3 amb 9 equips d'aireig de superfície
d) 3 decantadors secundaris de 30 metres de diàmetre

En la Taula 1 es presenten les dades dels cabals tractats per la instal·lació en els darrers tres anys, mentre que la Taula 2 mostra la qualitat de l'efluent secundari obtingut durant l'any 2004.

Taula 2. Resum estadístic de la qualitat de l'efluent secundari durant l'any 2004

Paràmetres	Mínim	Mitjana	Mediana	Percentil 90	Màxim
DBO, mg O_2/l (74)	2	5,9	5	10,7	15
DQO, mg O_2/l (48)	11	41,3	40,5	60,4	75
MES, mg/l (74)	2	8,2	7	14,7	26
Terbolesa, NTU (28)	0,5	3,6	2,7	7,0	8,1
Transmitància 254 nm, % (28)	33	56	55	67	71
pH (74)	7,1	7,6	7,6	7,9	8,1
CE, dS/m (74)	0,78	1,30	1,26	1,65	1,97
Nitrogen total, mg N/l (61).	0,3	19,5	24	41	44
Fòsfor total, mg P/l (61)	0,08	5,3	4,4	11,1	20

Nota: Entre parèntesi es mostra el número d'analítiques realitzades durant l'any.

L'anàlisi de les dades de les Taules 1 i 2 i de la Figura 1 permet extreure diferents factors que condicionen l'explotació de la instal·lació i que fan variar la quantitat i les característiques de l'efluent secundari produït al llarg de l'any. Aquests factors són:

1) *La contaminació d'origen domèstic*: La instal·lació es troba en una zona amb poca activitat industrial, de manera que l'aigua a tractar té una càrrega contaminant fàcilment biodegradable. Aquesta aigua té un origen essencialment domèstic i són rars els abocaments incontrolats de residus de processos industrials tòxics per al procés biològic. Aquesta circumstància fa que l'EDAR produeixi un efluent secundari de molt bona qualitat, que es troba molt per sota dels límits establerts per la legislació d'una manera regular i constant durant tot l'any.

2) *L'estacionalitat*: Aquesta EDAR tracta les aigües residuals de poblacions eminentment turístiques, de manera que les puntes de cabal i de càrrega contaminant arriben a la planta en el període comprès entre els mesos de juny i setembre, coincidint amb la temporada alta del turisme a la zona. La instal·lació posa en funcionament les seves línies de tractament en funció de la càrrega contaminant que li arriba, assolint-se els màxims valors de matèria en suspensió (MES), demanda bioquímica d'oxigen (DBO) i demanda química d'oxigen (DQO) en l'efluent secundari durant els mesos d'estiu. Pel fet de tractar-se d'una instal·lació amb un tractament biològic de fangs activats convencional, sense la capacitat de dur a terme processos de nitrificació/desnitrificació ni de reducció de fòsfor, l'efluent secundari presenta concentracions elevades de nutrients, especialment durant els mesos d'estiu. En la Figura 1, que mostra la distribució mensual del nitrogen en l'efluent secundari durant l'any 2004, es pot observar com

entre els mesos de juny a setembre l'efluent secundari conté gairebé un 50% de la càrrega anual de nitrogen abocada al medi.

3) *L'entrada d'aigües plujanes*: Al comptar amb part de les xarxes de clavegueram no separatives en les poblacions a les que es dóna servei, en episodis de pluges l'EDAR rep gran quantitat d'aigües plujanes juntament amb l'aigua residual. Aquest fet es fa palès si s'observen a la Taula 1 les fluctuacions en el cabal tractat durant els mesos de maig i octubre dels diferents anys, a causa de la pluviometria especialment variable característica a la primavera i la tardor en el clima de la zona.

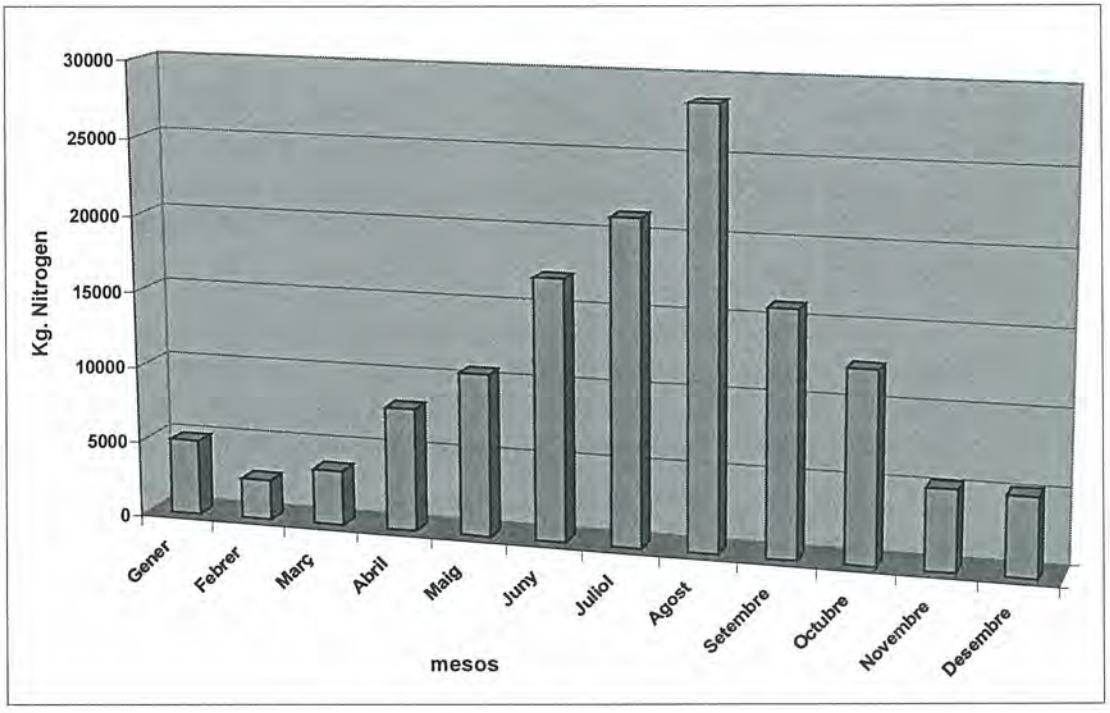


Figura 1. Distribució mensual de les càrregues de nitrogen (en kg N/mes) abocades amb l'efluent secundari de l'EDAR de Castell-Platja d'Aro durant l'any 2004

TRACTAMENT TERCIARI I QUALITAT DE L'AIGUA REGENERADA

La construcció de la planta de regeneració de l'EDAR de Castell d'Aro es va iniciar el 27 de juny del 1997 i es va finalitzar el 25 de març del 1998. Va ser finançada en un 80% per part de la Unió Europea amb els fons d'Infraestructures per a la Millora del Medi Ambient (FIMMA), amb els objectius de millorar la gestió dels recursos hídrics en la conca del Ridaura, reduir els abocaments i millorar la qualitat de l'aigua en l'últim tram del riu Ridaura. El cabal que hi aboca l'EDAR de Castell-Platja d'Aro, que és una part de tota l'aigua residual tractada per la instal·lació, representa una part important del cabal del riu durant la major part de l'any en aquest tram final. Aquest és un tractament terciari de tipus convencional, i amb una capacitat màxima de disseny de 625 m^3/hora, equivalents a 15.000 m^3/dia. L'objectiu d'aquest tractament és la reducció o eliminació de la població de microorganismes patògens, sense buscar l'eliminació dels nutrients (nitrogen i fòsfor) presents en l'efluent secundari. Les etapes per les que passa l'efluent secundari, en les quals es modifiquen les seves característiques fisicoquímiques i microbiològiques fins aconseguir la qualitat que el fa apte per a la seva reutilització posterior, són:

1) *Coagulació-floculació*: es duu a terme l'addició de policlorur d'alumini en una cambra de contacte proveïda d'un agitador. Es tracta d'una etapa opcional que només s'utilitza en els moments en què la concentració de sòlids de l'efluent secundari es troba per sobre de 20 ppm i es fa necessari incrementar el rendiment d'eliminació per tal d''assegurar l'obtenció d'un efluent que es trobi dins els límits de qualitat establerts.

2) *Filtració*: es disposa de 4 filtres oberts de llit polsant, sistema Hydroclear, proveïts d'una única capa de matriu filtrant de sorra de quars de gra fi i de 25 centímetres de gruix. En aquesta etapa l'aigua pateix unes modificacions de les característiques fisicoquímiques, que consisteixen en un descens en la concentració de la matèria en suspensió i de la terbolesa, i en un augment de la transmitància a 254 nanòmetres, que faciliten la desinfecció posterior.

3) *Desinfecció amb llum ultraviolada*: es disposa de 2 equips en canal tancat amb un total de 8 làmpades de mitja pressió. En aquesta etapa es busca reduir les concentracions de microorganismes patògens gracies a l'efecte germicida de la llum ultraviolada.

4) *Post-cloració*: es realitza mitjançant l'addició en línia d'hipoclorit sòdic. En aquesta etapa d'afinament es busca eliminar totalment la població de microorganismes patògens i dotar l'aigua d'un agent desinfectant que perduri en els temps i permeti mantenir la qualitat microbiològica de l'aigua en els sistemes de conducció fins al punt d'ús.

Taula 3. Comparativa entre els límits dels criteris de qualitat establerts per a reg sense restriccions (agrícola i espais verds) i els resultats obtinguts de l'efluent terciari.

Paràmetres	Percentil 90 dels valors anuals				
	Límits	2002	2003	2004	gener-agost 2005
Ous de Nematodes	<1/ litre	<1/ 25 litres	<1/25 litres	<1/50 litres	<1/50 litres
Escherichia coli (ufc/100 ml)	<200	23	120	5	29
Matèria en suspensió, (mg/l)	<20	4,0	7,0	6,8	8,9
Terbolesa (NTU)	<5	1,5	2,5	3,4	4,8

Malgrat el que es podria pensar *a priori*, la utilització de derivats del clor per a la desinfecció d'aigües residuals depurades presenta un potencial molt baix de formació de trihalometans, ja que la presència d'una mínima concentració de nitrogen amoniacal ja fa que aquest reaccioni preferentment amb el clor per formar cloramines, i que la formació de trihalometans sigui pràcticament nul·la. Així doncs, la producció d'una aigua amb concentracions elevades d'amoni assegura la inhibició de la formació de trihalometans en el procés de desinfecció per cloració, ja que no se supera el punt de ruptura ("*breakpoint*") de l'amoni, quedant tot el clor acomplexat en forma de cloramines. En conseqüència no es genera clor residual lliure que pugui reaccionar amb la matèria orgànica present en l'efluent terciari. El Departament de Química analítica de la Universitat de Girona ha realitzat una campanya de mostreig de l'efluent terciari durant els exercicis 2004 i 2005 (9 mostres puntuals en total) analitzant les mostres segons el mètode EPA 551, aplicable a la determinació de co-productes de desinfecció i de disolvents clorats. Aquesta tècnica, que es duu a terme mitjançant una extracció líquid-líquid i una cromatografia de gasos amb detector de captura d'electrons, permet la detecció simultània de 19 substàncies. Els resultats d'aquest seguiment han corroborat la tesi anterior, amb tots els compostos situats per sota dels límits de detecció del mètode, en rang comprès entre 0,02-0,15 µg/l, depenent del compost.

Per altra banda durant aquest període s'han dut a terme diferents campanyes de mostreig per part del Departament de Microbiologia de la Facultat de Biologia de la Universitat de Barcelona, a fi d'ampliar el ventall de microorganismes analitzats i d'avaluar l'eficiència del tractament terciari en la seva reducció o eliminació. Així, a banda de la determinació de les concentracions de coliformes fecals i d'estreptococs fecals, també s'han fet determinacions de les concentracions d'espores de clostridis, de quatre tipus de bacteriòfags, d'enterovirus i d'un protozou patogen com *Cryptosporidium parvum* tant a l'entrada com a la sortida del tractament de regeneració. En la Figura 2 es poden observar els resultats obtinguts en l'efluent terciari pel que fa a aquests diferents grups de microorganismes.

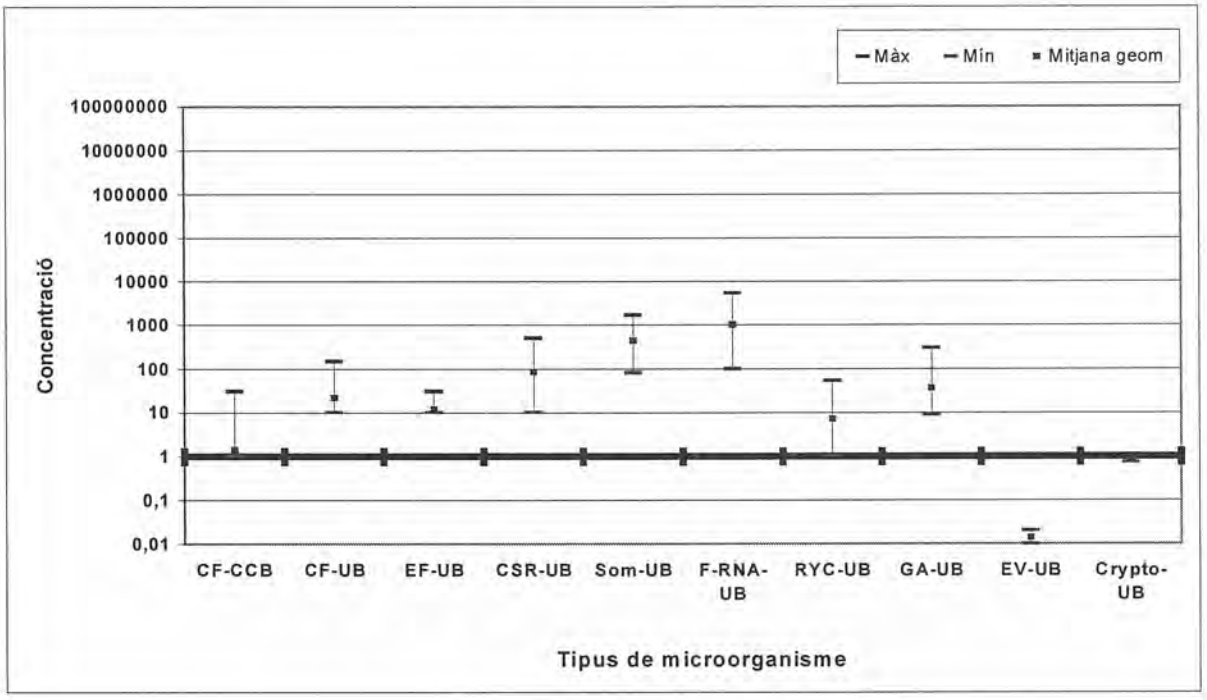


Figura 2. Concentracions dels diferents microorganismes analitzats en l'aigua regenerada de l'EDAR de Castell-Platja d'Aro durant l'any 2004. Abreviacions: CCB: Consorci de la Costa Brava; UB: Universitat de Barcelona. **Bacteris:** CF: coliformes fecals; EF: estreptococs fecals; CSR: clostridis sulfit-reductors. **Virus:** Som: fags somàtics; F-RNA: fags F-RNA; RYC: fags RYC de *Bacteroides fragilis*; GA: fags GA de *Bacteroides fragilis*; EV: enterovirus. **Protozous:** Crypto: *Cryptosporidium parvum*. Número de mostres CCB: 27; UB: 6. Unitats en ufc/100 ml (bacteris), ufp/100 ml (virus), ufp/l (enterovirus) i ooquistes/l (*Cryptosporidium*).

Tant dels resultats de la Taula 3 com d'aquests seguiments addicionals realitzats amb convenis amb diferents departaments universitaris es desprèn que es compta amb la capacitat d'obtenir un efluent terciari que es trobi dins els límits per a la seva reutilització posterior per a usos de reg d'una manera constant i regular. Aquest fet, amb el pas del temps, ha anat donant una confiança en aquest recurs tant a l'administració com als diferents usuaris.

ALTERNATIVES EN LA GESTIÓ CONJUNTA DE L'EDAR I DEL SUBMINISTRAMENT D'AIGUA REGENERADA

Atès que hi ha plantejada la possibilitat d'una ampliació del tractament biològic de l'EDAR amb criteris de reducció de nutrients, i que també existeix una expectativa d'ampliar el subministrament d'aigua regenerada per a diferents usos, entre els quals el reg agrícola n'és el principal, a continuació s'exploren les diferents alternatives de gestió del sistema EDAR-usuaris de l'aigua regenerada, avaluant la viabilitat global de les diferents opcions. A la

Taula 4 trobem la relació dels usuaris actuals juntament amb dades que permeten donar una idea de les característiques de cadascun d'ells i de la seva importància relativa.

Taula 4: Superfícies de reg dels usuaris actuals de l'aigua regenerada i principals dades lligades al subministrament en els darrers anys.

Usuaris aigua regenerada	Superfície regada (hectàrees)	Llacunes d'emmagat-zematge	Aportació mitjana anual nitrogen 2002-2004 (Kg)	Aportació mitjana anual fòsfor 2002-2004 (Kg)	Volum subministrat mitjana 2002-2004 (m^3)	Volum subministrat gener-agost any 2005 (m^3)
Hortes entorn EDAR	10	No	2.532	382	84.573	73.827
Golf d'Aro	30	Si	5.870	727	177.299	201.701
Golf Costa Brava	25	No	4.109	577	135.094	117.703
Regants St. Cristina	25	Sí	3.609	371	96.880	115.550

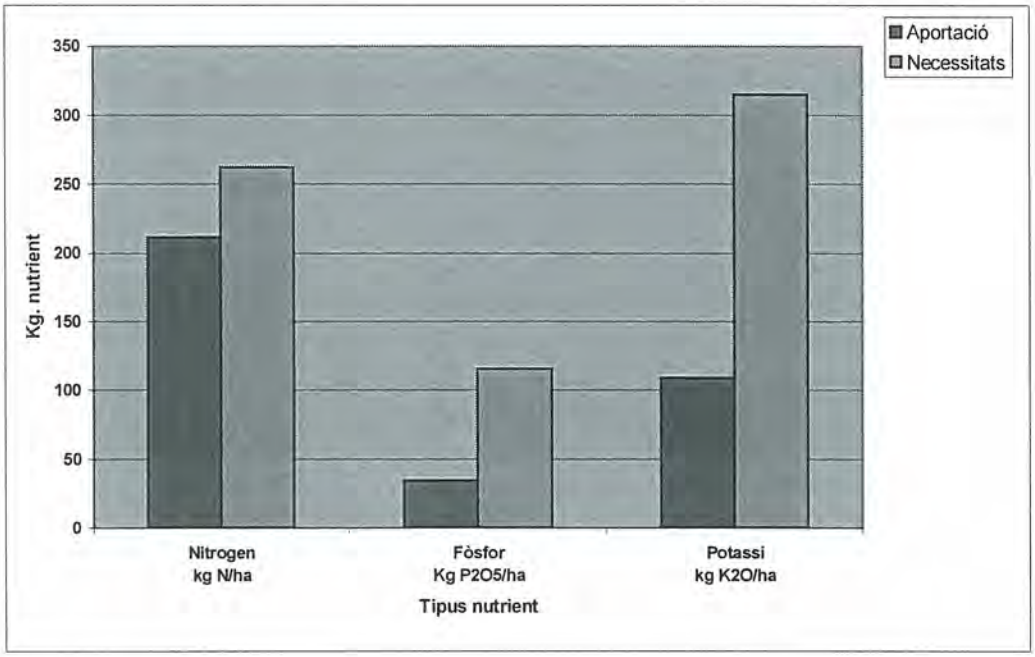


Figura 3: Comparativa entre les quantitats nitrogen, fòsfor i potassi aportades per fertirrigació amb aigua regenerada durant l'any 2004 al cultiu de blat de moro de Santa Cristina i les necessitats totals anuals d'aquests nutrients per a un cultiu de blat de moro farratger amb una producció anual de 70 tones de matèria verda per hectàrea.

Atès que l'aigua regenerada presenta unes elevades concentracions de nutrients, les aportacions fetes als cultius per fertirrigació són significativament importants i permeten un estalvi important en fertilitzants a l'agricultor. A la Figura 3 es relacionen les quantitats de nitrogen, fòsfor i potassi aportades durant l'any 2004 a les hectàrees de blat de moro que actualment es reguen amb aigua regenerada a la zona de Santa Cristina amb les necessitats totals anuals d'aquests nutrients. Gràcies als nutrients presents en l'aigua regenerada, tan sols el reg ja aporta un 81% del nitrogen, un 30 % del fòsfor i un 35 % del potassi que requereix aquest conreu.

Per a l'anàlisi de les diferents alternatives es contemplen cinc escenaris de futur a mig termini, les dades dels quals es resumeixen en la Taula 5:

Escenari nº 1 – Situació actual: Aquest cas suposaria que no es portés a terme l'ampliació del tractament biològic amb criteris de reducció de nutrients ni de la planta de regeneració de l'EDAR, atès que la demanda d'aigua regenerada es mantindria estable. Es tracta de l'estat actual de les coses. En aquest escenari l'EDAR continuaria abocant gran part de l'aigua tractada durant l'any al mar i al riu Ridaura amb unes concentracions de nutrients elevades. Aquest abocament només es veuria reduït per la part de l'efluent terciari produït consumit pels usuaris que representaria un 9% del total tractat per l'EDAR i un 12 % dels quilograms de nitrogen abocats.

Taula 5. Comparativa de la distribució, en percentatges i en kg totals, del nitrogen que actualment s'aboca amb l'efluent secundari en els 5 escenaris de futur.

Usuaris	Distribució en percentatges					Distribució en Kg de nitrogen				
	Escenaris					Escenaris				
	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
Hortes entorn EDAR	*1,9*	*1,9*	*0,5*	*0,5*	*1,4*	*2.532*	*2.532*	*708*	*708*	*1.845*
Golf Mas Nou	*4,4*	*4,4*	*1,2*	*1,2*	*3,9*	*5.870*	*5.870*	*1.630*	*1.630*	*5.206*
Golf Costa Brava	*3,1*	*3,1*	*0,9*	*0,9*	*2,5*	*4.109*	*4.109*	*1.161*	*1.161*	*3.347*
Santa Cristina - Llagostera	*2,7*	*40,0*	*0,7*	*11,0*	*40,0*	*3.609*	*52.911*	*969*	*14.586*	*52.911*
Subtotal reciclatge	12,1	49,4	3,3	13,6	47,8	16.120	65.422	4.468	18.085	63.309
Atmosfera	0,0	0,0	71,7	71,7	39,1	0	0	94.907	94.907	51.670
Abocament medi	87,9	50,6	25,0	14,7	13,1	116.178	66.876	32.923	19.306	17.319
Total	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	132.298	132.298	132.298	132.298	132.298

Escenari nº 2 - No ampliació tractament biològic / Sí ampliació planta de regeneració: Aquest supòsit implicaria que no es portés a terme l'ampliació del tractament biològic però sí que es dugués a terme l'ampliació del tractament terciari fins a una capacitat de tractament de 30.000 m^3/dia i que es construís un sistema de conducció de l'aigua regenerada fins al punt d'ús. L'augment de la demanda podria anar principalment a càrrec d'una comunitat de regants formada per agricultors de les poblacions de Santa Cristina d'Aro i Llagostera que consumirien la totalitat del cabal abocat al mar en l'actualitat durant els mesos de juny a setembre. En aquest escenari l'abocament de l'EDAR al medi (al riu Ridaura i al mar) en termes de nitrogen es veuria reduït d'un 87,9 % a un 50,6 %, mentre que el percentatge de nitrogen reciclat passaria d'un 12,1 % a un 49,4 %. L'escassa demanda d'aigua de reg fora dels mesos punta és la que impediria un major reciclatge i, per tant, una menor reducció dels abocaments al medi. Aquest és l'escenari que implica un major reciclatge de nitrogen, ja que no hi ha eliminació per desnitrificació en cap moment de l'any.

Escenari nº 3 - Sí ampliació de tractament biològic / No ampliació planta de regeneració: Aquest cas implicaria que es portés a terme l'ampliació del tractament biològic de l'EDAR amb criteris de reducció de nutrients i que es mantingués la demanda actual d'aigua regenerada, de manera que no s'ampliés el tractament terciari. S'estima que l'EDAR produiria un efluent secundari amb una concentració de nitrogen total inferior 5 ppm durant el període comprès entre els mesos de maig i octubre, i inferior a 10 ppm de juny a setembre. Aquesta reducció de la concentració de nitrogen present en l'efluent comportaria que malgrat abocar al medi al voltant d'un 90 % del volum tractat d'aigua (situació equivalent a l'actual en aquest aspecte), l'abocament de nitrogen al medi passaria a ser tan sols d'un 25 %. El destí principal del nitrogen no abocat passaria a ser l'atmosfera (71,7 %), a través de la desnitrificació. Aquest és l'escenari de mínim reciclatge de nitrogen, amb tan sols un 3,3 % del total produït per l'EDAR.

Escenari nº 4 - Sí ampliació del tractament biològic / Sí ampliació del tractament terciari: Aquest supòsit comportaria que s'executés el projecte d'ampliació del tractament biològic de l'EDAR amb criteris de reducció de nutrients i alhora l'ampliació del tractament terciari fins a una capacitat de tractament de 30.000 m^3/dia, i que es construís un sistema de conducció de l'aigua regenerada fins al punt d'ús. S'estima que l'EDAR produiria un efluent secundari amb una concentració de nitrogen total inferior 5 ppm durant el període comprès entre els mesos de maig i octubre i inferior a 10 ppm de juny a setembre. L'augment de la demanda podria anar principalment a càrrec d'una comunitat de regants formada per agricultors de les poblacions de Santa Cristina d'Aro i Llagostera que consumirien la totalitat del cabal abocat al mar en l'actualitat durant els mesos de juny a setembre. En aquest escenari l'abocament de nitrogen al medi es veuria reduït a tan sols un 14,7 %, mentre que el reciclatge seria d'un 13,6 %. Igual que en l'escenari anterior, el destí principal del nitrogen no abocat continuaria essent l'atmosfera (71,7 %), a través de la desnitrificació.

Escenari nº 5 - Model sostenibilista: Aquest supòsit comportaria l'execució del projecte d'ampliació del tractament biològic de l'EDAR amb la versatibilitat suficient com per permetre treballar a voluntat tant amb criteris de reducció de nutrients mitjançant un sistema d'aireig prolongat com amb un sistema de fangs activats convencional que permetés reduir tan sols la càrrega contaminant carbonosa (eliminació de MES, DQO i DBO) sense actuar sobre el nitrogen i el fòsfor. Alhora, aquest escenari contemplaria l'ampliació del tractament terciari fins a una capacitat de tractament de 30.000 m^3/dia, construint un sistema de conducció de l'aigua regenerada fins al punt d'ús. Igual que en els altres escenaris, l'augment de la demanda podria anar principalment a càrrec d'una comunitat de regants formada per agricultors de les poblacions de Santa Cristina d'Aro i Llagostera que consumirien la totalitat del cabal abocat al mar en l'actualitat durant els mesos de juny a setembre.

Dins d'aquest escenari l'explotació de l'EDAR es duria a terme aplicant els següents criteris:

a) Allotjar els nutrients (nitrogen i fòsfor) en el compartiment ambiental amb el menor impacte possible (Sala & Serra, 2004). Aquests compartiments varien al llarg de l'any, de manera que a l'estiu es procuraria allotjar-los a la biomassa lligada a les activitats productives dels usuaris de l'aigua regenerada, mentre que l'atmosfera seria el destí en l'època hivernal, en la que no hi ha demanda de reg.

b) Minimitzar els costos econòmics i el consum energètic del sistema EDAR-usuaris.

La logística bàsica d'aquest model respecte el tractament biològic de les aigües residuals presenta dos criteris d'actuació diferenciats segons l'època de l'any:

1- Temporada de baixa intensitat en el reg: Són els mesos de baix consum aigua regenerada (d'octubre a maig), en què s'obtindria un efluent secundari a partir del tractament biològic d'aireig prolongat, amb unes concentracions de nitrogen baixes, d'entre 5 i 10 ppm. La producció del tractament terciari s'ajustaria a les demandes puntuals dels usuaris.

2- Temporada d'alta intensitat en el reg: Són els mesos d'elevat consum d'aigua regenerada (de juny a setembre), en què s'obtindria un efluent secundari mitjançant un tractament biològic de fangs activats convencional, amb unes concentracions de nitrogen similars a les actuals, que es podrien situar al voltant de les 35 ppm de mitjana. La totalitat de l'efluent tractat rebria un tractament terciari i seria reutilitzat per als diferents usos de reg.

En ambdues èpoques, però, el tractament terciari a aplicar a l'aigua depurada seria idèntic, i hauria de consistir en una filtració –amb possibilitat de ser reforçada per una coagulació- i una desinfecció mixta que combinés l'efecte desinfectant de la llum ultraviolada i del clor. Amb aquest tractament ja actualment s'assoleixen els límits de qualitat per a una aigua per a ser emprada per a reg agrícola i de jardineria sense restriccions (veure Taula 3).

En aquest escenari el percentatge de nitrogen abocat seria el mínim, assolint tan sols un 13,1 %, mentre que el nivell de reciclatge d'aquest element seria el segon més elevat, arribant al 47,8 %, molt proper al 49,4 % de l'escenari 2. L'enviament de nitrogen a l'atmosfera a través de la desnitrificació assoliria un 39,1 %. Aquest mínim abocament al medi s'assoliria gràcies a la combinació de dos factors: l'alliberació de gran part de nitrogen a l'atmosfera durant la temporada de baixa intensitat de reg i l'eliminació de l'abocament durant la temporada d'alta intensitat de reg. El fet de no haver de proporcionar l'oxigen necessari per a dur a terme la nitrificació del nitrogen amoniacal present en l'aigua durant l'època d'alta intensitat de reg comportaria un estalvi energètic en el tractament biològic del procés de depuració.

Aquest estalvi energètic del tractament biològic pot ser estimat a partir de les següents dades i consideracions:

i) Que la quantitat de nitrogen amoniacal a oxidar durant el període comprès entre els mesos de juny i setembre seria d'uns 80.000 Kg. (valor calculat a partir de les dades de l'EDAR de Castell-Platja d'Aro del 2004).
ii) Que el factor de conversió de les necessitats d'estequiomètriques d'oxigen a les necessitats reals d'oxigen en condicions estàndard seria de 0,64.
iii) Que l'eficàcia dels difusors seria d'un 32 %. (valor provinent de l'EDAR de Torroella de Montgrí)
iv) Que es disposaria d'un bufadors amb un cabal d'emissió d'aire de 2.500 Nm^3/h i amb una potència de 75 Kw. (valor provinent dels equips instal·lats l'EDAR de Torroella de Montgrí)

En base a aquests supòsits, el cabal d'aire que es deixaria d'aportar per a la nitrificació/ desnitrificació seria d'uns 4.926.000 m^3, la qual cosa es traduiria en un estalvi energètic d'uns 148.000 Kwh. en l'esmentat període de juny a setembre.

AVALUACIÓ AMBIENTAL DE L'OPCIÓ SOSTENIBILISTA

Atès que aquesta opció presenta no tan sols un mínim abocament al medi i un elevat percentatge de reciclatge del nitrogen, sinó també un important estalvi energètic, s'ha efectuat una avaluació de la contribució a l'efecte hivernacle de les activitats associades a l'aplicació del model sostenibilista, basada en el balanç entre les tones de CO_2 generades i fixades. Els resultats d'aquest balanç es presenten en la Taula 6.

Tal com mostra la Taula 6, mentre que l'estimació del CO_2 generat en el període comprès entre els mesos de juny i setembre arriba a les 937 tones, el CO_2 fixat pel nou cultiu de blat de moro plantat en zones actualment de sequer, i el no emès pels estalvis energètics i de fertilitzants assoleix les 7.067 tones. Així doncs, el resultat del balanç indica que el conjunt d'activitats associades al model sostenibilista contribueixen a paliar l'efecte hivernacle fixant anualment al voltant de 6.130 tones de CO_2 de l'atmosfera. Tenint en compte que el consum energètic anual del conjunt del sistema de sanejament (EDAR i estacions d'impulsió) es troba al voltant dels 3.000.000 de Kwh, equivalents a una emissió de 1.277 tones de CO_2/any, el fet

de no abocar l'aigua depurada i de subministrar-la per al reg faria que l'efecte del consum energètic de la depuració quedés àmpliament neutralitzat per la quantitat fixada de CO_2.

Taula 6. Balanç en tones de CO_2 generat i fixat en les activitats del model sostenibilista(1).

Activitat	Tones CO_2 generat	Activitat	Tones CO_2 fixat
Tractament de regeneració	185 (2)	Cultiu blat de moro	6.900 (4)
Impulsió i reg	752 (3)	Estalvi energètic EDAR	63 (5)
		Estalvi energètic fertilitzant	104 (6)
Total	937	Total	7.067

(1) Emissió específica mitjana en la generació d'electricitat a Espanya: 425,7 g. CO_2/Kwh
(2) S'estima que es tractarien 1.450.000 metres cúbics d'aigua amb un consum energètic de 0,3 Kwh/m^3
(3) Es regarien 75 hectàrees de la zona de Santa Cristina amb un consum energètic de 0,75 Kwh/m^3 i 270 hectàrees de la zona de Llagostera amb un consum energètic de 1,2 Kwh/m^3 aportant 4.600 metres cúbics d'aigua per hectàrea
(4) Absorció de CO_2 per part de les noves 260 hectàrees en les quals es podria plantar blat de moro i que actualment sustenten conreus de sequer per manca d'aigua de reg. Es considera que una hectàrea de blat de moro fixa directament 30 tones de CO_2 per collita (Departament d'Agricultura, Ramaderia i Pesca de la Generalitat de Catalunya, 2001)
(5) Es considera un estalvi energètic de 148.000 Kwh al no aplicar criteris de reducció de nutrients en el procés biològic
(6) Es considera un estalvi en la producció industrial d'adob d'origen mineral per a cobrir les necessitats del cultiu de 53 tones de nitrogen. És necessària l'energia equivalent a l'emissió de 1,97 tones de CO_2 per produir una quantitat de fertilitzant que contingui una tona de nitrogen (Kongshaug, 1998).

AVALUACIÓ ECONÒMICA DE L'OPCIÓ SOSTENIBILISTA

Per tal de poder dur a la realitat el model sostenibilista s'ha de donar sortida a la totalitat de l'efluent de l'EDAR no reutilitzat en l'actualitat durant els mesos de juny a setembre, que arriba a un volum aproximat de 1.450.000 m^3. Tenint en compte aquest elevat volum i el fet que aquest efluent presentaria una concentració mitjana de nitrogen d'unes 35 ppm, es fa necessari trobar una activitat productiva rendible basada en un cultiu que necessiti tant una gran quantitat d'aigua com que requereixi d'una important aportació de nitrogen durant els mesos de juny a setembre. El cultiu que compleix aquests requeriments que actualment es conrea en la zona i que, per tant, és econòmicament viable, és el blat de moro. Aquest cultiu presenta unes necessitats d'aigua durant els mesos de juny a setembre de 4.600 m^3/ha i unes necessitats de nitrogen de 262 Kg/ha.

Si es relacionen les dades esmentades anteriorment amb els cabals de l'efluent secundari es necessitarien unes 320 hectàrees d'aquest cultiu a les quals subministrar l'aigua regenerada. Consultats els agricultors dels municipis de Santa Cristina d'Aro i de Llagostera, en la zona es disposa d'unes 350 hectàrees potencialment cultivables, sempre i quan existís un subministrament d'aigua regenerada que n'assegurés la viabilitat agronòmica de la seva explotació. En les Taules 7 i 8 es duu a terme una comparativa de costos per tal d'avaluar la viabilitat econòmica del canvi del tipus d'aigua de reg en les dues zones.

Tal com es dedueix dels resultats de les Taules 7 i 8, l'opció del reg amb aigua regenerada produïda seguint el model sostenibilista és econòmicament viable respecte a la situació actual, tant a Santa Cristina d'Aro com a Llagostera, gràcies a l'estalvi de costos que es produeix en l'apartat de la fertilització. Aquest estalvi compensa amb escreix l'increment de consum energètic que es produeix en la majoria de situacions pel transport de l'aigua des de l'EDAR, tot i que en el cas de les zones regades amb pous amb motor a gasoil a Santa Cristina d'Aro aquest cost ja és actualment superior al que genera el proveïment d'aigua des de l'EDAR.

Taula 7. Comparativa dels costos, en €/ha.any, del consum energètic per al reg i la fertilització del cultiu de blat de moro en la zona de Santa Cristina d'Aro.

Costos	Zona de Santa Cristina d'Aro, €/ha.any		
	Escenari convencional		Escenari aigua regenerada
	Pous energia elèctrica	Pous motor gasoil	Bombament EDAR-cultiu
Reg	240	450	297
Fertilització	350	350	135
Total	590	800	432

Taula nº 8: Comparativa dels costos, en €/ha.any, del consum energètic per al reg i la fertilització del cultiu de blat de moro en la zona de Llagostera.

Costos	Zona de Llagostera, €/ha.any		
	Escenari convencional		Escenari aigua regenerada
	Pous energia elèctrica	Pous motor gasoil	Bombament EDAR-cultiu
Reg	300	400	450 (1)
Fertilització	350	350	135
Total	650	750	585

(1) Cost estimat segons l'avantprojecte constructiu del sistema d'impulsió i reg realitzat per Casas-Masgrau S.A.

AVANTATGES

Avantatges de l'execució del projecte d'ampliació del terciari i del sistema de conducció d'aigua regenerada fins al punt d'us

Els avantatges que presenten els escenaris de futur on, per donar resposta a l'increment en la demanda de l'aigua regenerada es dugui a terme l'ampliació del tractament terciari i la construcció d'un sistema de conducció d'aquesta aigua fins al punt d'us, serien els següents:

1. El canvi en la font de subministrament d'aigua permet alliberar recursos hídrics dels aqüífers dels que s'extreu l'aigua amb la que es reguen els camps en l'actualitat. Aquest fet n'evita la salinització per intrusió d'aigua de mar i augmenta les reserves estratègiques d'aigua de boca a utilitzar en períodes de sequera persistent.

2. La reutilització de tota aquesta aigua redueix l'abocament dels nutrients en el tram final del riu Ridaura evitant processos d'eutrofització i millorant l'estat ecològic del tram final del riu.

3. Regar amb aigua regenerada proporciona una seguretat en la disponibilitat, control i subministrament en termes de quantitat i qualitat. Aquest fet permetrà gestionar l'explotació del cultiu amb independència de la meteorologia que condiciona les reserves disponibles en els aqüífers, fent que la disponibilitat d'aigua no sigui un factor limitant en termes de producció del cultiu en anys de sequera.

4. S'optimitza l'aprofitament d'un recurs existent com a element clau per a la continuïtat d'activitats agrícoles rendibles, ajudant a protegir i conservar el paisatge de les zones rurals.

5. El fet d'ampliar i consolidar el sistema EDAR-usuaris contribueix en termes d'educació ambiental a canviar la idea d'amagar i ignorar els residus generats per l'activitat humana convertint-los en un recurs integrat en les activitats productives quotidianes.

6. El sistema EDAR-usuaris integra activitats de sectors productius diversos. Aquest fet contribueix a la vertebració tant de la societat com del territori, permetent l'organització de diferents activitats econòmiques amb l'aigua regenerada com a eix conductor.

Avantatges addicionals de l'aplicació del model sostenibilista

1. Es racionalitza l'allotjament del nitrogen en el compartiment amb el menor impacte ambiental possible en cada època de l'any.

2. El fet de produir una aigua amb concentracions elevades d'amoni fa que tot el clor dosificat en el procés de desinfecció quedi acomplexat en forma de cloramines. Aquest fet evita la presencia de clor residual lliure en l'aigua susceptible de reaccionar amb la matèria orgànica i formar trihalometans.

3. El fet de dur a terme la fertilització per fertirrigació redueix les aplicacions de nitrogen en forma d'adob mineral en cobertera. Aquest fet fa que es redueixi la quantitat de nitrogen rentat en els períodes de pluges de la tardor, minimitzant la quantitat d'aquest nutrient que arriba als aqüífers per lixiviació (Domingo, F. et al. 2003). Alhora, el reciclatge d'un nitrogen que ja ha entrat en la conca evita l'entrada de nou nitrogen a partir dels fertilitzants minerals, de manera que el potencial tant d'eutrofització dels cursos superficials d'aigua com de contaminació dels aqüífers per nitrats es veu fortament reduït.

4. A l'operar el tractament biològic sense criteris de nitrificació-desnitrificació durant l'època d'alta intensitat de reg permet un descens en el consum energètic a nivell d'explotació de l'EDAR, atès que no és necessari aportar l'oxigen per dur a terme l'oxidació d'amoni a nitrat en el procés biològic.

5. Servir una aigua regenerada amb unes concentracions elevades de nitrogen i fòsfor redueix la despesa de l'agricultor en la compra i aplicació de fertilitzants d'origen mineral. Aquesta reducció de costos contribueix de manera important a la viabilitat econòmica del canvi del tipus d'aigua de reg.

AGRAÏMENTS

Agrair les valuoses informacions aportades per a la confecció d'aquesta ponència per part de les següents persones: Joan Pijoan, president de la Comunitat de Regants de Solius; Benjamí Ferrer, greenkeaper Golf Costa Brava; Xavier Millet, biòleg; Jordi Salvia, Fundació Mas Badia; Nela Hidalgo, Departament de Química Analítica de l'Universitat de Girona; Casas Masgrau, S.A.; Josep Ferrer, SEAR S.A. i Lluís Sala, Consorci de la Costa Brava.

REFERÈNCIES

Departament d'Agricultura, Ramaderia i Pesca de la Generalitat de Catalunya (2001). Llibre Blanc del Sector Agrari. Disponible a internet a través de l'adreça http://www.gencat.net/darp/c/departam/lliblanc/doc/llibre.pdf

Domingo, F; Serra, J; Duran, M; Teixidor, M; (2003). Influencia de los aportes de residuos orgànicos ganaderos en el lavado de nitratos en un cultivo de maiz en regadio. *Estudios de la Zona No Saturada del Suelo.* Vol VI: 391-395.

Kongshaug, G. (1998). Energy consumption and greenhouse gas emissions in fertilitzer production. Disponible a internet a través de l'adreça http://www.fertilizer.org/ifa/publicat/PDF/1998_biblio_65.pdf

Sala, L. and M. Serra (2004). Towards sustainability in water recycling. *Water Science and Technology*, Vol 50 No 2, pp. 1-7

Jornades Tècniques: La integració de l'aigua regenerada en la gestió dels recursos
Jornadas Técnicas: La integración del agua regenerada en la gestión de los recursos
Technical Workshop: The integration of reclaimed water in water resource management
Lloret de Mar, Costa Brava, Girona, Octubre 2005

BALANÇ DE L'EXPERIÈNCIA EN REUTILITZACIÓ D'AIGÜES REGENERADES A PORTAVENTURA

Vicenç Veses

Enginyer Industrial Universitat de Navarra,
Master en Gestió Gerenal EADA
Director de Serveis Tècnics de Port Aventura, SA
E-mail: vicenc.veses@portaventura.es

RESUM

Quan mitjançant una Llei 2 del 1989[1], la Generalitat de Catalunya anunciava la possibilitat de la creació de Centres Recreatius i Turístics al seu territori, fixava les bases de la planificació urbanística i la densitat de construccions dels centres, resultava, així, un gran espai enjardinat. El Decret 152[2] del mateix any que aprovà el centre recreatiu i turístic de Vila-seca i Salou ja va tenir en compte com a estímul per la seva construcció i explotació el subministrament d'aigua no potable.

PortAventura en aquells moments va tenir ben clar que un complex de les característiques que la llei demanava, situat a les comarques costaneres de Tarragona comportaria una disponibilitat de recursos hídrics de les que la zona hi mancava.

La construcció d'un sistema de tractament addicional a la planta depuradora d'aigües residuals, va ser un punt de partida fonamental per que els actuals jardins de Port Aventura siguin una realitat, i fer possible el queda pendent de desenvolupament.

La experiència del reg de tantes i tan diverses espècies ornamentals durant els darrers 10 anys, ha resultat molt positiva i es planteja aquí com un procés de benchmarking, amb la idea de que pugui ser imitat, exposant-ne els seus avantatges i inconvenients.

Paraules Clau: Centre Recreatiu i Turístic, Oci, Activitat lúdica, Paisatgisme, jardineria, especies ornamentals, Aigua reutilitzada, Efectes dels Clorurs, Efectes del SAR, ET_0.

EL CENTRE RECREATIU TURÍSTIC DE VILA-SECA/SALOU

La creació de grans espais lúdics a Catalunya per tal de dinamitzar el sector turístic, es quelcom que el seu Govern es va plantejar a finals de la dècada dels 1980, tot seguint

l'exemple, que no el patró, de la multinacional americana Disney, la qual havia decidit construir un complex a Marne-la Vallée prop de Paris.

En efecte en aquells dies l'activitat turística havia començat una certa recessió a la Costa Daurada. Les poques o nul·les alternatives, que es presentaven llavors al hipotètic viatger, pel sol i la platja, no eren prou engrescadores per que triés aquella destinació.

En un exemple de coordinació les administracions local i catalana, van treballar plegades per captar algun inversor que tingués vocació de quedar-se; no es volia fomentar l'arribada d'una operació financera lucrativa, sinó d'una empresa que es comprometés amb el país i ajudes a aixecar la que començava a ser una situació preocupant, en quant al turisme es referia.

Calia crear un espai amb prou atractiu per a què el turisme de la Costa Daurada tornés a ser el que era i encara més, esperonar a l'empresari a fer inversions de qualitat, atreure als tour-operators, recuperar i engrandir la marca, col·laborar al creixement econòmic de la zona, crear llocs de treball, etc.

Doncs bé, la solució va ser la construcció d'un Centre Recreatiu i Turístic (CRT) de capital privat, que pogués fer realitat tot això, i per fer-lo calia aigua.

El projecte que va presentar PortAventura abastava un àrea geogràfica de 826 Ha, sobre la que s'havia de construir al llarg dels anys següents un gran Parc Temàtic que aportés anomenada i marca. Després seguirien inversions en hotels, zones esportives, camps de golf, centre de convencions, etc., moltes de les quals encara per realitzar.

Donat el petit índex d'ocupació del sòl i d'edificabilitat, el projecte havia de ser necessariament un projecte de paisatgisme, respectant l'entorn amb criteris mediambientals i de desenvolupament sostenible. La conservació d'un paisatge en condicions idònies feia preveure la necessitat de l'aigua, i per tant planificar la seva obtenció i el seu ús.

No cal dir que a les converses inicials, es parlà de compromisos de inversió, de infraestructures com ara vies de comunicació, escomeses elèctriques,... i també de tractament i de recuperació d'aigües residuals.

En aquest breu document tractarem d'explicar cóm va ser d'encertada aquell plantejament i quina ha estat l'experiència obtinguda.

LA CONCA RECEPTORA DE VILA-SECA I SALOU

Els municipis de Vila-seca i Salou tenien, i tenen, una població estacional com a conseqüència dels visitants que venien especialment atrets per les seves extraordinàries platges. Es pot afirmar que les seves aigües residuals son de procedència urbana, ja que les indústries ocupaven una petita part dels seus termes municipals. A la dècada dels 80 no disposaven d'Estació Depuradora, les seves aigües eren abocades al mar i això comportava, segons els fluxos marítims, el deteriorament de l'aigua de les platges.

La instal·lació d'un Parc Temàtic, que aportés d'entrada un increment d'estacionalitat a la població i afegís un bon nombre de metres cúbics d'aigua residual al mar podia empitjorar les coses.

Era del tot necessari dotar als municipis d'una Estació Depuradora d'Aigües Residuals (EDAR), que tingués alhora capacitat pel tractament de les futures aigües del Centre Recreatiu i Turístic. L'EDAR tindria un tractament físic i un de biològic previs a l'abocament al mar, però se li havia d'afegir un tercer físic-químic que tractaria una fracció procedent del secundari, transformant-la en aigua apta pel reg. Aquesta decisió presa al decurs de les converses entre la Generalitat i PortAventura, era clau per possibilitar el projecte paisatgista del CRT.

LES OBRES

El Parc Temàtic comença la seva construcció al Juny de 1992, un projecte conceptual de qualitat molt acurada ja havia estat desenvolupat prèviament, i el projecte de detall s'anava desenvolupant a mida que avançaven les obres. Les obres de l'EDAR començaren al 1993.

Al Abril de 1995 s'obrí el Parc en proves de càrrega, i pel Maig en operació regular, simultàniament l'EDAR entrà en funcionament, el terciari començà també a produir aigua apta pel reg. La financiació del terciari fou a càrrec de l'Agència Catalana de l'Aigua (ACA), però PortAventura acordà un pagament mensual en concepte d'amortització de les obres, a més de suportar els costos de producció.

LA CONCESSIÓ I EL CONVENI, COMPROMISOS AMB L'ADMINISTRACIÓ

PortAventura obtingué de l'actual ACA una concessió de 1,8 Hm^3 per la utilització de les aigües regenerades provinents de l'EDAR de Vila-seca/Salou. Encara que la tramitació administrativa de la mateixa es va allargar en el temps, la utilització de l'aigua va fer-se des de bon principi.

La concessió regula administrativament els termes per emprar l'aigua, però pels aspectes tècnics es van acordar en un conveni que definia les qualitats de l'aigua i els compromisos adquirits per l'ACA i per PortAventura en quant a promotor del CRT.

La Conselleria de Sanitat va imposar una sèrie de condicions per l'ús de l'aigua reciclada, com ara:

- Separació física de xarxa, assegurant la impossibilitat de interconnexió per error
- Ràcords diferents dels emprats a l'aigua potable
- Mai utilitzar aigua regenerada pels sistemes de pulverització
- Analítica bacteriològica periòdica
- La utilització i horari d'ús de l'aigua regenerada ha de ser de forma que impliqui el menor grau de contacte possible amb el públic, tenint especial cura amb els aerosols que es puguin produir
- Mai instal·lar aixetes exteriors a l'abast del públic que estiguin connectades a la xarxa d'aigua regenerada
- A prop de les zones d'ús i emmagatzematge de l'aigua regenerada s'ha de garantir que el públic no hi pugui accedir, en cas contrari s'han d'indicar en llocs ben visibles en els que s'indiqui que l'aigua no és potable i la destinació exclusiva que se li dóna.

Donades aquestes restriccions es decidí de fer ús de l'aigua regenerada exclusivament per reg d'horticultura, en aplicació directa a les zones enjardinades. Calia veure, doncs, quina seria la qualitat real de l'aigua i quina l'experiència d'aquest reg.

EXPERIÈNCIES PRÈVIES DE QUALITAT

En tractar-se d'aigua procedent de municipis no industrials, el contingut en sals així com la presencia de microorganismes eren el conjunt de paràmetres que més calia, i cal, controlar.

L'aigua regenerada conté més sals que l'aigua potable de la que procedeix, com que aquesta salinitat no és constant sinó que varia al llarg del temps, i en el cas que expliquem veurem que té molt a veure amb l'estacionalitat, convé conèixer-la i controlar-la mitjançant analítiques. Com a paràmetre de fàcil mesura s'utilitza la conductivitat elèctrica, ja que té una relació lineal amb el contingut de sals. En el nostre cas la mesurem en microsiemens per centímetre.

Com a expert en reutilització de l'aigua l'ACA i PortAventura, comptaren amb el Dr. Rafael Mujeriego, qui va adreçar els paràmetres de qualitat mínims exigibles, basats en els seus treballs com investigador a Califòrnia (Mujeriego, 1990). Aquests paràmetres mínims poden trobar-se a la Taula 1. Cal però indicar que aquells treballs de recerca es basaven en l'estudi d'espècies emprades a l'agricultura i no pas a la jardineria.

Taula 1. Criteris de qualitat de l'aigua regenerada (adaptat de Mujeriego, 1990).

Paràmetres compromesos

	Unitat	*Valors admissibles*	*Periodicitat*
Coliformes fecals	En 100 ml	Absència	Diària
Estreptococs fecals	En 100 ml	Absència	Diària
pH	Unitat pH	6-9	Continu
Terbolesa	UNF	<2-3	Continu
Matèries en suspensió	mg/l	<10	Diària
Clor residual	mg/l	>1	Continu
DBO_5	mg/O_2	<10	Diària

Paràmetres recomanats

Clorurs	mg/l Cl^-	<350	Setmanal
Conductivitat	□S cm^{-1} a 20°	<3000	Continu
Nitrogen total	mg/l	<30	Setmanal/Diari
Fòsfor soluble reactiu	mg/l	<15	Setmanal
Sodi	mg/l	<600	Mensual
Potassi	mg/l	<30	Mensual
Calci	mg/l	<400	Mensual
Magnesi	mg/l	<60	Mensual
Ferro total	mg/l	<5	Mensual
Manganès	mg/l	<0.2	Mensual
Cadmi	mg/l	<0.01	Mensual
Crom	mg/l	<0.1	Mensual
Coure	mg/l	<0.2	Mensual
Níquel	mg/l	<0.2	Mensual
Plom	mg/l	<5	Mensual
Zinc	mg/l	<2	Mensual
Mercuri	mg/l	<0.001	Mensual
Molibdè	mg/l	<0.01	Mensual
Seleni	mg/l	<0.02	Mensual
Bor	mg/l	<1	Mensual

La preocupació per l'alt contingut de sals de l'aigua regenarada ve donada per la presència de clorur sòdic en la mateixa, una problemàtica típica de les depuradores costeres. A grans trets,

l'alt contingut de clorur sòdic en l'aigua regenerada pel reg de jardins te un efecte negatiu sobre el creixement de les plantes i sobre el seu valor ornamental i també pel deteriorament de condicions edàfiques del sòl. En quan al primer efecte, preocupa el que ve determinat per la presencia de clorurs i en quant al segon per la del sodi.

Per evitar que l'EDAR aportés aigua amb alta salinitat, va instal·lar-se un mesurador de conductivitat en continu a la sortida del terciari, que controla la propia EDAR i un altre a l'entrada del dipòsit de aigua de reg de PortAventura, controlat per aquesta. Ambdós donen informació en temps real, i activen una alarma en passar del màxim tolerat, que és de 3000 μS/cm, tot i que a umbrals menors els sistemes de control ja detecten pre-alarmes.

Per evitar la presencia de microorganismes, l'aigua és clorada un cop ha passat pel terciari, i un lector de presencia de clor lliure a l'aigua i un altre de pH, en continu, també per duplicat de la mateixa manera, a la sortida i a la arribada, detectaria qualsevol anomalia quan el nivell estigués fora de la concentració permesa: 1 ppm pel que fa al clor i pel que fa al pH 6,8- 7.8, encara que d'admissible es troba entre 6 i 9

EXPERIÈNCIES PRÒPIES DESPRÉS DE 10 ANYS

De forma general començarem per dir que l'experiència global és molt bona, l'aigua subministrada és d'una qualitat molt acceptable i que tan sols cal controlat de forma molt especial aquells paràmetres que podrien d'una manera accidental o per llarga durada causar danys a les persones, a les pròpies plantes i/o al terreny.

Tot i que es fan mensualment analítiques molt completes, ens centrarem en el grup de paràmetres abans esmentats i que son els que podrien causar aquests danys.

Cloració

El nivell de 1 ppm és suficient, tot i que durant els primers minuts de la impulsió de l'aigua regenerada cap al dipòsit de PortAventura poden detectar-se nivells per sobre les 2 ppm, una manera de garantir la neteja biològica de la canonada de impulsió. Durant el temps restant de l'enviament es procura que les concentracions de clor lliure estiguin per sota 1 ppm. La fallida del sistema de cloració es detecta per la lectura i registre de les sondes i els sitemes d'alarma establerts però en ser redundants, es molt improbable que això succeeixi.

El problema que podria presentar-se en cas de no tenir suficient nivell de clor a l'aigua, seria el de la possible i més que probable presència de coliforms o estreptococs, dels quals el requeriment és d'absència pels seus efectes nocius fàcilment deduïbles: per formació d'aerosols contaminats i per contaminació en sòls i a les pròpies plantes. El primer cas està contemplat i minimitzat el seu impacte ja que no es rega per aspersió (ni cap altra formació d'aerosols) en presència de visitants, pel que el risc quedaria pràcticament eliminat gràcies a un programa de reg automàtic.

Salinitat: Clorurs

Com ja ha estat indicat l'aigua residual crua té un contingut de sals superior a l'aigua potable de la que prové. L'EDAR de la qual ens proveïm d'aigua regenerada no pot tractar les sals, pel que s'ha de tenir molt de compte amb els paràmetres de l'aigua entrant.

S'han presentat episodis de forta salinitat i aquests han vingut causats especialment per:

- Obres d'excavació prop de la línea de costa que en trobar-se aigua de mar al freàtic, es bombada a la xarxa de clavegueram en grans quantitats, elevant així el contingut salí. Aquesta circumstància es dona quasi exclusivament al hivern, quan el cabal recollit és més petit i per tant l'aigua de mar aportada n'és una part important. Per sort és també al hivern quan no son necessaris grans cabals de reg

- Llevantades que fan que l'aigua de mar arribi fins a terra inundant les recollides de pluvials que no sempre estan correctament separades de les residuals, a més de penetrar a través de les escletxes de les canonades soterrades de residuals. L'efecte és idèntic al descrit anteriorment

En aquests casos el reg amb aigua reciclada es suspèn fins que es restableixen els paràmetres de salinitat, comprovats per conductivitat i per analítica, que assegurin la qualitat de subministrament de l'aigua.

L'efecte continuat dels continguts de sal i concretament de clorurs sobre les plantes és quelcom que afecta a la jardineria, en quant el seu objectiu és l'efecte ornamental sobre el paisatge del CRT. Ja als primers anys es van apreciar danys a algunes espècies i PortAventura prengué la iniciativa d'encarregar treballs de recerca sobres els efectes dels clorurs en algunes espècies.

El primer treball es va fer durant els anys 1998 a 2000, va ser encarregat al IRTA i dirigit pel Dr. Joan Girona del centre de R+D de Lleida, estant esponsoritzat també per CESPA i la Fundació AGBAR. L'objecte d'aquesta recerca van ser les plantes ornamentals i es va tenir de definir quantitativament l'atribut "ornamental" per tal de poder estudiar la seva evolució. Les espècies seleccionades es sotmeteren a reg amb concentracions creixents de clorurs per estudiar els efectes osmòtics i la toxicitat; s'obtingueren interessants resultats de com aquests afecten al creixement i desenvolupament de la planta, anant des de la no afectació, passant per la necrosi de la massa foliar i assecament de branques, fins a la pràctica mort de de certes espècies des del punt de vista ornamental. Com a conseqüència immediata PortAventura eliminà de les seves especificacions de compra una sèrie de plantes no aptes pel reg amb aigua regenerada de les característiques que subministra l'EDAR de Vila-seca / Salou.

El segon treball fet al decurs dels anys 2003-2004, va ser coordinat per CESPA, dirigit pel Dr. Miquel Salgot de la Facultat de Farmàcia de la UB i participat per nombrosos profesionals dels espais verds, estant esponsoritzat també per CESPA, la Fundació AGBAR i l'empresa GP Resort. L'objecte van ser les espècies de gespa que es poden emprar en camps de golf. La metodologia va ser similar en quant al reg amb aigua amb diverses concentracions de clorurs, i els atributs a avaluar a més de l'ornamental, van ser els de trepig i baix cost de manteniment, etre d'altres. Els futurs camps de golf que es construiran al CRT tindran en compte els resultats d'aquest estudi per triar les espècies que seran regades amb aigua reciclada.

Salinitat: Sodi

Cal tenir en compte que el sòl on es conreen les espècies de jardineria, és sobreposat sobre uns terrenys, que tot i que adaptats a l'orografia original, van patir canvis en construir les plataformes pels futurs vials, edificis, infraestructures i jardins. Així ens trobem de forma general amb el terreny original no alterat, sobre el que s'hi ha afegit terra seleccionada compactada en alguns casos, la qual ha estat excavada per afegir la terra vegetal apta pel cultiu. De forma general podem afirmar que els drenatges pel que al reg fa, son bons.

El indicador de la "salut" del sòl en quant al sodi es refereix, es coneix en termes anglosaxons com SAR (Sodium Absorption Range) o Taxa d'Adsorció de Sodi (TAS) en termes hispànics. En aquest indicador intervenen a més de la concentració del sodi, les del calci i del magnesi.

PortAventura des de el primer moment d'inici del reg amb aigua reciclada, ha pres mostres del sòl, mesurat, registrat i monitoritzat aquest indicador, per considerar-lo de gran importància.

El SAR és molt sensible a l'ús continuat de l'aigua salina, i com que es tracta d'una mesura de l'acumulació dels cations esmentats, la seva evolució és sempre creixent. Això va provocar una gran alarma en els primers mesos de registres. La solució que s'apuntava en aquell temps era de regar o "rentar" amb aigua potable amb la finalitat d'arrossegar el sodi cap al drenatge. Per fortuna una tardor i hivern plujós varen fer aquest rentat de forma natural, recuperant valors de SAR adequats per la jardineria, i a més aquests rentats naturals s'han anat repetint, no és el cas del darrer hivern, mantenint valors per sota del límit considerat perillós. En la Figura 1 es pot observar l'evolució d'aquest indicador durant els anys 1995 a 2000.

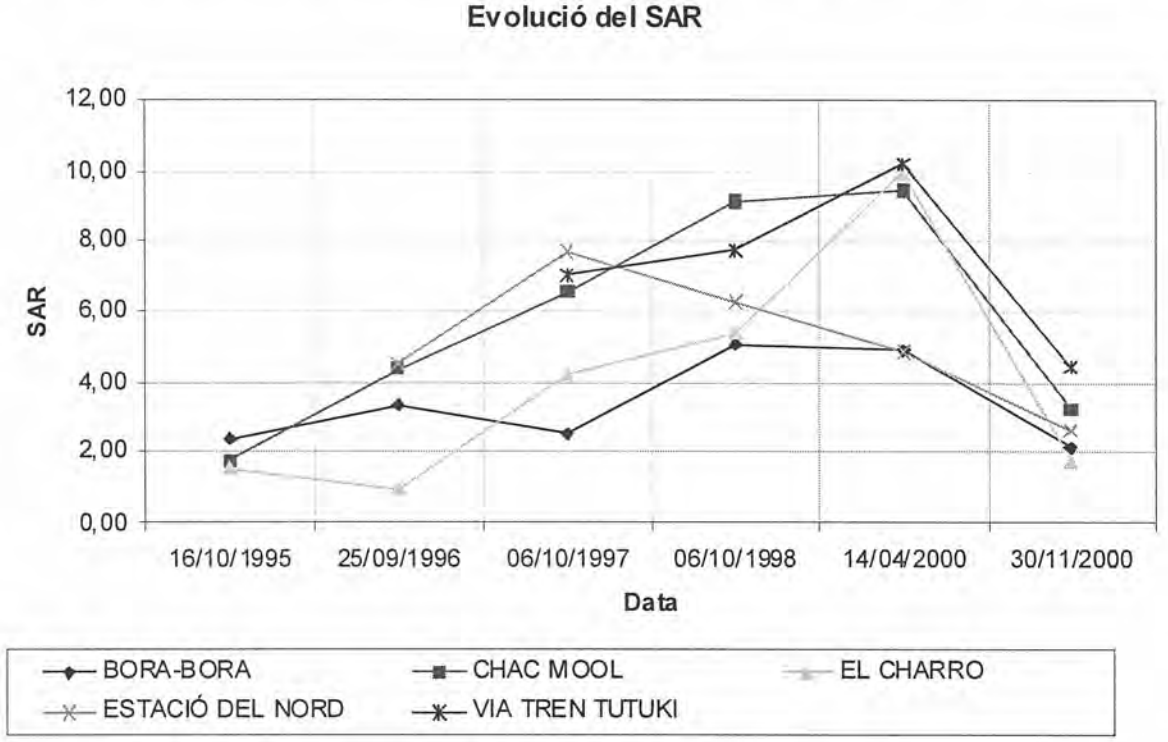


Figura 1. Evolució del SAR en l'aigua de reg de PortAventura entre 1995 i 2000.

Sistema de reg

PortAventura disposa d'un sistema de reg automatitzat per tal d'optimitzar l'ús d'aigua reciclada i minimitzar així els riscos abans comentats.

Les dades proporcionades per estació meteorològica, son registrades en un ordenador que calcula l'evapotranspiració potencial (ET_0) i comptabilitza la pluja diàriament. Aquesta informació és la base pel càlcul de l'aigua necessària que cal aplicar amb el reg del dia següent.

Com que el els jardins estan dividits en zones o parcel·les amb reg independent, per cadascuna de les quals son conegudes la seva superfície, el cultiu particular i la intensitat del mateix, s'aplica un coeficient corrector als valors que permet l'optimització de la dosificació d'aigua.

El programa principal fa els càlculs totals de reg tenint en compte: la capacitat de bombament, l'ET_0 i la pluja, les característiques edàfiques de cada parcel·la i el temps de que es disposa pel reg. A continuació dona les ordres als programadors distribuïts pels jardins, els quals controlen les electrovàlvules que finalment donaran pas a l'aigua necessària.

D'aquesta manera l'ús de l'aigua es òptim, derivant-se estalvis en el cabal total d'aigua consumida i minimitzant el risc dels efectes de les sals sobre les pròpies plantes i sobre el sòl. Es pot veure esquema de funcionament d'aquest sistema a la Figura 2.

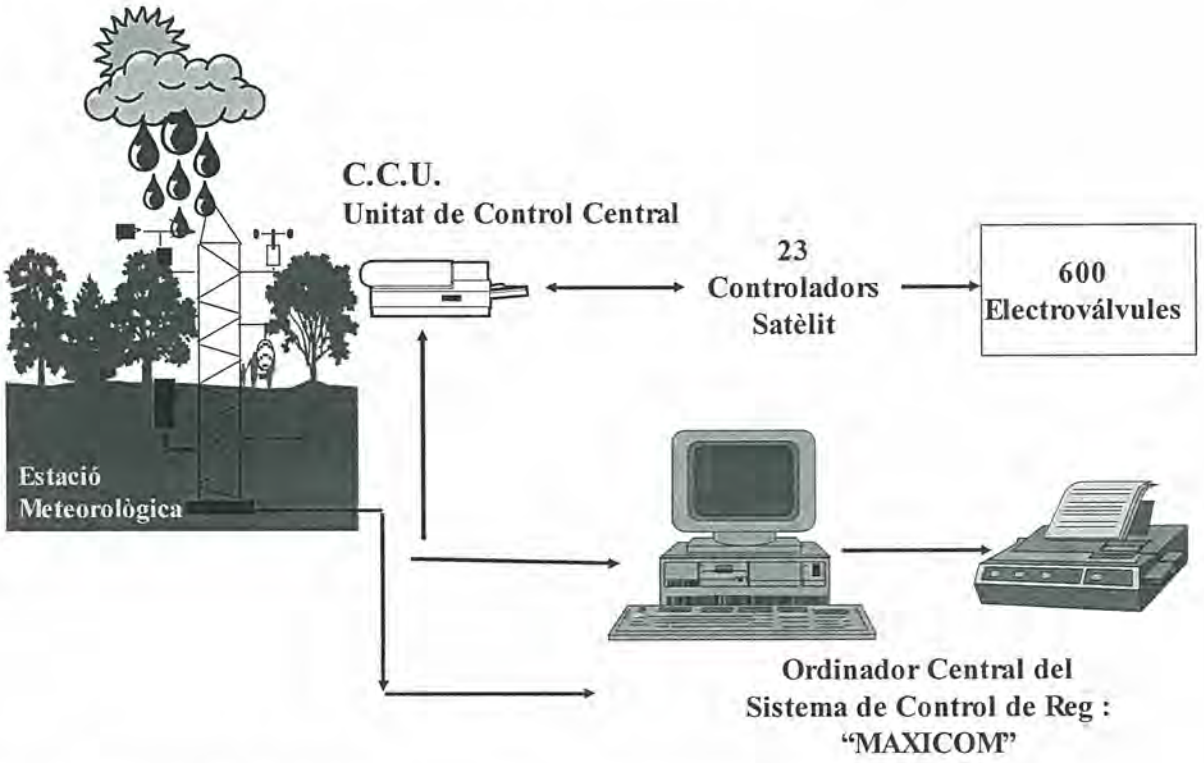


Figura 2. Esquema del funcionament del sistema de reg de PortAventura.

PREU

Convé esmentar de passada les condicions econòmiques que comporta, en el cas exposat, el reg mitjançant aigua reciclada.

Com ja ha quedat dit, la construcció de l'EDAR va ser sufragada per la Generalitat a través de l'ACA, però Portaventura acordà unes tarifes de l'aigua que contemplaven una part fixa en concepte d'amortització del terciari, i una part variable que recollia les depeses d'explotació del mateix: energia, manteniment, operació, analítica, consumibles, etc.

L'ACA dins la seva política de taxes o cànon, cregué oportú aplicar al aigua de reg el cànon específic i el general (ben igual que l'aigua potable de consum humà però tan sols quan el total de l'aigua de reg utilitzada no supera el 50% del total de l'aigua consumida a l'activitat. PortAventura presentà un recurs contra aquesta decisió, ja que considera la frontera del 50%

aleatòria, sense cap fonament, també perquè d'aquesta manera no es fomenta l'estalvi de l'aigua ni que sigui regenerada i finalment perquè l'aigua objecte de la taxa ja ha pagat la mateixa taxa en el seu primer ús com a aigua potable.

El recurs es troba actualment en tràmit, però cal dir que mitjançant el Decret 47/2005 de 22 de març[3], l'ACA ja ha reconsiderat la seva postura i el cànon general ja no és d'aplicació tret de casos molt concrets de petits consumidors.

CONCLUSIONS

La utilització pel reg que de l'aigua regenerada, procedent d'aigües residuals de les conques urbanes de Vila-seca, Salou i el propi CRT, s'està fent a PortAventura des de fa 10 anys no pot ser més favorable; acordada la seva qualitat i un cop definits i construïts els mecanismes de control de la mateixa, hom disposa d'una font de gran fiabilitat que ha permès incrementar la gran qualitat que els jardins tenien en origen.

El fet de que l'aigua no està ja subjecta al cànon general és quelcom que fa que el seu cost sigui avantatjós respecte a l'aigua potable.

La sequera que enguany pateix Espanya i l'Europa meridional i que incerts canvis climàtics poden agreujar en un futur, obliguen a pensar que no només l'ús d'aigua regenerada a l'agricultura sinó a d'altres aplicacions seran una exigència social i convé que el món empresarial i acadèmic hi treballin de valent per que sigui una realitat.

REFERÈNCIES LEGISLATIVES

1) Llei 2/1989 de 16 de febrer, sobre centres recreatius i turístics. DOGC 1109 del 20.2.1989

2) Decret 152/1989 de 23 de juny, pel qual s'aprova la instal·lació d'un centre recreatiu i turístic a Vila-saca i Salou. DOGC 1164 del 5.7.1989

3) Decret 47/2005, de 22 de març, de modificació del Decret 103/2000, de 6 de març, pel que s'aprova el Reglament dels tributs gestionats per l'Agència Catalana de l'Aigua. DOGC 4350 del 24.3.2005

BIBLIOGRAFIA

Mujeriego, R. (1990). Riego con Agua Residual Municipal Regenerada. Manual Práctico. Universitat Politècnica de Catalunya, Barcelona.

Jornades Tècniques: La integració de l'aigua regenerada en la gestió dels recursos
Jornadas Técnicas: La integración del agua regenerada en la gestión de los recursos
Technical Workshop: The integration of reclaimed water in water resource management
Lloret de Mar, Costa Brava, Girona, Octubre 2005

ELS BENEFICIS DE LA REUTILITZACIÓ A L'INTERIOR: EL CAS DE SABADEL

Jordi Vinyoles[1], Rosa Quirante[2] i Miguel Ángel Fos[1]

[1]Companyia d'Aigües de Sabadell
Carrer Concepció, 20
08202 Sabadell
E-mail: jvinyoles@cassa.es i mafos@cassa.es

[2] Ajuntament de Sabadell
Carrer Jacint Verdaguer, 32
08205 Sabadell
E-mail: rquirante@ajsabadell.es

RESUM

La particularitat dels ambients mediterranis exigeix, cada vegada més, una optimització en l'aprofitament dels recursos hídrics. En aquest treball, hom planteja la reutilització com una contribució efectiva per enfrontar aquesta problemàtica, prenent com a cas d'estudi les actuacions iniciades a Sabadell i previstes. La ciutat, pertanyent a la conca del Riu Besòs, distribueix un volum d'aigua potable de 15,2 Hm^3 anuals (principalment procedents de la xarxa ATLL). L'Ajuntament ha impulsat diverses actuacions en el camp de la gestió de l'aigua, com la construcció d'un emissari d'aigua depurada per a garantir el cabal del Riu Ripoll al seu pas pel municipi i la substitució, en col·laboració amb la Companyia d'aigües de Sabadell, S.A. (CASSA), de cabals d'aigua potable per aigua de menor qualitat en determinats usos (reg de zones verdes i neteja de carrers), partint de les instal·lacions existents com la mina del Riu Ripoll i la Mina de Ribatallada. L'altra actuació desenvolupada per l'Ajuntament de Sabadell ha estat l'ús d'aigua del pou del Parc Catalunya per a manteniment del llac artificial i reg del parc. El desenvolupament del Pla Director d'utilització d'aigües externes a la xarxa de distribució d'aigua potable ha de permetre la substitució de l'ús d'1,1 Hm^3 d'aigua potable per aigua regenerada procedent de l'EDAR de Riu Sec i de les mines de Ribatallada i del Riu Ripoll. El preu de l'aigua regenerada necessari per a suportar la implantació i finançament de la xarxa, així com les despeses d'explotació i manteniment, hauria de ser de 0,713 €/m^3 (xarxa Nord) i 0,597 €/m^3 (xarxa Sud). Els costos d'inversió per a la implantació de la xarxa d'aigua regenerada de Sabadell, referits al volum disponible anual, són similars als de la xarxa ATLL i als de la portada d'aigua a Sabadell des de Sant Pere Màrtir i Cerdanyola.

Paraules clau: Aigua regenerada, reutilització, Riu Ripoll, Sabadell

INTRODUCCIÓ

Els ambients mediterranis són força particulars pel que fa a la seva climatologia. En aquests ambients un dels aspectes més preocupants són els estiatges prolongats i, en general, l'escassesa de precipitacions que sovint acondueixen a episodis de sequera. A les conques internes de Catalunya, aquest marc climàtic dóna lloc a un complicat equilibri entre els recursos i les demandes, que ens ha d'obligar a aprofundir en una gestió eficient dels recursos que abasti totes les fases del sistema, començant pels embassaments i xarxes de distribució i arribant fins l'usuari final, continuant, però, fins la sortida de les EDAR Potser serà inevitable la importació de recursos, però cal fer una revisió del sistema actual de forma immediata, abans de plantejar solucions que segueixen esquemes del segle passat. Cal saber en quins punts del sistema es pot millorar l'eficiència en l'ús de l'aigua i és, en aquest context, que la reutilització pren un paper rellevant.

El present article explica les actuacions que s'estan iniciant a Sabadell i la planificació futura pel que fa a la reutilització. Prenent aquesta actuació local com a punt de partida, s'intenta extrapolar a la resta del sistema els beneficis obtinguts i els costos econòmics esperats, fent l'exercici de comparar el cost de disponibilitat de l'aigua regenerada amb el de l'aigua potable.

La ciutat de Sabadell, té una superfície de 37.89 Km^2 i una població de 193.954 habitants (cens de 2004), s'ubica a 20,6 Km al NW de la ciutat de Barcelona. Els ecosistemes naturals d'aquesta zona es troben influïts per la proximitat del massís de Sant Llorenç del Munt, amb el curs del Riu Ripoll i els seus tributaris Riu Tort, Torrent de Colobrers i Torrent de Ribatallada. El Riu Sec, que flueix per la zona sud del municipi en el seu límit amb la localitat de Sant Quirze del Vallès, és una massa d'aigua de menor cabal. La climatologia d'aquesta zona és típicament mediterrània, amb estius secs i pluges més abundoses durant la primavera i sobretot la tardor. El volum subministrat per la xarxa de distribució de la ciutat de Sabadell és de 15,2 Hm^3 anuals procedents principalment de la xarxa Aigües Ter-Llobregat (ATLL), si bé hi ha una aportació testimonial de la Mina Marí-Vinyals. La xarxa de drenatge de Sabadell se situa totalment a la Conca del Riu Besòs.

ACTUACIONS DESENVOLUPADES A SABADELL

La Ciutat de Sabadell ha conviscut al llarg de la seva història amb el problema de l'aigua. La seva intensa activitat industrial ha exercit una forta pressió sobre el Riu Ripoll, tant pel que fa a l'explotació del recurs com a la incidència dels abocaments, i el seu creixement urbà ha anat obligant a importar recursos, ja sigui amb la portada d'aigua del Llobregat que va efectuar la Companyia d'Aigües de Sabadell, S.A. (CASSA) l'any 1952, com amb la més recent connexió a la xarxa d'ATLL. La posada en funcionament de les EDAR de Riu Sec l'any 1992 i de Riu Ripoll el 2001 han suposat una millora progressiva de les condicions dels rius dels municipis, especialment en el cas del Riu Ripoll.

L'Ajuntament de Sabadell, històricament sensible al problema de l'aigua, en els darrers anys ha desenvolupat una sèrie d'actuacions en aquest àmbit, com la millora mediambiental del Riu Ripoll amb la construcció d'un emissari d'aigua depurada, i l'alliberament de recursos d'aigua potable per medi de l'ús de fonts alternatives com la Mina de Ribatallada i la mina del Riu Ripoll.

Emissari d'aigües depurades del Riu Ripoll

La disponibilitat de recursos facilitada pel Riu Ripoll va propiciar una concentració de l'activitat industrial al llarg del seu curs. La indústria, majoritàriament del sector tèxtil, s'abastava d'aigua de l'aqüífer al·luvial i l'abocava al curs del riu després del seu ús. Tot i que les indústries es van anar dotant de sistemes de depuració propis, per poder abocar al riu d'acord amb les exigències de la normativa, es preveia la integració dels seus abocaments al sistema de sanejament del Riu Ripoll. Aquesta perspectiva plantejava un futur desequilibri entre extraccions i aportacions al llarg del curs del riu, per efecte de la concentració del retorn d'aigua depurada en un únic punt, situat aigües avall dels principals usuaris.

Per pal·liar aquest problema, l'Ajuntament de Sabadell va potenciar la construcció d'un emissari d'impulsió de les aigües depurades fins a dos punts del riu, el Molí Torrella, al punt mig del seu recorregut i el Torrent de Colobrers a l'inici del terme municipal, amb la finalitat de garantir el cabal circulant pel riu i la recàrrega de l'aqüífer. Una canonada recull l'aigua provinent de la depuradora del Riu Ripoll i la condueix per gravetat fins el Molí Torrella, on se n'aboca una part. Des d'aquest punt i fins les immediacions del Torrent de Colobrers, l'aigua s'impulsa amb un equip de bombament. La llargària de l'emissari és de 6.295 m i té capacitat per a retornar al riu els següents volums:

Sant Oleguer: 12.000 m^3/dia
Molí d'En Torrella: 10.000 m^3/dia
Torrent de Colobrers: 8.000 m^3/dia

Reutilització indirecta d'aigua de la mina del Riu Ripoll

La Mina del Riu Ripoll és una instal·lació cedida per l'Ajuntament de Sabadell a CASSA, que data de l'any 1914 i va servir per a l'abastament d'aigua potable fins l'any 1985, en què es va abandonar per la presència de contaminació microbiològica. A la vista de que el condicionament d'aquesta aigua requeria únicament d'una desinfecció per a poder ser usada per al reg de zones verdes i la neteja de carrers, es va decidir fer una renovació dels antics equips existents i instal·lar els elements necessaris per a garantir la seva qualitat. Aquestes instal·lacions van entrar en funcionament a principis del 2004. Consten d'una mina d'1 m d'amplada per 1,5 m d'alçada, que travessa el llit del riu a una fondària de 7 m i condueix l'aigua fins a un pou de captació, des d'on es bombeja cap el sistema de desinfecció amb raigs ultraviolats i s'emmagatzema en un dipòsit de 100 m^3 de capacitat. En aquest dipòsit s'efectua la cloració mitjançant hipoclorit sòdic amb un equip de dosificació automàtic dotat d'autoanalitzador de clor. A més del control de clor en continu, hi ha instal·lades sondes de transmitància i conductivitat per a garantir la qualitat de l'aigua subministrada. Una part de l'aigua s'impulsa des d'aquest dipòsit fins el del Taulí, que abasteix al sistema de reg del parc i a una escomesa per a càrrega de camions cuba per a neteja de carrers. La resta de l'aigua s'agafa directament del dipòsit del Riu Ripoll per al reg del Parc Lineal del riu. A la figura 1 es presenten de manera esquemàtica els principals elements d'aquest sistema.

L'actuació de captació i ús d'aigua en aquestes instal·lacions està directament relacionada amb l'existència de l'emissari d'aigües depurades, ja que permet l'extracció de volums de l'aqüífer que han estat prèviament abocats aigües amunt. És a dir, s'aconsegueix crear un circuit tancat en aquest tram de riu que permet garantir l'ús d'un volum determinat d'aigua sense que suposi una minva del cabal circulant pel sistema riu-aqüífer, ben al contrari, el cabal circulant al llarg del terme municipal sempre tendirà a ser superior al del tram precedent.

Ús d'aigua de la Mina de Ribatallada per a reg i neteja de carrers

La Mina de Ribatallada, propietat de CASSA, va ser una de les fonts d'abastament més importants de la ciutat de Sabadell durant els segles XIX i XX, en què també comptava amb un petit embassament de regulació, actualment no operatiu. Es va emprar per a l'abastament d'aigua potable fins l'any 1993, en què va ser abandonat el seu ús al detectar-se presència de contaminació microbiològica.

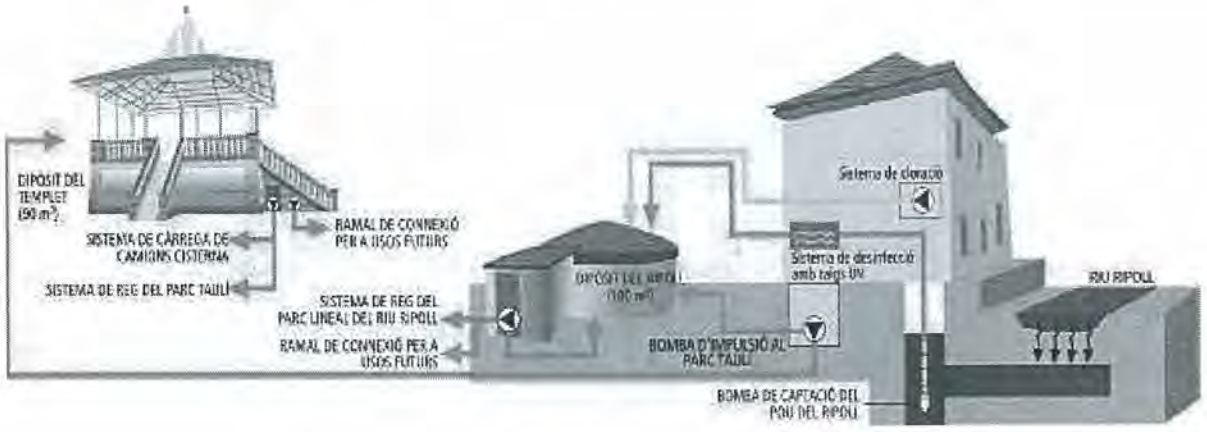


Figura 1. Elements principals del sistema de la mina del Riu Ripoll

Des de l'any 2003 torna a funcionar per a la càrrega de camions cuba de neteja de carrers i per al subministrament d'aigua al sector de Via Alexandra, que consta d'una font ornamental i d'un sistema de reg del parc. La instal·lació consisteix en un dipòsit d'emmagatzemament de 150 m^3 situat al carrer de Nàpols, que recull l'aigua procedent de la mina, des del que l'aigua es distribueix per bombament fins a les zones de consum. Es compta amb un equip de cloració i està en curs la col·locació d'un turbidímetre per així disposar de la lectura d'aquest paràmetre en continu.

Abastament del Parc Catalunya amb aigua de pou

El Parc Catalunya és potser el més emblemàtic de la Ciutat de Sabadell. Disposa d'un pou, propietat de l'Ajuntament, amb contaminació bacteriològica que, després de la seva desinfecció amb hipoclorit, s'utilitza per a l'abastament d'aigua al llac artificial del mateix parc i per a reg de zones verdes, així com d'una boca per a càrrega de camions cuba de recent instal·lació.

PLANIFICACIÓ D'ACTUACIONS FUTURES

La coincidència de CASSA amb la política de gestió de l'aigua de l'Ajuntament va propiciar la realització del projecte d'avaluació de les oportunitats de reutilització d'aigua a la ciutat de Sabadell (Collado et al, 2003) dins del marc de la 1ª edició del Màster en Gestió Integral de l'Aigua. Les conclusions d'aquest estudi van servir per a la redacció del Pla Director d'utilització d'aigües externes a la xarxa de distribució d'aigua potable de Sabadell, aprovat el 27 d'octubre de 2004 pel Ple de l'Ajuntament de Sabadell.

El projecte realitzat estudia les fonts d'abastament alternatives existents a Sabadell i en determina la qualitat i tractaments necessaris, avalua els usuaris potencials de l'aigua regenerada i les instal·lacions necessàries per a realitzar-ne la distribució i, finalment, estableix el preu que hauria de tenir l'aigua per a sostenir totes les despeses, incloses les financeres derivades de la inversió a realitzar.

Recursos disponibles

Els recursos disponibles han estat caracteritzats i quantificats a partir de la informació facilitada per la Companyia d'Aigües de Sabadell, S.A. (CASSA) i l'Ajuntament de Sabadell en relació a les captacions de la seva propietat existents al terme municipal. Així mateix, s'ha utilitzat la informació dels cabals i qualitat de l'aigua tractada per les E.DA.R. del Riu Sec i Riu Ripoll. La idoneïtat de cada recurs i el tractament de regeneració necessari per a la seva adequació s'han dut a terme aplicant els criteris establerts per l'Agència Catalana de l'Aigua (ACA, 2005). Finalment, s'han establert una sèrie de condicionants per a cada ús i s'han aconsellat uns tractaments orientatius, basant-se en les dades disponibles d'anàlisis químiques i microbiològiques facilitades per l'ACA, per l'Ajuntament de Sabadell i per CASSA.

En el cas dels recursos en desús, hom s'ha hagut de basar en dades analítiques força completes però relativament antigues; en els altres casos no tots els paràmetres exigits per l'ACA van poder ésser recopilats a partir de les analítiques disponibles. En termes generals, la informació relativa als microelements és escassa. Malgrat tot, segons les anàlisis realitzades als fangs produïts a les EDAR del Riu Sec i del Riu Ripoll, els nivells de microelements no han superat els límits de metalls establerts pel RD 1310/1990 i, a partir d'aquí, s'ha considerat improbable que depassin els límits recomanats per a l'aigua tractada. A la Taula 1 es mostra el resum de recursos disponibles.

Taula 1. Recursos disponibles, limitacions de qualitat existents i tractaments proposats

Recurs	Cabal (Hm^3/any)	Limitacions de qualitat	Tractament necessari
EDAR Riu Sec	12	• Sòlids en Suspensió i amoni • Contaminació bacteriològica	• Eliminació de nutrients • Tractament terciari • Desinfecció
EDAR Riu Ripoll	6,5	• Sòlids en suspensió • Contaminació bacteriològica	• Tractament terciari • Desinfecció
Mina Ribatallada	0,15	• Contaminació bacteriològica	• Desinfecció
Pou Riu Ripoll	0,35	• Contaminació bacteriològica	• Desinfecció
TOTAL	19		

Usuaris potencials

El col·lectiu d'usuaris potencials de la ciutat de Sabadell ha estat agrupat en tres àmbits principals: el públic (reg de zones verdes urbanes i neteja de la via pública), l'industrial i l'agrícola. Tot i que una part del col.lectiu domèstic sigui susceptible d'ésser abastit amb aigua regenerada, per raons de seguretat hom ha descartat en aquesta fase del projecte, tant el consum d'aquesta part de la població com el derivat de qualsevol tipus d'activitat industrial que podria ocasionar un risc per a la salut pública (alimentació, bugaderia industrial, etc.). En el cas dels usos públics i industrials, la quantificació del consum s'ha elaborat a partir dels llistats d'ús de l'any 2002 facilitats per CASSA.

La quantificació del consum generat per l'activitat agrícola ha estat obtinguda indirectament a partir de les dades facilitades per l'Ajuntament de Sabadell, en aquest sentit la seva determinació ha resultat ser força més complexa pel fet de no disposar d'una relació d'usuaris identificats. La majoria de la superfície agrícola de Sabadell correspon a cultius de secà (cereal, gira-sol, etc.). Els regadius es troben localitzats a l'Horta del Riu Ripoll i a part del Parc Agrari, situat al llarg del límit sud-oest del municipi, i suposen un consum proper als 330.000 m^3 anuals procedents de captacions d'aigua superficial del Riu Ripoll o bé de pous rurals. S'ha descartat la possibilitat d'abordar aquest ús, ja que no es creu raonable intentar satisfer aquesta demanda mitjançant aigua regenerada pel baix cost actual que suposen els recursos per als usuaris agrícoles, així com la seva dispersió geogràfica que dificulta proposar una alternativa econòmicament competitiva. Tot i això no es descarta intentar abordar aquest consum en un futur pròxim, paral·lelament a la potenciació del Parc Agrari per part de l'Ajuntament de Sabadell.

Amb les dades de consum públic i industrial s'ha xifrat la demanda potencial d'aigua regenerada en 1,34 Hm^3 anuals enregistrats, amb la distribució d'usos que es mostra a la Figura 2.



Figura 2. Resum de la demanda potencial d'aigua regenerada

Les dades de consum públic i industrial, detallades per client i ús, han estat ubicades geogràficament per tal de poder així relacionar el consum per comptador amb la situació del punt d'ús. Això ha permès d'observar que el pla de sectorització de la xarxa de distribució de Sabadell ofereix un nivell de resolució suficient com per visualitzar la suma de consums dels clients de cada sector segons usos. A partir d'aquí, s'han agrupat tots els consums de cada sector pertanyents a un mateix ús, obtenint d'aquesta manera un valor únic per sector. Per últim, s'ha procedit a la seva visualització gràfica en un mapa mitjançant una escala cromàtica que distingeix tres trams de consum. Amb aquest exercici s'ha aconseguit tenir una visió gràfica de la distribució de consums al llarg de la ciutat

Analitzant els respectius plànols s'observa una clara diferenciació en els usos de l'aigua en funció de la seva ubicació en la zona urbana. La Zona Nord de la ciutat destaca per una major concentració de consum destinat al reg de zones verdes. La Zona Sud, en canvi, destaca per una demanda majoritàriament dirigida a usos industrials. Pel que fa a la neteja de la via pública, s'ha considerat que el consum es distribueix a parts iguals entre les dues zones. Un cop establerta una selecció dels usuaris que pel seu consum i proximitat són susceptibles de ser abastats per la xarxa de distribució, s'ha obtingut la demanda potencial seleccionada segons usos per a les Zones Nord i Sud, que es mostra a les Figures 3 i 4 respectivament.



Figura 3. Demanda potencial seleccionada per a la Zona Nord (Volum anual registrat: 0,396 Hm^3)

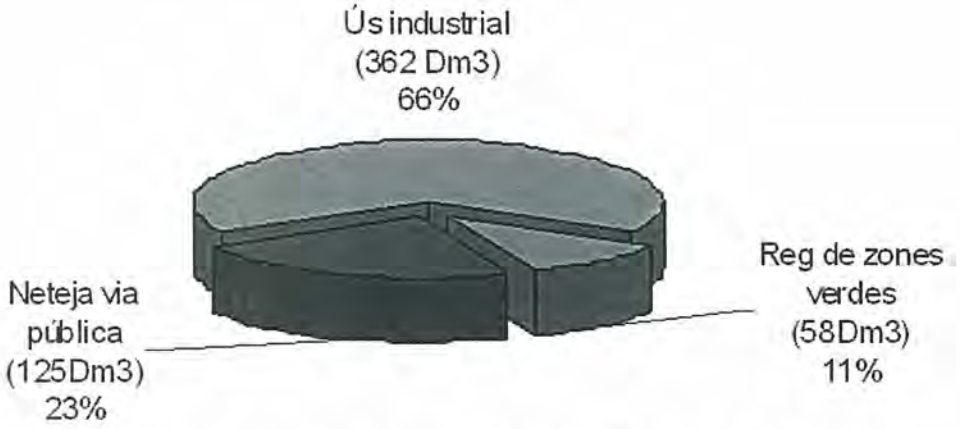


Figura 4. Demanda potencial seleccionada per a la Zona Sud (Volum anual registrat: 0,545 Hm^3)

Si considerem un rendiment de la xarxa de distribució del 85% obtindrem un volum total a distribuir de 1,107 Hm^3 anuals, dels que 0,466 Hm^3 correspondran a la Zona Nord i 0,641 Hm^3 a la Sud.

Infrastructures necessàries

Partint de la concentració diferenciada dels col·lectius d'usuaris (reg de zones verdes i activitat industrial) en les dues grans zones abans esmentades, hom ha estimat adient diferenciar entre dues xarxes de distribució bàsiques. Tal i com es mostra a la Figura 5, a la Zona Nord de Sabadell s'hi planteja dissenyar una xarxa de distribució exclusivament per a reg de zones verdes. A la Zona Sud, en canvi, s'hi estableix una xarxa de distribució d'aigua per a usos industrials que també contempla el reg de zones verdes pròximes al seu traçat. La proposta d'aquestes dues xarxes de distribució obeeix a diversos factors: 1) Ubicació a la Zona Nord d'una major concentració d'usos d'aigua per a reg de zones verdes. 2) Correspondència quantitativa, també a la Zona Nord, entre la demanda de reg i els recursos disponibles. 3) El recurs de la Zona Nord (reg de zones verdes) en l'actualitat es troba en vies d'aprofitament, fet pel qual ja existeixen actuacions prèvies que faciliten la implantació de la xarxa. El principal usuari d'aquesta xarxa és l'Ajuntament de Sabadell, fet que suposa una garantia de continuïtat per la seva sensibilitat envers un ús sostenible de l'aigua. 4) A la Zona Nord només cal un tractament de desinfecció per a poder usar l'aigua, mentre que a la Zona

Sud es depèn de la millora de les instal·lacions de l'EDAR per a poder iniciar qualsevol actuació.

La Xarxa Nord comptarà amb una longitud de gairebé 10.800 m i amb un diàmetre de canonada estàndard de 180 mm; prèviament disposarà també de quatre dipòsits de regulació, dels quals tres tindran una capacitat de 500 m^3 i un, que ja existeix, comptarà amb una capacitat de 150 m^3. La xarxa Sud assoliria una longitud de 7.000 m i alternaria diferents diàmetres de canonada compresos entre els 110 i els 315 mm; en aquest cas hi hauria un únic dipòsit de regulació de 2.000 m^3 de capacitat i un tractament terciari ubicats a l'E.DA.R. del Riu Sec. Hom pot trobar una descripció més acurada d'aquestes xarxes de distribució a Collado et al. (2003).

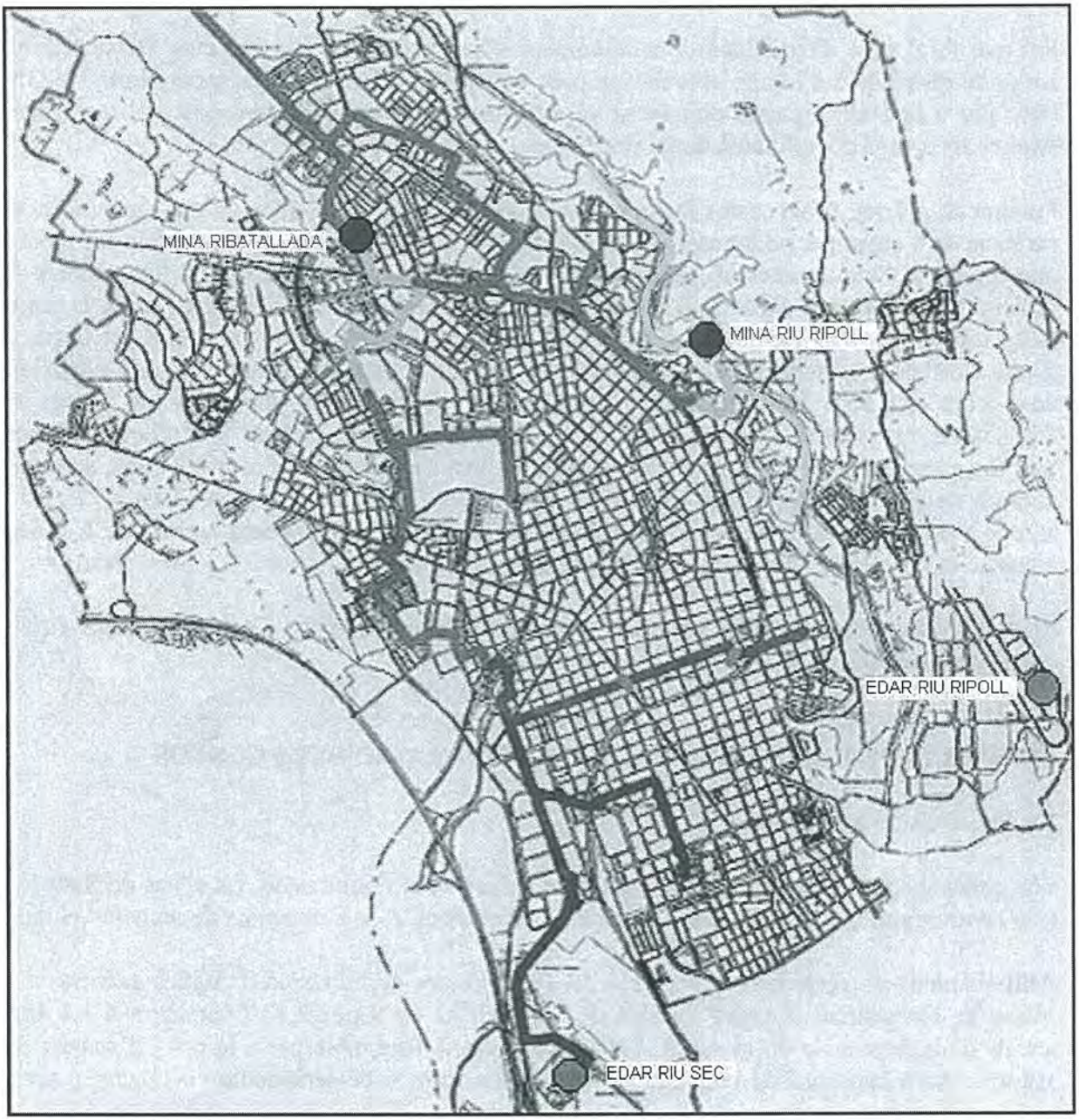


Figura 5 Xarxes de distribució d'aigua regenerada (Groc: xarxes de distribució existents. Verd: Xarxa Nord. Blau: Xarxa Sud)

Estudi econòmic

En el càlcul del preu de l'aigua regenerada (establert per a l'any 2003) hom ha tingut en compte tres blocs principals de despeses; la despesa d'inversió per a la implantació de la xarxa i les seves instal·lacions associades necessàries, les despeses d'explotació i les despeses financeres.

El cost d'inversió s'ha definit en base als traçats i diàmetres de les xarxes de distribució previstes, tenint en compte també els elements associats com equips de bombament, dipòsits i tractaments necessaris. El cost d'implantació de les xarxes de distribució que s'ha obtingut és de 2.484.000 € per a la Xarxa Nord i de 2.446.000 € per a la Sud, suposant un cost global proper als 5 milions d'Euros.

Pel que fa al cost d'explotació i manteniment s'han considerat els aspectes clàssics d'una xarxa de distribució d'aigua, obtenint un preu de 0,1889 € / m^3 per a la xarxa Nord i 0,2380 €/m^3 per a la Sud. Aquesta diferència ve donada per la imputació del cost del tractament terciari als costos d'explotació de la Xarxa Sud.

Finalment, pel que fa als costos financers, s'ha previst un préstec a 18 anys amb un període de carència de 3 anys, per poder assolir l'inici del període d'explotació. L'estudi financer mostra que el preu de l'aigua necessari per a poder suportar totalment la implantació i finançament de la xarxa i els costos d'explotació i manteniment, haurà de ser de 0,713 €/m^3 per a la xarxa Nord i de 0,597 €/m^3 per a la xarxa Sud. De l'estudi financer, es conclou que per a que la Xarxa Nord pogués mantenir el preu de l'aigua al nivell actual, seria necessària una subvenció de l'ordre del 86% del cost total d'implantació, la qual cosa suposaria un import de 2.280.000€, i permetria oferir a l'usuari un preu de l'aigua de 0,31 €/m^3. Per tal que la Xarxa Sud fos atractiva per als usuaris, seria necessària una subvenció de l'ordre del 8%, suposant aquesta un import de 210.000€, obtenint-se un preu de l'aigua de 0,57 €/m^3. Una opció per a assolir aquest objectiu seria la construcció subvencionada del tractament terciari de Riu Sec, actuació suficient com per permetre oferir un preu competitiu als usuaris d'aquest sector.

El detall dels pressupostos d'inversió, explotació i manteniment i l'estudi financer es pot consultar a Collado et al. (2003).

BENEFICIS DE LA REUTILITZACIÓ I COMPARACIÓ DELS COSTOS

Els beneficis de la reutilització

Són coneguts genèricament, els múltiples avantatges de la reutilització. En el cas de Sabadell, n'hi ha un seguit que s'han pogut constatar palpablement, o be s'intueixen de manera evident.

Alliberament de recursos. L'aplicació del Pla Director d'Utilització d'Aigües externes a la Xarxa de Distribució d'Aigua Potable de Sabadell ha de suposar l'alliberament d'1,1 Hm^3 anuals d'aigua potable de la xarxa ATLL, que restarà disponible per a la resta d'usuaris del sistema. Això suposarà un augment de la garantia, que si bé serà petita en relació a tot el volum subministrat per la xarxa ATLL, en el cas local de Sabadell es concretarà en el 7 % de la demanda anual; és a dir, 25 dies de subministrament. Cal tenir en compte que a zones que tinguin una activitat agrícola de regadiu més important que Sabadell, ha de ser fàcilment superable el volum d'aigua potable substituït, amb una inversió econòmica menor, en tractar-se, a priori, de xarxes de distribució més simples.

Persistència dels usos. Un altre benefici que comporta l'ús de fonts de subministrament alternatives és el manteniment d'usos, com el reg de zones verdes i neteja de carrers, que d'altra manera es veurien afectats en època de restriccions. Això s'ha pogut constatar a Sabadell durant el període d'aplicació del Decret de Sequera en què s'ha pogut mantenir el reg de les zones verdes abastades per aigua no potable i s'ha establert un dispositiu de camions cuba per fer arribar aquesta aigua a les zones no connectades a la xarxa d'aigua regenerada.

Manteniment d'usos ambientals. L'existència de l'emissari d'impulsió d'aigües depurades, ha permès mantenir el cabal d'aquest tram del Riu Ripoll sense restriccions.

Fiabilitat. Les antigues fonts de subministrament com mines i pous, acostumen a tenir una fiabilitat elevada, presentant un retard considerable als efectes de la sequera. En els casos de la mina de Ribatallada i la mina del Riu Ripoll, s'han mantingut les extraccions sense problema. Quan s'incorpori a la xarxa l'aigua procedent de l'EDAR de Riu Sec, la fiabilitat del recurs es veurà incrementada.

Solidaritat amb la resta d'usuaris. La resta d'usuaris del sistema, entre els que cal comptar els pagesos i les poblacions de la costa del Maresme i la Costa Brava, es veuran beneficiades per l'estalvi que es produeixi a Sabadell, o a d'altres poblacions de la xarxa.

Manteniment de captacions. Un altre benefici gens menyspreable, és el fet de mantenir actives unes instal·lacions antigues, que en cas contrari s'anirien degradant fins la seva desaparició. En la major part dels casos es tracta d'instal·lacions amortitzades que no suposen despeses afegides.

Comparació del cost de disponibilitat

Fins l'actualitat s'han anat desenvolupant les infrastructures hidràuliques en funció de les necessitats de la demanda, assumint-ne el cost i repercutint-lo, o no, en l'usuari final. A l'hora de plantejar inversions per a disposar d'aigua regenerada ens acostuma a condicionar la comparació amb el cost de l'aigua potable, fet lògic des del punt de vista econòmic, però no tant si creiem en la reutilització com a alternativa al problema de l'aigua.

S'ha considerat interessant, però, d'establir una comparativa d'ordres de magnitud del cost de disponibilitat de l'aigua regenerada envers la potable. El "cost de disponibilitat" l'hem definit com la inversió necessària per a disposar d'un volum determinat de recurs anual, establint la unitat en l'€/m^3/any.

Essent que Sabadell queda integrada en la xarxa de distribució d'ATLL, s'ha estimat que la comparativa amb el cost d'implantació d'aquesta xarxa pot constituir un bon element de referència.

Prenent com a base les dades de la memòria anual d'ATLL de l'any 2002, es pot xifrar el volum abastat per la xarxa en 259,47 Hm^3 anuals i el valor de l'immobilitzat en 1.020,54 milions d'euros. Amb aquestes dades s'obté un cost de disponibilitat de 3,93 €/m^3/any.

Si considerem el volum potencialment distribuït per la xarxa d'aigua regenerada de Sabadell (1,1 Hm^3/any) i el cost de les inversions necessàries (4,93 milions d'euros), obtenim un cost de disponibilitat de 4,48 €/m^3/any, un 14 % superior al de la xarxa ATLL. Cal, però, considerar certs factors com que no hem efectuat cap actualització del valor de les inversions

de la xarxa ATLL i no s'ha repercutit el cost de construcció d'embassaments, per arribar a la conclusió de què estem parlant d'ordres de magnitud si més no similars.

Podem afirmar que, en una primera aproximació molt general, però suficientment fiable pel que fa a ordres de magnitud, el cost de les inversions necessàries per a poder disposar d'aigua regenerada és del mateix rang que el de les que han calgut per a poder disposar de la xarxa de distribució en alta d'ATLL..

En el cas concret de Sabadell existeix un altre valor de referència per a efectuar la comparativa del cost de disponibilitat aigua potable-aigua regenerada, que és el cost de les canonades de portada d'aigua de Sant Pere Màrtir i Cerdanyola. Aquestes obres, executades l'any 1952 i el 1968 respectivament, van suposar una inversió global, actualitzada a l'any 2003, de l'ordre de 61,7 milions d'euros, per a poder abastar un volum anual màxim de 13,14 Hm^3. El cost de disponibilitat que en resulta és de 4,69 €/m^3·any, lleugerament superior a l'obtingut per la xarxa d'aigua regenerada.

Si acceptem la similitud del cost de les inversions, no és difícil defensar l'avantatge que suposarà optar actualment per la via de la reutilització . En primer lloc, suposarà una reducció del consum a la capçalera del sistema, afavorint a la resta d'usuaris de l'embassament i dotant-los de major garantia de subministrament, en segon lloc, s'aconseguirà congelar o fins i tot reduir l'evolució de la demanda d'aigua potable per efecte de la substitució de cabals, fet que acabarà suposant un estalvi gràcies a la prolongació del període d'efectivitat de les instal·lacions en alta i embassaments actuals; en conseqüència, també es disposarà de més marge de maniobra a l'hora de plantejar solucions a l'increment de la demanda futura.

Tot i la simplicitat de l'exercici proposat, considerem que el resultat que s'intueix convida a plantejar-se la planificació futura assumint nous reptes, que segurament seran més complexos que les solucions adoptades fins ara i exigiran un major grau de complicitat i compromís per part dels operadors i els usuaris, però per això mateix poden ajudar a resoldre el problema actual amb un criteri més racional i amb la solidesa que suposa la implicació de tots els sectors afectats en l'assoliment de la solució.

CONCLUSIONS

L'aplicació del Pla director d'utilització d'aigües externes a la xarxa de distribució d'aigua potable de Sabadell ha de permetre l'alliberament d'1,1 Hm^3 anuals de la xarxa d'aigua potable.

Per a que siguin econòmicament viables les xarxes de distribució d'aigua regenerada s'ha de comptar amb algun tipus de subvenció, si més no a l'etapa d'implantació inicial. L'ajuda econòmica dels estaments públics en l'execució d'aquest projecte, es justifica amb l'estalvi en ampliació d'infrastructures (embassaments, conduccions en alta, etc.) que suposa, a mig i llarg termini, l'ús d'aigua regenerada per a satisfacció de part de la demanda que actualment és abastada amb aigua potable. Un altre benefici d'aquesta actuació serà l'augment de la garantia de subministrament com a conseqüència de la disminució de l'ús de recursos dels embassaments, que permetrà pal·liar en part els recurrents períodes de sequera.

Les actuacions desenvolupades i previstes a Sabadell revertiran en un alliberament de recursos, permetran la persistència de determinats usos en períodes de sequera així com el manteniment dels usos ambientals, permetran comptar amb un recurs fiable i mantenir i

reactivar antigues instal·lacions existents. Finalment també suposaran un gest de solidaritat amb la resta d'usuaris del sistema.

Els costos d'implantació de la xarxa d'aigua regenerada, definits com els euros invertits per cada m^3 disponible anualment, són de 4,48 €/m^3·any, mentre que el mateix paràmetre per a la xarxa ATLL és de l'ordre de 3,93 €/m^3·any. En el cas de la portada d'aigua de Sant Pere Màrtir i Cerdanyola a Sabadell en resulta una xifra de 4,69 €/m^3·any. La similitud de rangs d'aquestes tres xifres hauria de suposar un element a tenir en compte a l'hora de plantejar actuacions futures.

AGRAÏMENTS

Agraïm especialment les idees aportades per En Josep Mª Mañosa i Na Dolors Vinyoles.
La feina d'En Aleix Collado i En Xavier Font.
L'ajuda dels diferents departaments de Companyia d'Aigües de Sabadell, S.A.
La col·laboració del Departament de Medi Ambient i Sostenibilitat de l'Ajuntament de Sabadell.

BIBLIOGRAFIA

Agència Catalana de l'Aigua (2005). *Criteris de qualitat de l'aigua regenerada segons diferents usos.* II Jornades Tècniques de Gestió d'Estacions Depuradores d'Aigües Residuals: Reutilització planificada de l'aigua. Barcelona, 20 de gener de 2005.

Aigües Ter Llobregat (2002). Memòria de l'exercici.

Collado A., X. Font y J. Vinyoles (2003): *Ciclo del Agua en Sabadell I. Marco General del Ciclo y Oportunidades de Reutilización.* Proyecto de Curso. Master en Gestión Integral del Agua, 1ª Edición. Fundació Politècnica de Catalunya. Barcelona

Instituto Nacional de Estadística. Índice de Precios de Consumo www.ine.es.

Jornades Tècniques: La integració de l'aigua regenerada en la gestió dels recursos
Jornadas Técnicas: La integración del agua regenerada en la gestión de los recursos
Technical Workshop: The integration of reclaimed water in water resource management
Lloret de Mar, Costa Brava, Girona, Octubre 2005

ESCENARIOS EXISTENTES Y PROPUESTAS PARA EL AVANCE DE LA REGENERACIÓN Y REUTILIZACIÓN DE AGUAS EN ESPAÑA

Raquel Iglesias

Centro de Estudios y Experimentación de Obras Públicas (CEDEX)
Paseo Bajo de la Virgen del Puerto nº 3, 28005 Madrid (España)
Teléfono: + 34 91335 80 07; Fax: + 34 91335 79 94
E-mail: raquel.iglesias@cedex.es

RESUMEN

En esta exposición se analiza la situación actual en España de la reutilización de los efluentes depurados y sus posibles perspectivas futuras. En la primera parte de la exposición, se hace un breve repaso del balance hídrico estatal, con objeto de detectar las áreas más proclives a la reutilización, se resume el estado de la depuración mediante el grado de cumplimiento de la Directiva 91/271/CEE, el marco que esta directiva genera para el desarrollo de las actuaciones de reutilización, y los escenarios existentes de la reutilización en España con sus avances, problemas y proyecciones futuras.

En lo referente a las propuestas para el avance de la reutilización, se evalúa la importancia de los efluentes depurados dentro de la gestión integral de los recursos hídricos, las exigencias de una reutilización planificada y los aspectos técnicos, económicos y legislativos que estas actuaciones conllevan. En el ámbito normativo, se hace especial hincapié en el contenido del proyecto de regulación estatal sobre "condiciones básicas para la reutilización de efluentes depurados" al que recientemente se le ha dado otra revisión para propiciar definitivamente su lanzamiento dentro del cuerpo legislativo español.

Entre las exigencias que deberían cumplir las actuaciones de reutilización para su avance y gestión en el computo tradicional de los recursos hídricos, se evidencia la necesidad de contar con una planificación real del recurso dentro del conjunto de recursos hídricos de una zona, una apertura de información y colaboración entre las distintas administraciones que están implicadas en estas actuaciones, un marco normativo que fije un modelo de actuación para esta actividad, unos estudios de demanda, de costes y de beneficios, unos instrumentos fiables para el control del riesgo inherente a esta práctica, una participación e información ciudadana, un sistema de financiación y un desarrollo de estudios e investigaciones donde poder apoyar las diferentes tomas de decisión sobre estos temas.

Palabras clave: déficit, depuración, escenarios, propuestas, reutilización.

LOS RECURSOS HÍDRICOS EN ESPAÑA

El balance hídrico

En lo que se refiere a la existencia de recursos hídricos en España, las estimaciones establecidas en el Libro Blanco del Agua en España (2000) cifran los recursos totales renovables (superficiales más subterráneos en régimen natural) para nuestro país en 111.000 hm^3/año, de los cuales el 74% proceden de escorrentías superficiales y el 26% son subterráneos. Un rasgo fundamental es la gran irregularidad y diversidad hidrológica existente, siendo muy variable la precipitación existente en función de las zonas de que se trate. Otros factores tales como los distintos tipos de suelo, la vegetación, la evapotranspiración y la naturaleza de los acuíferos hacen que las respuestas frente a fenómenos pluviométricos, sean completamente diferentes.

Debido a esto, en España, se han ido realizando infraestructuras que han aumentado el recurso disponible. Existen actualmente más de un millar de presas con una capacidad de almacenamiento de aproximadamente 56.000 hm^3 siendo 300 de ellas las que almacenan el 98% del total y se estima en más de un millón, el número de pozos y captaciones subterráneas existentes, contándose con más de 5.000 Km. de conducciones de abastecimiento y más de 10.000 Km. en conducciones de riego.

Las demandas hídricas recogidas en los Planes Hidrológicos de Cuenca dan un valor global de la demanda anual estimado aproximadamente en 35.300 hm^3/año. En la *Tabla 1* se presenta el desglose de estas demandas entre los principales usos.

Tabla 1. Demandas hídricas en España. Libro Blanco del Agua, 2000.

Usos	Demanda anual (hm^3/año)	Porcentaje %	Porcentaje consumido, %	Vertido (hm^3/año)
Urbana	4.667	13,2	20	3.733,6
Industrial	1.647	4,6	30	1.152,9
Regadío	24.094	68,2	80	4.818,8
Refrigeración	4.915	14,0	0	4.915,0
Total	35.323	100,0	58	14.620,3

Una vez definidos tanto los recursos como las demandas anteriormente indicadas y se realizan balances hídricos temporales, refiriendo éstos a los sistemas de explotación existentes en la actualidad, se presentan amplias zonas en las cuales bien de forma coyuntural o permanente hay déficit de recursos hídricos.

Las zonas de déficit permanente se concentran en el litoral mediterráneo y en los archipiélagos Canario y Balear, y es por tanto en estas áreas, donde existen más proyectos realizados y más expectativas de reutilización. Además, el déficit hídrico ha aumentado como consecuencia del fuerte desarrollo turístico y agrícola, y la imposibilidad de obtener recursos convencionales debido al deterioro del medio hídrico y a la dificultad para realizar nuevas obras civiles de captación del recurso.

Disponibilidad de los recursos hídricos

Dentro de las posibilidades de disponibilidad de los recursos hídricos, se considera a la reutilización un recurso no convencional que puede incrementar los usos del agua ya utilizada y en el caso de los vertidos de depuradoras directos al mar, aumentaría no solo la cantidad de usos sino también el volumen de los recursos hídricos disponibles en la zona. La mejora de la calidad de los efluentes es el elemento clave en la disponibilidad y gestión del agua. El agua regenerada puede sustituir usos que no requieran una calidad elevada, liberando volúmenes de mejor calidad para otros usos más exigentes o si la necesidad hídrica es extrema, y económicamente el balance es favorable, se puede alcanzar cualquier calidad para cualquier uso. En definitiva, hay que establecer dónde realmente es necesaria esta intervención y esta decisión suele tomarse en base a unos riesgos, unos costes de oportunidad y unos beneficios.

El beneficio de una actuación de reutilización tiene que ser visto desde la globalidad y no únicamente desde el beneficio directo del usuario, al que se le aporta el agua, debiendo considerarse, aquellos beneficios medioambientales y sociales que repercutirían a la baja en el precio del agua regenerada.

La reutilización en la realidad española contribuye, fundamentalmente, a garantizar una mayor fiabilidad y regularidad del agua disponible, liberar recursos de mejor calidad y resolver problemas medioambientales tales como la mejora de la calidad de los ríos, en zonas de baño a no tener que recurrir a infraestructuras como los emisarios submarinos para asegurar la calidad de la costa, la preservación de los caudales ecológicos o la intrusión marina en los acuíferos.

Una de las exigencias para poder planificar las actuaciones de reutilización es la disponibilidad del efluente de las estaciones depuradoras. Las EDAR que se han incrementado por la obligatoriedad de la directiva 91/271 CEE sobre el tratamiento de las aguas residuales urbanas, desarrollada en el Plan Nacional de Saneamiento y Depuración 2000-2005. Este Plan es la pieza fundamental de planificación que tiene el Ministerio de Medio Ambiente junto a las CCAA para la realización de las diferentes infraestructuras en materia de saneamiento y depuración y que promueve garantizar la calidad del vertido. Con la promulgación de la Ley 11/1995 y el Real Decreto 509/1996, se transponen al ordenamiento jurídico español todos los elementos normativos establecidos en la citada Directiva.

En España, el 84 % de la población equivalente total está afectada básicamente por la aplicación de la Directiva, correspondiéndose con las aglomeraciones mayores de 2.000 h-e en aguas continentales y estuarios, y mayores de 10.000 h-e en aguas costeras, con una carga contaminante total que sobrepasa los 70 millones de h-e.

Para el 16 % restante, unos 13 millones de h-e. (datos estimados en fase de revisión), la Directiva exige realizar "un tratamiento adecuado" para el cumplimiento de otras Directivas o de los objetivos de calidad fijados en el medio receptor.

Con respecto a la carga contaminante por tipo de zona según la Directiva, el 87% del total de la población afectada se encontraba en "zonas normales", el 2% en "zonas menos sensibles" y el 11% en "zonas sensibles". Estos porcentajes están en objeto de revisión con una propuesta de ampliación de zonas sensibles que puede llegar hasta el 24%.

La magnitud de los esfuerzos económicos en principio cuantificada en 1,9 billones de pesetas (11.400 millones de euros aproximadamente) obligó a la coordinación de las actuaciones de las distintas Administraciones (Central, Autonómica y Local) y a realizar un Plan Nacional de Depuración. Este plan canalizó las ayudas de la UE (Fondos de Cohesión y otros Fondos europeos) que fueron de vital importancia.

La situación en la que se encontraba el Plan de Saneamiento y Depuración en España, a fecha de diciembre de 2004, en función de los niveles de tratamiento establecidos en la Directiva 91/271/CEE, puede verse en la *Tabla 2*.

Tabla 2. Aglomeraciones de más de 2.000 h-e en aguas continentales y más de 10.000 h-e en zonas costeras.

Conformidad	Población afectada habitantes equivalentes	Porcentaje %
Conforme	49.810.000	71
En construcción	11.220.000	16
No conforme	9.100.000	13

Notas:
a) Número de aglomeraciones afectadas: 2.700.
b) Carga total afectada: 70.130.000 h-e.

Aunque se ha avanzado considerablemente en el estado de la depuración, se debe destacar que existen todavía deficiencias, no sólo en la construcción de los tratamientos adecuados para toda la carga contaminante que se exige en la Directiva, sino en la regularidad de la calidad de los efluentes que ya se están depurando. En ocasiones, las variaciones de calidad del efluente depurado, son consecuencia del mal manejo de la planta, bien por la inexperiencia de los operarios, costes a la baja ofrecidos por el explotador e insuficientes para una correcta explotación, o por carencias constructivas de la misma. Otras veces, el efluente se ve afectado por vertidos incontrolados, normalmente de procedencia industrial, y en los casos donde el deterioro de la red de saneamiento permite entradas de salinidad muy altas a través de los colectores que están a ras de costa , el efluente no solo afecta al medio receptor sino que exige un tratamiento adicional de desalación para su reutilización. Al ser los efluentes depurados "la materia prima" de la reutilización, sus características deben ser uniformes para garantizar un resultado adecuado en los posteriores tratamientos de regeneración sin desviaciones apreciables en los costes previstos de los mismos.

La situación actual no es la mejor en cuanto a la explotación de las EDAR, ya que existe por parte de las empresas especializadas, una tendencia muy marcada a presentar ofertas a la baja y una aquiescencia por parte de la Administración al admitir dichas ofertas totalmente alejadas de la realidad respecto a los costes de explotación y mantenimiento. Esta escasez de medios repercute en la regularidad de la calidad del efluente depurado con la correspondiente incidencia en el tratamiento de regeneración.

La necesidad que promueve la Directiva 91/271/CEE de obtener un agua depurada con una buena calidad en el vertido, puede relacionarse con las características que pudieran exigir ciertos usos aguas abajo. Existen casos donde el agua depurada solo con un tratamiento adicional de desinfección, puede ser adecuada para algunos usos de reutilización. En otros muchos casos se hace necesario un tratamiento adicional más completo. En algunos planes de saneamiento, este tratamiento de regeneración ya está siendo incorporado, no con el objetivo del uso posterior, sino como un objetivo de afino de la calidad de vertido. Por lo tanto, los

costes de implantación de los tratamientos de regeneración, se están realizando a través de la financiación del saneamiento, evitando la repercusión del coste del tratamiento de regeneración al usuario del agua regenerada. Esta situación desvirtúa la planificación de la reutilización y dificulta el uso eficiente del recurso.

En definitiva, la Directiva 91/271/CEE facilita la reutilización, no por ser un objetivo de la misma sino por crear un ámbito de mejora de la calidad de los efluentes depurados y un incremento del volumen de los mismos.

Finalmente, no se puede terminar esta exposición relativa a la planificación hidrológica y disponibilidad del recurso hídrico, sin citar el Plan Nacional de Regadíos. Esta figura, cuya redacción ha sido sensiblemente paralela a la elaboración del Plan Hidrológico Nacional, se considera clave a la hora de planificar correctamente los recursos hidráulicos, ya que en la actividad agrícola se consume aproximadamente 24.000 hm^3/año, lo que supone el 68% del consumo total de agua en España. Este Plan, aprobado en abril de 2002, tiene como finalidad la modernización y mejora de las infraestructuras actuales del regadío. Esta medida podría ser un buen marco de actuación para planificar conjuntamente las infraestructuras necesarias para la reutilización directa de efluentes depurados.

Aunque dentro del cómputo nacional de los actuales recursos hídricos, la reutilización solamente representa, sobre el recurso hídrico disponible, estimado en 45 km^3/año *(MAPA 2004)*, un 0,9 % al año, hay que tener en cuenta que este porcentaje aumenta considerablemente según la zona que se esté evaluando, convirtiéndose frecuentemente en las zonas con déficit hídrico, bien estructural o coyuntural, en el único recurso disponible o al menos, en un volumen con una entidad estratégica. Uno de los casos más representativos de esta situación podría ser, entre otros, la isla de Gran Canaria, donde el porcentaje de reutilización en estos momentos, sobre los recursos hídricos disponibles, ya sobrepasa el 20 %.

LA REUTILIZACIÓN EN ESPAÑA

Evolución de la reutilización

El volumen máximo de reutilización en España está limitado por la cantidad de agua urbana depurada, la situación geográfica respecto al uso de estas instalaciones (no hay que olvidar que en la mayoría de los casos el coste de distribución del agua regenerada por m^3 es muy superior al del tratamiento de regeneración de este m^3), la demanda, la aceptación que tenga este recurso y la viabilidad económica y medioambiental del mismo. Ya en el Libro Blanco del Agua en España (2000) se preveía como el volumen máximo de efluentes depurados, una vez finalizado el Plan Nacional de Saneamiento y Depuración en cumplimiento con la Directiva 91/271/CEE, unos 3.500 hm^3/año, de los cuales, aproximadamente 1.200 hm^3/año podrían ser reutilizados. En estos momentos se depura unos 2.400 hm^3/año de los cuales aproximadamente un 17 % se reutilizan.

Como conclusión, se puede decir, que el máximo que podría representar el volumen reutilizado en el global de los recursos hídricos disponibles, una vez finalizado el PNSyD, sería de aproximadamente un 2,67 %. Este porcentaje bajo en comparación a otros recursos disponibles, se vuelve estratégico e incluso imprescindible en zonas de España cuyo déficit es sobre todo estructural.

En el año 2001, existían en España alrededor de 140 actuaciones de reutilización, que cubrían una demanda de aproximadamente 346 hm^3/año. Se encontraban en fase de proyecto y construcción otra serie de actuaciones que suponían una ampliación del volumen reutilizado en unos 290 hm^3/año adicionales, en un periodo no superior a 5 años. Como puede verse en la *Tabla 3*, el riego agrícola era el aprovechamiento más generalizado, suponiendo el 82 % del volumen total. En la *Figura 1* se puede ver la distribución del volumen reutilizado en este mismo año 2001 por cuencas hidrográficas.

Tabla 3. Reutilización directa en España en el año 2001 (Fuente: P. Catalinas, E. Ortega. CEDEX, 2002)

Usos	Volumen hm^3/año	Porcentaje %
Riego agrícola	284,9	82,3
Usos municipales	24,0	7,0
Usos recreativos y campos de golf	20,6	6,0
Usos industriales	2,5	0,7
Usos ecológicos	14,0	4,0
Total	346,0	100,0

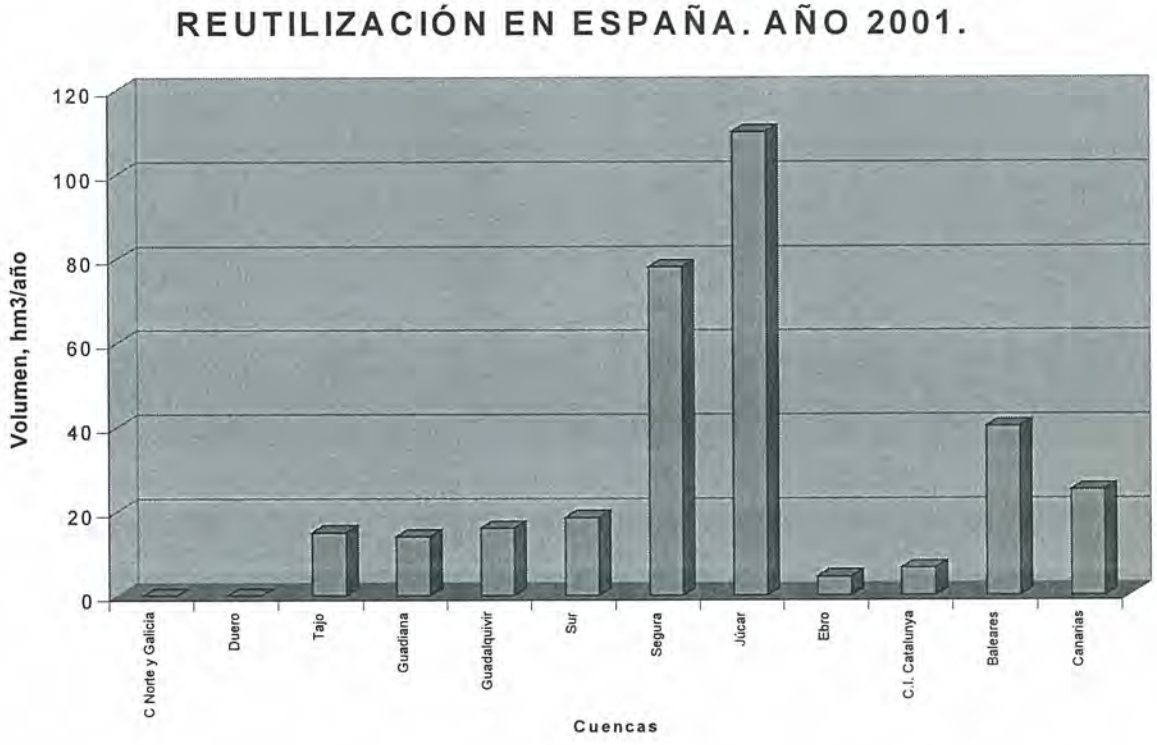


Figura 1. Volúmenes de la reutilización directa por CC.HH. en España en el año 2001 (Fuente: P. Catalinas, E. Ortega. CEDEX, 2002).

La evolución desde entonces ha sido la esperada, las actuaciones de reutilización se han incrementado a más de 255, y a fecha de hoy puede estimarse que se reutiliza, con o sin tratamiento de las aguas depuradas, unos 400 hm^3/año en todo el territorio nacional.

La primera estimación que se recogió en el Libro Blanco del Agua del 2000 de 636 hm^3/año para el año 2006, ha quedado un poco sobredimensionada respecto a la realidad actual incluso contando con los proyectos de reutilización que están en fase de diseño o de

ejecución en estos momentos, pero lo que está claro, es que existe la tendencia de aumentar estos volúmenes de agua reutilizada bien por necesidad, concienciación ambiental o por tener que cumplir con las diferentes Directivas Europeas.

La mayoría de los proyectos realizados o en fase de estudio en España, tienen fines agrícolas, aunque se está detectando una tendencia a reutilizar con un objetivo medioambiental. Este aumento del volumen de agua reutilizada en fines medioambientales va a ser reforzado en el futuro por las exigencias de Directivas como la Marco o por proyectos como el del Baix de Llobregat en Cataluña, con 50 hm^3/año, para el control de la intrusión marina.

Como puede observarse en las estimaciones realizadas en la *Tabla 4*, basadas fundamentalmente en la base de datos sobre reutilización que está realizando actualmente el CEDEX por toda la geografía española, y por lo comentado anteriormente, aparte de otras circunstancias futuras como el cumplimiento de la PAC (Política Agraria Común) que obligará a una reducción de la producción y extensión agrícola, los porcentajes en los distintos usos de agua regenerada tienden a reducirse en el uso agrícola y aumentarse en otros usos como los urbanos o los medioambientales.

Tabla 4. Proyección de la reutilización directa en España para el año 2005 según los distintos usos (elaboración: R. Iglesias. CEDEX, 2005).

Usos	Volumen hm^3/año	Porcentaje %
Riego Agrícola	323,8	79,3
Usos Municipales	32,7	8
Usos Recreativos y campos de golf	24,9	6,1
Usos Ecológicos	23,7	5,8
Usos Industriales	3,3	0,8
TOTAL	408,3	100,0

Los distintos escenarios de la reutilización en España

En España, existen distintos escenarios de reutilización con necesidades muy diversas dentro de la planificación de la reutilización de efluentes depurados.

Una de las actuaciones pioneras en el campo de la reutilización fue la que desempeñó la Comunidad de Regantes de Arrato en la década de los ochenta. Debido al desajuste hídrico que sufría la ciudad de Vitoria-Gasteiz y la agricultura desarrollada en la cuenca del río Arrato, la Diputación Foral de Álava, tras petición de los afectados, estableció en el año 1988, un Plan para la reutilización integral de las aguas residuales depuradas de esta zona. En este marco, la Comunidad de Regantes de Arrato solicitó una concesión por 400 l/s de las aguas depuradas de esta ciudad, ejecutando, como primera actuación, las infraestructuras necesarias para regar unas 3.500 ha. de cultivo. En el año 1995, invirtieron en un tratamiento de regeneración basado en tres módulos independientes basados en físico-químico con decantación lamelar más filtración por arena y desinfección por hipoclorito, que les permite tener una capacidad máxima de 34.560 m^3/día y un rango de 400 l/s hasta 1.600l/s. A partir del año 1996, se pone en marcha este tratamiento de regeneración satisfaciendo una demanda de 3 hm^3/año.

Los resultado de esta experiencia fueron tan satisfactorios, que en la actualidad, se ha terminado la segunda fase del Plan que amplia el caudal reutilizado a 12,5 hm^3/año, de los cuales, una parte sirven para regar otras 6.500 ha. de cultivo y el resto, se transportarán al

fondo de la presa que abastece la ciudad de Vitoria-Gasteiz, para poder mantener el caudal ecológico del río, sin detrimento del agua de abastecimiento.

En un intento de resumir la panorámica española, se podría decir que se distinguen cuatro escenarios dentro de la reutilización de los efluentes depurados:

1) El Levante español

En este escenario la reutilización, sobre todo en agricultura, es un hecho desde tiempos inmemoriales. El "monouso agrícola" en las cuencas del Segura y el Júcar, con un 98 % del volumen total del agua reutilizada destinada a este uso , ya representaba en el 2001, *Tabla 4*, más del 55% del agua reutilizada en toda España, dando muestra elocuente de la importancia de este recurso en estas cuencas a nivel global.

Dentro del Levante se distinguen los casos de la Región de Murcia, con una reutilización de marcado carácter histórico, dónde la distribución se realiza a través de canalizaciones construidas en tiempos de los moriscos, y Valencia, donde las actuaciones de reutilización surgen de unas necesidades hídricas que promueven el uso de este recurso.

En Murcia, la reutilización de los efluentes depurados de una forma indirecta o con algún tipo de mezcla normalmente con retornos de riegos u otros recursos hídricos, "reutilización mixta", y no una vez, sino repetidas veces, da una idea de la necesidad hídrica que padece esta Comunidad Autónoma tal y como está establecida su base de desarrollo socio-económico. Lo que al principio de la cuenca es una reutilización indirecta, pasa a ser aguas abajo una reutilización casi directa, al convertirse los cauces naturales, en meros sistemas de transporte del agua residual depurada. La descarga de las aguas depuradas en un complejo sistema de distribución constituido por canales, acequias, ramblas o azarbes, junto a los sistemas de recogida de las escorrentías de los regadíos con los que están conectados, y otras aportaciones de recursos hídricos como es el agua trasvasada Tajo-Segura, dificulta el establecimiento de una reutilización directa planificada.

Ante la realidad de no poder controlar este sistema de distribución tan complejo por sus múltiple ramificaciones a las distintas zonas de uso, parece que las administraciones murcianas competentes en estos temas, están instando por una solución de carácter "envolvente", es decir, dotar a la mayoría de las aguas depuradas de la calidad sanitaria suficiente para el uso más extendido, el agrícola. Este objetivo se está desarrollando dentro del Plan Director de Saneamiento, Depuración y Reutilización que en estos momentos la Región de Murcia está confeccionando. Se está proyectando, en el 90 % de las nuevas estaciones depuradoras, un tratamiento de regeneración que en la mayoría de los casos consiste en una línea de físico-químico con filtración de gravedad por arena y una desinfección por ultravioletas. Esta línea de regeneración es más que suficiente para garantizar unas condiciones sanitarias aguas abajo, aún estando la capacidad de autodepuración del medio receptor muy mermada.

Esta forma de planificar los efluentes regenerados se aleja de un sistema de reutilización directa propiamente dicho, donde el efluente se trata en función de un uso predeterminado y la distribución es directa desde el tratamiento hasta el punto de uso. Además, los usuarios precisarían de unas peticiones concesionarias, de unos costes por el tratamiento de regeneración y unos controles para satisfacer una normativa que por el momento no existe.

Actualmente en Murcia se reutilizan de forma directa, indirecta o mixta unos 106 hm^3 al año, de los cuales, solamente el 20 %, tienen algún tipo de tratamiento de regeneración.

Respecto a la Comunidad Valenciana, una actuación de la planificación de efluentes depurados que cabe destacar por contar con un volumen potencial de 200 hm^3/año, es la del plan referente a la reutilización de efluentes depurados de la periferia del área metropolitana de Valencia. Este plan pretende satisfacer las demandas de los regadíos tradicionales de L´Horta sin dejar de lado las necesidades ambientales de la zona. En este cometido están implicadas unas siete depuradoras, los tratamientos de regeneración pertinentes e infraestructuras necesarias, incluyendo modernización de regadíos, con el objetivo de producir al menos 103 hm^3/ año de agua regenerada, de los cuales 72 hm^3/ año irán a estos regadíos y el resto, con un tratamiento de eliminación de nutrientes, fluirán como caudal ambiental para mantener las condiciones naturales de la laguna litoral de la Albufera.

La Comunidad Valenciana, donde ya se hablaba de 124 hm^3 reutilizados en el año 2000, en su mayoría como efluentes mixtos, pasan a ser en la actualidad, unos 140 hm^3, el 30 % del caudal depurado. Según el II Plan director de saneamiento de la Comunidad Valenciana en relación con la reutilización de las aguas depuradas incluye directrices, objetivos, criterios y actuaciones de reutilización. El potencial de reutilización directa que presentan puede llegar hasta los 272 hm^3 con las líneas de tratamientos de regeneración ya instaladas y las propuestas hasta el próximo año 2006. Valencia con este II Plan director en marcha, demuestra el esfuerzo que está realizando tanto en planificación como en inversión en tratamientos de regeneración para alcanzar una desinfección de al menos 200 u.f.c/100 ml E.coli para los efluentes regenerados destinados a la agricultura.

Según lo recogido en la base de datos sobre la reutilización de los efluentes regenerados del CEDEX, Valencia podría llegar a contar con una capacidad de reutilización en los próximos 5 años de 330 hm^3/año y reutilizó, en el 2004, unos 128,37 hm^3. Estos y otros datos, no están consensuados por las diferentes administraciones y usuarios implicados, creándose por tanto, distintas realidades de la reutilización de efluentes depurados en esta Comunidad.

La necesidad de aunar esfuerzos entre todos los entes implicados en esta actividad, es ineludible en este primer escenario, si se quiere conseguir establecer un ambiente idóneo de planificación y sobre todo, de control y aceptación por parte de los usuarios de estos efluentes depurados regenerados.

2) Los archipiélagos Canario y Balear

En este escenario, totalmente insular, la salinización de los acuíferos y la inexistencia de recursos hídricos superficiales han creado una situación de déficit hídrico estructural que se ha ido solventando con desalación y reutilización desde hace más 20 años.

En lo que se refiere al archipiélago Canario, desde los años setenta, las islas orientales han sido pioneras en el reutilización directa de aguas residuales regeneradas. La aportación de este recurso ha sido, desde los inicios de esta práctica, base para la planificación hidrológica de las islas a la hora de complementar y sustituir otros recursos convencionales.

En el periodo 1996-99 surgen los distintos Planes Hidrológicos de cada isla donde se incluían criterios y planes de reutilización. Las propuestas de estos planes estaban encaminadas a

conseguir el 100 % de la reutilización de los efluentes depurados para usos como el agrícola, recreativos, zonas verdes o recarga de acuíferos. Para llegar a este fin incluían en la planificación las redes de distribución necesarias, que en ocasiones comportaba la construcción de muchos kilómetros para trasvasar el agua de un lado al otro de la isla, el apoyo a la construcción de nuevas redes de riego así como la modernización de las ya existentes y la constitución de organismos específicos para la gestión global de este recuso.

La necesidad de aplicar tecnologías de desalación, al contar con un efluente depurado con altas concentraciones en sales inaceptables para el riego de cultivos de estas zonas, incitó a iniciar líneas de investigación en estas tecnologías, realizándose múltiples estudios por parte de entidades públicas y privadas que ayudaron a establecer las líneas de tratamiento más oportunas.

En los años ochenta, el Cabildo Insular de Tenerife, inició un ambicioso proyecto cuyo objetivo era trasvasar los efluentes depurados generados en la ciudad de Santa Cruz al Valle de San Lorenzo situado en el sur de la isla, donde se encuentra, en estos momentos, la mayor extensión de regadío de todo archipiélago, unas 750 ha. de cultivo. Para este cometido, se realizaron importantes esfuerzos económicos en infraestructuras, como la construcción de un acueducto de más de 50 Km. de longitud, un depósito de almacenamiento de 15.000 m^3 de capacidad y una balsa de regulación final de 250.000 m^3 y líneas de tratamientos de regeneración que incluían etapas de desalación, con una capacidad total de 8.000 m^3/día. Además, la gestión de todas estas infraestructuras y tratamientos está garantizada al existir una empresa pública BALTEN encargada de la misma, que ya en el año 2001, satisfacía una demanda de 6 hm^3/año. En el año 2002 , a pocos kilómetros del Valle de San Lorenzo, se construyó un nuevo tratamiento de regeneración en la línea de los anteriores, filtración, EDR e hipoclorito sódico, con una capacidad de 12.000 m^3/día. En estos momentos, año 2005, están con una producción de más 8 hm^3/año.

Dentro del archipiélago Canario, la isla de Gran Canaria, es un ejemplo a seguir a la hora de la planificación y gestión de los efluentes regenerados. Para el horizonte 2012, esperan reutilizar más del 50 % del total de volumen estimado depurado para todas las islas, 43.5 hm^3/año reutilizado, y haber construido una red de distribución de más de 180 Km.

Gran Canaria, en el año 2001, ya reutilizaba mas de 27 hm^3, alrededor del 38 % de sus aguas residuales depuradas, constituyendo sin duda, el caso más avanzado de la planificación de efluentes depurados en España. En sus actuaciones, se incluían las infraestructuras necesarias para la distribución y el control del efluente ,estudios de viabilidad e incluso análisis de tecnologías, a través de diferentes entidades públicas y privadas, de las que se sacaron importantes conclusiones en campos como el de la desalación (informes del DEREA, Centro de investigación de Demostración en Reutilización de Aguas).

Tabla 5. Evolución de los recursos, en hm^3, en la isla de Gran Canaria (1993-2012).

Tipo de recurso	1993	1996	2002	2006	2012
Reutilización	0,0	7,2	20,8	39,5	43,5
Desalación	21,0	45,2	88,9	89,6	101,5
Subterráneo	98,0	80,1	39,1	30,6	23,6
Superficial	11,0	11,0	11,0	11,0	11,0

La isla estableció unos sistemas de gestión y financiación de las actuaciones de reutilización, que proporcionaron, en el 2001, el empuje definitivo a este recurso. Por la trayectoria adoptada

desde el año 1993 (ver *Tabla 5*), parece, más que probablemente, que Gran Canaria pueda llegar al objetivo que se propuso para el 2012, la sustitución de más del 30 % del recurso subterráneo por recursos no convencionales, desalación y reutilización, es decir, un volumen de más de 140 hm^3/año.

En definitiva, el archipiélago Canario considera al agua regenerada una fuente de recursos hídricos estratégica y por tanto, es un escenario que habrá que seguir de cerca en los próximos años, teniendo en cuenta además, que reutilizarán unos 80 hm^3 en el año 2012, que en estos momentos representaría, el 20% del agua reutilizada en todo el ámbito estatal.

En lo referente a las Islas Baleares, en el año 1988, la creciente necesidad de recursos hídricos provocados por la masiva afluencia de turistas a las islas, trajo consigo leyes como la 12/1988 referente al uso de agua regenerada en campos de golf. En el año 1995, vio la luz el primer Plan de Depuración y Reutilización de las aguas depuradas y unas guías para su uso. Se publicó un documento técnico donde se declaraba la necesidad de un informe preceptivo y vinculante de la Conselleria de Sanidad, según establece RD 849/1986, Reglamento del Dominio Público Hidráulico, y los criterios sanitarios para cada tipo de uso. En 1997, se aprobó un "Plan Integrado para la Reutilización de Aguas Tratadas en las Islas Baleares" en el que se planteaba la reutilización del 100% de las aguas depuradas. Se desarrolló en el 2001, dentro del Plan Hidrológico de las Islas Baleares, las infraestructuras necesarias para que en el año 2016 se reutilizara más del 90 % estas agua depurada, unos 75 hm^3. En este mismo año 2001, se reutilizaban unos 25,85 hm^3/año, alrededor del 32% de las aguas residuales depuradas en las islas.

En la actualidad, en el archipiélago Balear existen muchas iniciativas en este campo de la reutilización por parte de las diferentes empresas gestoras del agua depurada, aunque en la práctica, el avance es menor que en el archipiélago Canario.

3) Zonas con reutilización más planificada y diversificada

En el tercer escenario de la reutilización en España se podría incluir aquellas zonas donde se está diversificando más el recurso en cuanto a usos y el agrícola deja de ser el uso predominante. Son los casos de la Comunidad de Madrid o Cataluña donde se percibe una mayor colaboración entre las distintas administraciones e instituciones implicadas en estas actuaciones de reutilización y un mayor avance en cuestiones de normativa.

En Cataluña, el Departamento de Sanidad de la Generalitat, ya en el año 1994, sacó una guía de prevención del riesgo sanitario derivado de la reutilización de aguas depuradas y unas recomendaciones para el diseño y control de estas actuaciones. En el 2003, en base al borrador estatal de Real Decreto de 1999 sobre las calidades mínimas para la reutilización de aguas depuradas, publicaron unas calidades del agua depurada para los distintos usos. En 2005, han sacado una normativa para el riego de campos de golf y están en pleno desarrollo de un Plan de Reutilización.

Dentro de este ámbito de la reutilización en Cataluña, se debe destacar la labor que ha venido realizando el Consorcio de la Costa Brava (CCB) durante estos últimos 20 años. El Consorcio, desde su fundación en 1971, agrupa más de veinte municipios y dedica su actividad tanto al abastecimiento como a la depuración y reutilización de las aguas depuradas, cerrando así el ciclo del agua y dando una idea, del interés que tiene esta región en reutilizar sus aguas de una

manera controlada y directa. La creación del CCB tuvo como objeto paliar una necesidad económica, vinculada al desarrollo turístico de la zona. Con sus proyectos han demostrado que la preservación del medio ambiente asegura el crecimiento de las actividades turísticas, y por lo tanto, el desarrollo económico no es antagónico a la conservación medioambiental.

El total de agua residual depurada en esta franja del litoral catalán es de unos 35 hm^3/año, de los cuales 5,6 hm^3/año se están reutilizando en usos como campos de golf, jardinería, ambientales o urbanos no potables.

Hay que agradecer la preocupación que ha demostrado el CCB a la hora de aportar experiencias en estos temas y realizar, desde el año 1985, jornadas técnicas, donde expertos, científicos y profesionales de la reutilización, tienen la oportunidad de intercambiar nuevos trabajos y reflexiones. Sin duda, es una buena práctica para propiciar el avance y el entendimiento de la reutilización en este país.

Otro ejemplo de la buena disposición por realizar actuaciones de reutilización, es el del Ayuntamiento de Sabadell donde se está desarrollando un reglamento municipal que no se limita exclusivamente a los criterios de calidad para los distintos usos sino que recoge incluso la ejecución de la distribución y metodología de control de estos efluentes regenerados.

Se estima que Cataluña reutilizó el pasado año 2004 unos 30 hm^3/año y en los dos próximos años la capacidad de reutilización llegará hasta los 53,2 hm^3/año, sin contar con grandes actuaciones como la del Baix Llobregat que por sí sola aportará unos 50 hm^3/año como ya se comentó con anterioridad.

La reutilización en la Comunidad de Madrid llegó de una manera puntual para satisfacer una serie de necesidades de agua no potable, sobretodo de carácter urbano, riego de jardines, baldeo de calles y limpieza de los colectores de la red de saneamiento pero, en estos últimos años, la concienciación social respecto a los temas medioambientales ha establecido nuevos objetivos en el uso de este recuro no convencional.

En el 2001 la Comunidad de Madrid estaba reutilizando entre 14 y 15 hm^3/año de los cuales, sin duda, el Ayuntamiento de Madrid es el que más volumen gestiona. La ciudad de Madrid espera reutilizar unos 21,7 hm^3/año para el 2008 en usos municipales y completar la red de distribución a este efecto. En tema de normativa la Comunidad de Madrid ha estado amparada por la Cuenca Hidrográfica del Tajo que ya en el 2000, incluyó en su cuerpo legislativo el tema de la reutilización. La Confederación fijó unos límites y recomendaciones basados en el borrador de Real Decreto de las calidades mínimas para la reutilización de aguas depuradas propuesto por el MMA en el 1999 para la práctica de esta actividad. Aún así, el Ayuntamiento de Madrid quiere llegar más allá y desarrollar un reglamento para la ejecución de obras y el uso de este tipo de instalaciones. Del Ayuntamiento, las dos plantas que en estos momentos están aportando casi la totalidad del volumen de agua reutilizada a la ciudad de Madrid son Viveros y La China, con una capacidad total de ambas de 0,2 hm^3/día y un caudal reutilizado de 4,53 hm^3/año.

La Comunidad de Madrid y el Canal de Isabel II están trabajando conjuntamente en la elaboración de un Plan de Reutilización. El Canal de Isabel II por su parte, tiene diferentes proyectos de reutilización en el territorio de la Comunidad de Madrid de los que se puede destacar los 0,63 hm^3/año destinados al parque temático situado en Ciempozuelos y el campo de golf de Fuente El Saz.

4) Zonas con reutilización incidental

El último escenario de la reutilización en España incluiría a aquellas zonas donde se reutiliza puntualmente con objeto de paliar una necesidad concreta sin que exista una planificación global de los recursos hídricos disponibles. Son los casos donde ni la comunidad autónoma ni el organismo de cuenca correspondiente, han incluido en su planificación la reutilización de los efluentes depurados. Es el ejemplo de Andalucía, donde se han establecido importantes actuaciones de reutilización en función de las necesidades de la actividad turística o agraria y la problemática del déficit hídrico u orografía de las zonas a tratar.

En materia de legislación, en el año 1995 la Consejería de Sanidad en Andalucía publicó unos criterios de evaluación de los proyectos de reutilización y pocos años más tarde se publicó un reglamento autonómico en el que se obligaba a los nuevos proyectos de campos de golf a contemplar la alternativa de regar con agua regenerada. Desde entonces no se ha avanzado más en este campo y se está a la espera de una reglamentación estatal incluso europea.

Las áreas más importantes en cuanto a actuaciones de reutilización en Andalucía se podrían dividir en:
- La Costa del Sol Occidental, donde se concentra una de las mayores infraestructuras turísticas de España con una amplia oferta al turismo asociado a los campos de golf.
- La Costa del Sol-Axarquía, donde los objetivos de la reutilización en usos como jardinería y agricultura entran dentro del Plan de Saneamiento integral para conseguir la depuración del 100% de las aguas y mejorar la calidad de las aguas de baño.
- El área correspondiente a la costa almeriense, donde la reutilización ha tenido sus éxitos, proyectos como el desarrollado por la Comunidad de Regantes de las Cuatro Vegas que están regenerando más de 6 hm^3/año para uso agrícola, y sus probables fracasos, como lo proyectado dentro del Plan de Depuración y Reutilización integral del año 1993 para la comarca "Campo de Dalías". En esta área se preveía la reutilización de más de 10 hm^3/año para el año 2002, al encontrarse la zona, en un proceso de degradación tanto de las costas, por la calidad de los vertidos urbanos emitidos, como de los acuíferos, por intrusión marina y agotamiento de los mismos, debido fundamentalmente, a la masiva agricultura invernadero desarrollada en la zona. En la actualidad, los tratamientos de regeneración, que incluyen membranas para poder tratar los efluentes secundarios con alta salinidad, están parados.

La Costa del Sol Occidental desde los años 90, ha ido desarrollando dentro del Plan de Saneamiento, Depuración y Reutilización de la zona, y en colaboración del MMA y la Confederación Hidrográfica del Sur, una serie de actuaciones con el objeto de depurar el 100% de las aguas residuales urbanas y tener una capacidad de reutilización de unos 20 hm^3/año. Desde entonces, ha sido la empresa pública ACOSOL, S.A. la que ha realizado un meritorio esfuerzo en la gestión de estos efluentes regenerados, para poder satisfacer una demanda que se estimaba para el 2002 en aproximadamente 11 hm^3/año proveniente de más de 30 campos de golf que estarían establecidos en la zona. Actualmente esta empresa está ampliando su capacidad de regeneración en las plantas de depuración que gestionan y suministra a 28 campos de golf un volumen de agua regenerada que está entre los 3 y 5 hm^3/año en función de la cuantía disponible en otros recursos hídricos existentes.

Con este panorama estatal, parece necesario plantearse al menos, las siguientes propuestas con objeto de establecer y fomentar el avance de este recurso que sin duda, es una herramienta más dentro de la gestión global de los recursos hídricos disponibles.

PROPUESTAS PARA EL AVANCE SOSTENIBLE DE LA REUTILIZACIÓN

Para el avance de la reutilización, no basta con tener un recurso o una financiación del mismo, hace falta generar un marco sólido donde se cumplan las exigencias que precisa una reutilización directa planificada. Algunas de estas necesidades están incluidas en las propuestas que se realizan a continuación.

1. Necesidad de integración de la reutilización en la planificación y gestión de los recursos hídricos

Las actuaciones de reutilización de aguas depuradas no deben contemplarse aisladamente y en función exclusiva del beneficio que pueda producir en el usuario. Las aguas regeneradas deben considerarse como un recurso no convencional cuya gestión debe integrase en una planificación integral de los recursos hídricos, que tenga en cuenta los aspectos económicos, sociales y medio ambientales.

Si bien la reutilización permite, como se ha dicho anteriormente, la mejora de la gestión de los recursos hídricos, y en los casos de vertidos de aguas residuales al mar, su incremento neto, su utilización abusiva puede provocar daños medioambientales. Este es el caso cuando en la actuación no se tiene en cuenta los caudales ecológicos necesarios para mantener los ecosistemas fluviales. Sin una planificación adecuada a todos los niveles, la extracción de los efluentes regenerados que antes vertían en los cauces pueden producir desecación aguas abajo y ser la causa de la degradación del medio hídrico.

La planificación debería hacerse a diferentes niveles: a nivel local, a nivel de Comunidad Autónoma, a nivel de Cuenca Hidrográfica y a nivel estatal.

Hay que señalar que en España la mayoría de las actuaciones de reutilización se han llevado de forma aislada y en muchos casos, sin cumplir con las mínimas exigencias que comporta la reutilización planificada. En los casos en que ha existido planificación, ésta se ha realizado principalmente a nivel local y en algún caso, a nivel de Comunidad Autónoma, casi siempre integrada como un apéndice de los planes de saneamiento y depuración.

Hay que hacer especial hincapié en la importancia de incluir la reutilización de los efluentes depurados en los Planes Hidrológicos de Cuenca, ámbito idóneo en donde analizar la viabilidad de las actuaciones concretas, en función de las demandas existentes, los recursos disponibles y las necesidades medioambientales. Desafortunadamente pocos Planes Hidrológicos han tenido en cuenta este factor, sólo los relativos a las Islas Canarias orientales (Gran Canaria, Lanzarote y Fuerteventura) y a las Islas Baleares, incluyen la reutilización en su planificación.

La planificación a nivel estatal, nunca se ha planteado de forma rigurosa. En el Plan Hidrológico Nacional, podrían plantearse las líneas estratégicas de la reutilización y los criterios generales para su impulso dentro de un marco de desarrollo sostenible. También a nivel estatal, deberían establecerse las condiciones básicas para la reutilización de las aguas, precisando la calidad exigible a las aguas depuradas según los diferentes usos previstos tal y

como ordena, en su capítulo III, Art.109, la Ley de Aguas. Un aspecto a debatir sería la conveniencia de establecer un Plan Nacional de Reutilización de las Aguas Depuradas, que potenciara esta actividad en el conjunto del estado, coordinando el esfuerzo inversor necesario y las condiciones propias para que se realice la reutilización.
A nivel de Comunidad Autónoma, las actuaciones de reutilización se han llevado a cabo, en general, en el marco de los Planes de Saneamiento y Depuración, utilizando fundamentalmente las ayudas de la Unión Europea. Estas actuaciones se hicieron sin unos estudios de demanda y viabilidad económica fiables, lo que ha ocasionado en algunos casos el desuso y consiguiente pérdida de las instalaciones realizadas. Estas situaciones desacreditan las buenas actuaciones de reutilización y visualizan la importancia que tiene la planificación en cualquier campo. Otro tanto cabe decir de las actuaciones llevadas a cabo por el MMA bajo el amparo del interés general o por convenio con las CCAA. Sólo en los años recientes se observa un cambio de actitud en distintas administraciones, que están desarrollando Planes de Reutilización específicos con metodologías aceptables.

Para poder realizar una buena planificación es necesario contar con un mínimo de información de referencia. El secretismo de la mayoría de las administraciones públicas evita el poder consensuar datos y saber realmente el desarrollo de los distintos escenarios existentes en España. El recopilar y evaluar esta información, que por el momento es escasa y fragmentada, es un trabajo necesario para poder potenciar esta actividad.

Hay que fortalecer la cultura de la transparencia y la libre información, aportar más medios para centralizar y evaluar datos, y contar con estudios e investigaciones suficientes para justificar correctamente las decisiones de lo que podría ser un proyecto de Reutilización Nacional. En este sentido el CEDEX, por encargo del MMA, está elaborando una base de datos sobre la reutilización de efluentes depurados en todo el territorio nacional con la pretensión de hacerla pública y ayudar así a la planificación de este recuso.

La reutilización de los efluentes depurados debe realizarse en aquellos lugares donde sea necesario hacerse, es decir, donde la existencia de demanda real, de efluente depurado, la viabilidad económica y la falta de alternativas medioambientales mejores lo permita.

Como resumen a este punto y preámbulo de los siguientes puntos a tratar en este documento, hay que poner de manifiesto que para que la planificación de la reutilización pueda ser considerada como tal, son necesarias al menos las exigencias que se esquematizan a continuación:

- Disponibilidad de efluentes depurados
- Realización de estudios de viabilidad técnico-económica, que deberían incluir:
  - Análisis de recursos y demandas
  - Análisis de riesgo
  - Estudio de posibles usuarios
  - Sustentabilidad económica de la reutilización. Análisis de coste-beneficio de los aspectos económicos, ambientales y sociales
  - Estudio de los impactos ambientales y sanitarios.
- Análisis de los impactos sociales y aceptación pública de la reutilización. Información a los ciudadanos de los proyectos de reutilización y participación de los agentes interesados en su desarrollo

- Adopción de instrumentos eficaces para eliminar o reducir a límites aceptables los riesgos sanitarios de la reutilización:
  - Normativas que definan la calidad del agua regenerada en función de los usos
  - Criterios de buenas prácticas
  - Sistemas de análisis de riesgos y de identificación y control de puntos críticos
- Selección de los tratamientos de regeneración adecuados, fiables y eficaces
- Estudio de los sistemas de transporte y regulación del agua regenerada
- Definición de los sistemas de gestión y explotación de los sistemas de reutilización en el contexto de la explotación de los sistemas de calidad y de control interno
- Establecimiento por parte de la Administración de los sistemas de control externo de la calidad de los efluentes regenerados
- Establecimiento de un sistema de financiación, tanto de los costes de implantación, como los de gestión y mantenimiento de las instalaciones, que permita la sustentabilidad a la reutilización.

2. Necesidad de impulso político y voluntad de coordinación entre administraciones

El desarrollo de la reutilización implica la existencia de procesos complejos en la toma de decisiones, en los que intervienen los intereses de diversos actores (administraciones, posibles usuarios, ciudadanos, etc.), por lo que su potenciación necesita de un fuerte impulso político, que hasta la fecha, salvo en honrosas excepciones, no se ha llevado a cabo. No es baladí que desde hace más de 10 años se lleva discutiendo un proyecto de normativa de carácter estatal para regular las condiciones de uso de los efluentes depurados, sin que ninguno de los sucesivos gobiernos, haya tenido la decisión política de aprobarlo. Este hecho ha dejado a las distintas administraciones implicadas en las actuaciones de reutilización indefensas a la hora de controlar y planificar este recurso. Al final, en las zonas donde la reutilización es una alternativa real, se está realizando al margen de otras administraciones implicadas y de forma aleatoria en función de los problemas hídricos de sus zonas. Este modo de operar está ocasionando incluso distorsiones en el mismo concepto de lo que es la reutilización.

El papel central asignado a la reutilización de efluentes depurados en la gestión de recursos hídricos, en el programa AGUA, elaborado por el MMA, podría ser un instrumento importante de impulso de la reutilización, siempre que la planificación de sus actividades se realizara en coordinación con el resto de administraciones e instituciones implicadas en este tema.

La descoordinación entre las actuaciones de las Administraciones implicadas constituye hoy uno de los aspectos limitantes en el desarrollo de la reutilización y fuente de muchos de sus conflictos y fracasos. Hay que tener en cuenta la distribución actual de competencias entre las distintas administraciones hidráulicas respecto a la reutilización:

- Los organismos de Cuenca son responsables de las concesiones o permisos administrativos, pero también las Consejerías de Sanidad de la CC.AA. deben realizar un informe preceptivo vinculante para el otorgamiento de dicha concesión
- La planificación y a veces su ejecución pueden realizarse a través de los Organismos de Cuenca, Comunidades Autónomas y la Administración Local
- La Administración Central del Estado tiene la obligación de establecer las condiciones básicas de la reutilización según los distintos usos
- La responsabilidad de la gestión y explotación de los sistemas de reutilización puede recaer en empresas dependientes de Comunidades Autónomas, entidades estatales, Ayuntamientos, Comunidades de Regantes, etc

- El control de la calidad de los efluentes regenerados corresponde a los organismos dependientes de Sanidad (en los aspectos sanitarios), a los de Agricultura (parámetros agronómicos) y a los Organismos de Cuenca (aspectos concesionales), etc.

Coordinar las actividades de planificación, gestión y control en manos de las diversas instituciones, así como unificar metodologías, normativas y directrices de buenas prácticas, debe constituir un objetivo prioritario enmarcado en una mejor gestión de la actuación administrativa.

Unificar metodologías de gestión, control, y planificación en este recurso es de vital importancia para conseguir una concienciación social y una minimización de los riesgos. Es por tanto necesario una propuesta seria en normativa y planificación de este recurso por parte de las administraciones competentes.

3. Establecimiento de un marco legislativo para la reutilización en España

La falta de una coordinación y normativa estatal ha motivado una dispersión de criterios que desmotiva el uso de las aguas depuradas. Por otra parte, al no contar con una normativa, las condiciones de los efluentes regenerados no están optimizadas según los usos.

En estos momentos existen algunas normativas de ámbito autonómico, como ya se ha descrito en la primera parte del presente escrito, y normativas dentro de confederaciones como en la del Tajo, donde se aprecia que la mayoría de ellas se basan en los límites establecidos en la revisión del borrador de Real Decreto de criterios mínimos para la reutilización de efluentes depurados propuesto por el MMA en el año 1999. Parece que aunque este borrador de R.D., no haya conseguido establecerse dentro del marco legislativo nacional, si ha conseguido ser la base y referencia de las directrices y normativas en otros niveles de la administración española. En la *Tabla 6* se resumen los parámetros tanto físicos como biológicos propuestos por diferentes normativas y para los usos más extendidos, tanto nacionales como internacionales, apreciándose la similitud que existe entre ellas. Esta tabla deja patente que en los diferentes escenarios descritos, parece que ha habido un consenso en los parámetros de calidad a adoptar, con sus consiguientes límites, basados todos ellos en la propuesta del MMA del año 1999.

Tabla 6. Comparación de criterios de calidad entre diferentes normativas (R. Iglesias, E. Ortega. CEDEX, 2004).

Usos	Parámetros	Propuesta MMA	C.H. Tajo	Cataluña	Baleares	OMS	EPA
Usos y servicios urbanos	Nemátodos, u/l	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1
	E. coli, ufc/100 ml	< 200	< 200	< 200	< 200	< 1.000	0
	SS, mg/l	< 20	< 25	< 20	< 30	-	-
Riego de campos de golf	DBO_5, mg/l	-	< 25	-	< 20	-	< 10
	Turbidez, NTU	< 10	-	< 5	< 5	-	< 2
	Cloro residual, mg/l	-	-	-	0.3	-	1
Riego de cultivos de consumo en crudo	Nemátodos, u/l	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1
	E. coli, ufc/100 ml	< 200	< 10	< 200	< 200	< 1.000	0
	SS, mg/l	< 20	< 20	< 20	< 45	-	-
	DBO_5, mg/l	-	< 20	-	< 30	-	< 10
	Turbidez, NTU	< 10	-	< 5	-	-	< 2
	Cloro residual, mg/l	-	-	-	-	-	1

Esta propuesta del MMA ha sido revisada en varias ocasiones desde su creación en 1996. En todas ellas, el CEDEX como colaborador técnico del Ministerio en la redacción de la misma, ha estado presente. En junio de 2005, junto al grupo de trabajo de reutilización de la Comisión V de la AEAS, (Asociación Española de Abastecimiento y Saneamiento) se han vuelto a poner sobre la mesa algunas modificaciones de la propuesta con la firme intención de que ésta sea en breve, la esperada normativa estatal. En la *Tabla 7* se muestran en cursiva los cambios y temas en debate con respecto al borrador anterior.

Las modificaciones del borrador de R.D. se presentaron y debatieron en unas jornadas organizadas por el MMA, sobre la actualización de los criterios de reutilización de agua residual tratada, en Madrid del 20 al 23 de Junio de 2005. Dentro de esta última revisión, se ha planteado lo siguiente:

- Cambio de entradas por usos a entradas por objetivos de calidad.
- Inclusión de tipo de frecuencias de control según la calidad.
- Permanencia de nematodos o no en vista al resultado del estudio que se está realizando de nematodos en la actualidad.
- Control de virus con relación a una turbiedad y a través de bacteriófagos o los bacteriófagos no como límites sino como una herramienta complementaria de seguimiento del proceso.
- Permanencia del límite de *Legionella spp.* por encontrarse en el R.D. 865/2003.
- Inclusión del control del fósforo total.
- Nuevos planteamientos sobre las sustancias potencialmente peligrosas en suelo.
- Frecuencias de análisis según calidad propuesta y exigencia más rigurosa en *E. coli,* donde se volvió a plantear la posibilidad de contabilizar este parámetro a través de sus envolventes como los coliformes fecales o los coliformes totales.

Esta propuesta de R.D. desde sus inicios, se ha basado más en los criterios establecidos por la OMS que los ofrecidos por la EPA y, en esta última revisión, se han incluido nuevos conceptos propuestos en los borradores de OMS y OMS/MEDPOL 2005 que por el momento no están publicados. Estos nuevos conceptos, deberían apoyarse en dos documentos más, un Manual de Buenas Prácticas (MBP), y unos criterios para la evaluación del riesgo de esta práctica.

En estos documentos se lleva trabajando en el marco de la AEAS desde hace varios años, y en estos momentos, entre otros trabajos, se ha firmado un convenio con distintas entidades para la elaboración de un MBP y un estudio de cuantificación e identificación de huevos de nematodos intestinales a nivel nacional. El objetivo de estos trabajos, junto otras investigaciones como la evaluación de tecnologías de regeneración, es examinar, en último término, las implicaciones sanitarias de la reutilización de los efluentes regenerados.

4. Instaurar metodologías fiables para la gestión del riesgo sanitario en las actuaciones de reutilización.

El agua urbana residual es medio transmisor de microorganismos patógenos y sustancias químicas tóxicas que le confieren unos riesgos sanitarios y medioambientales a la hora de su manejo.

En los estudios epidemiológicos realizados por la OMS, el empleo de aguas residuales en la agricultura implica un riesgo real de infección de patógenos como los nematodos y bacterias intestinales teniendo una menor influencia los virus o los protozoos.

Para controlar estos riesgos inherentes a la reutilización, la OMS propone la siguiente metodología cuyas fases son: evaluación del riesgo, definición del riesgo admisible, fijación de criterios de calidad con su correspondiente tratamiento, gestión del riesgo y evaluación de la eficacia del sistema de gestión del riesgo.

El riesgo en la reutilización de las agua residuales, viene dado sobre todo por la difusión de enfermedades de origen hídrico, lo cual implica casi a parte iguales, a las administraciones sanitarias y ambientales. Sin un procedimiento de actuación claro y coordinado por parte de estas dos autoridades, no se podrá asegurar un marco de confianza sanitario hacia el ciudadano.

Tabla 7. Criterios de calidad para la reutilización de efluentes depurados (AEAS, 2005).

Usos del agua residual regenerada		Calidad biológica		Calidad físico-química		Otros criterios	Frecuencia mínima de análisis
		Huevos de nematodos intestinales	*Escherichia coli* ufc/100 ml	Sólidos en suspensión mg/l	Turbidez NTU		
1. Usos urbanos	1.1.- **Residenciales**: Riego de jardines privados, descarga de aparatos sanitarios, sistemas de calefacción y refrigeración de aire domésticos, y lavado de vehículos	**< 1 /10 litros**	**0**	< 10	< 2	***Legionella* spp. < 1000 ufc/l (riesgo de aerosolización)** **Fagos**	**TIPO II**
	1.2.- Servicios urbanos: Riego de zonas verdes **urbanas** de acceso público (parques, campos deportivos); baldeo de calles; sistemas contra incendios; fuentes y láminas ornamentales	**< 1 /10 litros**	< 200	< 20	< 10	***Legionella* spp. < 1000 ufc/l (riesgo de aerosolización)**	**TIPO II**
2.- Usos agrícolas	2.1.- Cultivos de Invernadero. Riego de cultivos para consumo en crudo. Frutales regados por aspersión **Nota: en caso de riego localizado los criterios se adecuarán a lo establecido en el apartado 2.3**	**< 1 /10 litros**	< 200	< 20	< 10	***Legionella* spp. < 1000 ufc/l (riesgo de aerosolización)** **Fagos**	**TIPO III**
	2.2.- Riego de pastos para consumo de animales productores de leche o carne. Riego de cultivos destinados a industrias conserveras y productos que no se consuman crudos. Riego de frutales excepto por aspersión **Acuicultura** **Nota: en caso de riego localizado los criterios se adecuarán a lo establecido en el apartado 2.3**	**< 1 /10 litros**	< 1.000	< 35	No se fija límite	***Taenia saginata* y *Taenia solium* (cuando se rieguen pastos para consumo de animales productores de carne) < 1 huevo / l**	**TIPO III**
	2.3.- Riego de cultivos industriales, viveros, forrajes ensilados, cereales y semillas oleaginosas. **Cultivo de flores ornamentales**	**< 1 / litro**	< 10.000	< 35	No se fija límite	-	**TIPO IV**
3.- Usos industriales	Refrigeración industrial, excepto industria alimentaria	No se fija límite	< 10.000	< 35	**< 15**	***Legionella* spp. < 100 ufc/l**	**TIPO III**

Tabla 7. Criterios de calidad para la reutilización de efluentes depurados (continuación) (AEAS, 2005).

Usos del agua residual regenerada		Calidad biológica		Calidad físico-química		Otros criterios	Frecuencia mínima de análisis
		Huevos de nematodos intestinales	*Escherichia coli* ufc/100 ml	Sólidos en suspensión mg/l	Turbidez NTU		
4.- Usos ambientales y recreativos	**4.1.-Riego de campos de golf Nota: en caso de riego localizado los criterios se adecuarán a lo establecido en el apartado 2.3**	**< 1 /10 litros**	**< 200**	**< 20**	**< 10**	-	**TIPO II**
	4.2.- Estanques, masas de agua y caudales circulantes, de uso recreativo en los que está permitido el **acceso** del público al agua (excepto baño)	< 1 / litro	< 200	< 35	No se fija límite	**Fósforo total (en caso de masas de agua estancadas) < 2 mg/l**	**TIPO II**
	4.3.- Estanques, masas de agua y caudales circulantes ornamentales, en los que está impedido el acceso del público al agua.	No se fija límite	**< 10.000**	< 35	No se fija límite	**Fósforo total (en caso de masas de agua estancadas) < 2 mg/l**	**TIPO IV**
	4.4.- Riego de bosques, zonas verdes y de otro tipo no accesibles al público. **Silvicultura**	**No se fija límite**	No se fija límite	< 35	No se fija límite	-	**TIPO IV**
5.- Recarga de acuíferos	5.1.- Recarga de acuíferos por percolación localizada a través del terreno	**No se fija límite**	< 1.000	< 35	No se fija límite	Nitrógeno total < 35 mg/l	**TIPO II**
	5.2.- Recarga de acuíferos por inyección directa	< 1 /10 litros	0	< 10	< 2	Nitrógeno total < 15 mg/l **Fagos**	**TIPO I**

Respecto a las técnicas de regeneración, se empiezan a resolver algunas incógnitas sobre la fiabilidad y control que proporcionan estos sistemas en la eliminación de organismos patógenos. Aún no siendo necesaria en algunos usos la eliminación total de patógenos, existe una tendencia a conseguir dicha eliminación independientemente del uso. Hay que trabajar intensamente para poder ofrecer un binomio razonable entre el riesgo asumible y la tecnología disponible que es necesario utilizar.

El riesgo está vinculado al contacto de los organismos patógenos con los huéspedes, por lo que se hace necesario un Manual de Buenas Prácticas que reduzca este contacto. Las características de la gestión del riesgo deberían estar basadas entonces, en una reducción del contacto, control de los puntos de riesgo en el sistema global, unos sistemas de muestreo y control y una evaluación de datos para poder retroalimentar la fiabilidad de los sistemas de regeneración. Todo este proceso de gestión del riesgo, lleva a los sistemas de regeneración a tener que comportarse como un proceso industrial, donde asegurar la calidad del producto es el objetivo final. Esta gestión en las industrias se está consiguiendo a través de normas de buena manufactura o por sistemas de análisis de riesgos e identificación y control de puntos críticos (HACCP) y parece que esta metodología va a ser la que se imponga para los sistemas de regeneración.

Dado que los equipos empleados para la regeneración de efluentes depurados no están exentos de fallos, es necesario establecer unas pautas de funcionamiento y unos puntos de control que permitan conocer la calidad del efluente en todo momento y actuar de forma inmediata sobre el sistema. Es conveniente, por lo tanto, incrementar los estudios en este campo.
En este tipo de sistemas de reutilización deberían estar definidos y consensuados al menos, las técnicas analíticas, puntos y frecuencias de muestreo del sistema de regeneración y sus sistemas auxiliares como almacenaje y distribución, sistemas de predicción y gestión de errores y los procedimientos de alerta para minimizar el impacto de los posibles fallos.

En definitiva, cualesquiera que sean los instrumentos a establecer para la gestión de riesgo, éstos deben servir para establecer una marco de confianza hacia el consumidor de este recurso.

5. Establecer como objetivo la aceptación social de la reutilización, potenciando la información y participación ciudadana

Sin el apoyo de la sociedad, la reutilización será un recurso marginal y secreto dentro del debate entre las administraciones concesionarias y los usuarios del mismo, normalmente agricultores.

Si se quiere potenciar realmente este recurso, es necesaria la participación y aceptación social. Hay que difundir los beneficios y los riesgos de esta práctica de manera que la sociedad decida si les compensa o no contar con ella.

La concienciación social es una ardua tarea que no hay que despreciar. Seguramente que si se pregunta a un conjunto de personas, sin una información previa, sobre lo que piensa del uso del agua depurada regenerada, el 50 % de ésta será reticente a su uso. Para hacer frente a esta realidad, hay que dejar claro para que usos se va a destinar este agua regenerada y las posibilidades de control y riesgo que existen.

El informar a la sociedad de los posibles proyectos de reutilización, implica a la misma, generando una participación que mejora indiscutiblemente los proyectos a realizar. No sería la primera vez que los proyectos a realizar o construidos no han cumplido su fin por falta de apoyo social.

Para que exista este apoyo social es necesario entre otras actividades informar a través de medios de comunicación como la televisión o la prensa y realizar programas de educación desde las escuelas sobre la importancia de estos temas.

Hay que informar y no convencer, y sobre todo, hacer partícipes en el proceso de planificación a los ciudadanos en general y en particular, a los grupos que más presión social pueden ejercer en estos temas como son los usuarios, ecologistas, investigadores, planificadores de otros recursos hídricos y demandantes del agua regenerada.

6. Desarrollo de una nueva cultura de la gestión de las infraestructuras de reutilización

La reutilización de aguas depuradas en España precisa en estos momentos de una cierta redefinición para poder ser acogida de forma uniforme y sin confusiones tanto por las supuestas administraciones gestoras como por la sociedad. Hay que definir qué es y para qué

sirve esta práctica, sus objetivos, ventajas e inconvenientes, para poder generar así una plataforma sólida de discusión o simplemente saber de qué estamos hablando, ya que actualmente, existen diferentes interpretaciones de esta actividad.

En lo relativo a la Gestión de la reutilización, en principio parece lógico que se apoye en las estructuras de gestión que ya se han desarrollado para la Gestión del Saneamiento y la Depuración en España. La gestión del Saneamiento corresponde a los entes locales, los cuales pueden llevarla a cabo bien directamente o bien a través de una empresa gestora contratada al efecto. En algunos casos esta gestión es desempeñada directamente por un organismo creado por la Administración regional o autonómica que se hace cargo, mediante una subrogación de competencias, de la gestión del citado servicio.

La gestión de la reutilización a nivel local parece lógica dentro del marco de gestión de la depuración, ya que ésta le proporciona su materia prima y es esencial tanto para la cantidad como para la calidad del proceso posterior de regeneración. Esta situación, no debe confundir a este recurso con el aprovechamiento de un vertido, ya que si se quiere promocionar estas prácticas , el concepto de la reutilización debería aparecer como un recurso similar al de abastecimiento y por lo tanto, parejo en metodología de gestión, teniendo solamente en cuenta que el agua regenerada se destina a otros usos distintos al de consumo humano.

El hecho de que la reutilización conlleve riesgos potenciales, no debe generar un rechazo si se realiza con un control riguroso y una visión correcta. Si el agua regenerada se gestionara como suministro, con cánones del abastecimiento sobradamente conocidos e instaurados, y no como subproducto de la depuración, ayudaría a paliar los miedos referentes a la sanidad pública. Hay que diferenciar, por tanto, entre la depuración y la regeneración, e incluir esta última, en áreas que se preocupan por la producción y gestión de los recursos hídricos.

Esta nueva cultura de gestión de la reutilización de efluentes regenerados incentiva a establecer controles e instrumentos más rigurosos que los señalados para la depuración lo que exige laboratorios homologados en las propias instalaciones y personal cualificado. Esta filosofía de gestión abriría una nueva puerta de negociación más favorable con las entidades sanitarias responsables más reticentes.

7. Establecer sistemas de financiación que permitan la viabilidad de la reutilización

El coste del agua regenerada, teniendo en cuenta en su caso posibles subvenciones por criterios objetivos de la Administración, debe repercutir única y exclusivamente sobre el usuario, abandonándose la práctica de incluirlo en el coste del agua depurada.

Se hace necesario por tanto unos planes de reutilización que incluyan los costes de las instalaciones y la forma de financiación de todo sus conceptos.

Este punto es sin duda uno de los más comprometidos a la hora de establecer un programa para el avance de la reutilización en nuestro país. El concepto del beneficio económico es necesario para encajar esta actividad en los actuales canales económicos, pero la valoración del impacto sobre el medioambiente o la sociedad de cualquier actividad, es un tema a solventar.

Conceptos como el que está desarrollando la Agencia Catalana del Agua (ACA) con el Canon de disponibilidad, puede facilitar la sustitución de recursos convencionales por agua

regenerada al proporcionar un precio más competitivo en función al bien común generado en el cambio.

8. Desarrollar un programa de Investigación, Desarrollo y Experimentación (I+D+I), cuyos objetivos sean la reducción del riesgo sanitario y la mejora de la eficiencia de los sistemas de regeneración.

La evolución de las normas para acotar los riesgos de la reutilización de efluentes depurados, han impulsado algunos estudios e investigaciones como los mejores indicadores de bacterias y virus, desarrollo de técnicas de determinación de protozoos, posible implantación de determinaciones de toxicidad o el mejor empleo de técnicas analíticas para evaluar la desinfección.

Es necesario desarrollar y destinar más fondos a estudios sobre la salud y el impacto medioambiental de la reutilización para poder evaluar con criterio la gestión de este recurso.

El análisis de la eficiencia, eficacia y fiabilidad de las diferentes tecnologías de regeneración con respecto al cumplimiento de unos límites de calidad establecidos es esencial para el cumplir con garantías una cierta normativa.

El Grupo de Trabajo de tecnologías de la AEAS, coordinado por el CEDEX , espera publicar a finales de este año, unos documentos en el marco de esta asociación con los posibles rendimientos y costes, en unas condiciones de trabajo reales y de la mayoría de las tecnologías de regeneración instaladas en España. Este trabajo ha desencadenado la necesidad de investigar en nuevas tecnologías de regeneración mas eficientes para poder entre otros fines, abaratar unos costes que aparentemente son elevados.

La creación de un Plan de Desarrollo Tecnológico para la Reutilización de Efluentes Depurados que coordinara las distintas administraciones con competencias en este tema, canalizaría los esfuerzos individuales de muchas instituciones tanto públicas como privadas y daría el ámbito de conocimiento necesario para el avance de la regeneración y reutilización de los efluentes depurados en España.

CONCLUSIONES

La reutilización en España precisa de una reorientación adecuada que le permita ser una herramienta más en la gestión global y sostenible de los recursos hídricos en España.

Su campo de acción reúne una compleja red de puntos de vista e intereses que enfrenta por una parte a las administraciones responsables, explotadores y gestores y por otra, a los usuarios, científicos, economistas e interesados de toda índole, que la apoyan o la rechazan según las circunstancias locales. Parece claro que la gestión última está en lo local, pero sin un consenso y modelo mínimo de actuación general, no existirá un verdadero avance en este campo.

Establecer una normativa y control a todos los niveles y planificar adecuadamente la reutilización, desde lo Estatal hasta la propia actuación de regeneración, tomar las decisiones en base a unos estudios, experiencias e investigaciones, y crear los instrumentos de financiación necesarios como un Plan Nacional de Reutilización y Tecnológico, crearía un panorama favorable para el establecimiento de este recurso no convencional.

AGRADECIMIENTOS

Esta exposición es fruto del trabajo realizado durante años por el Servicio de Tratamiento y Depuración de Aguas del Centro de Estudios Hidrográficos del CEDEX (Centro de Estudios y Experimentación de Obras Públicas). En particular agradecer a D. Genaro Batanero (CEDEX) y D. Enrique Ortega (CEDEX) su colaboración en el presente escrito.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Catalinas P. y Ortega E. (2002) *La reutilización de los efluentes en el marco de una gestión sostenible del agua.* Ingeniería Civil nº 128/2002.

CEDEX (2004). *XXII curso sobre tratamiento de aguas residuales y explotación de estaciones depuradoras.* Temas 31, 32 y 33. Tomo II.

Ministerio de Medio Ambiente (2000). *Libro Blanco del Agua en España.* Secretaria de Estado de Aguas y Costas junto a la Dirección General de Obras Hidráulicas y calidad de las Aguas del MMA.

Ministerio de Medio Ambiente (2005). *Jornadas sobre la actualización de los criterios de la reutilización de agua residual tratada.* Madrid del 20 al 23 de Junio de 2005.

Ortega E., Batanero G. e Iglesias R. (2005) *La situación de la Reutilización de las Aguas Residuales Depuradas en España. Problemas Actuales y Perspectivas Futuras.* Jornadas organizadas por el MMA sobre la actualización de los criterios de la reutilización de agua residual tratada, Madrid del 20 al 23 de Junio de 2005

USEPA (2004) *Guidelines for Water Reuse.* EPA/625/R-04/108, September 2004.

WHO (2005). *Guidelines for the safe use of wastewater in agriculture.* Draft. World Health Organization, Geneva.

Jornades Tècniques: La integració de l'aigua regenerada en la gestió dels recursos
Jornadas Técnicas: La integración del agua regenerada en la gestión de los recursos
Technical Workshop: The integration of reclaimed water in water resource management
Lloret de Mar, Costa Brava, Girona, Octubre 2005

EVALUACIÓN TÉCNICA Y ECONÓMICA DE LAS TECNOLOGÍAS DE REGENERACIÓN DE AGUAS

Philippe Rougé

Aguas de Barcelona – SOREA
Director departamento depuración.
Torre AGBAR
Avenida Diagonal 211
08018 Barcelona.
E-mail: prouge@agbar.net

RESUMEN

Este documento pretende dar al lector una serie de criterios para el diseño de planta de tratamiento terciario. Evalúa los datos de partida, objetivos de calidad y los rendimientos de cada operación unitaria que esta a la disposición del proyectista para realizar una Planta de Tratamiento Terciario (PTT) de aguas depuradas. También permite situar económicamente cada proyecto facilitando el OPEX y el CAPEX de cada proceso que compone una PTT. Estos datos que permiten esta evaluación técnica y económica se han obtenido basándose en plantas reales operadas por diversas empresas del grupo AGBAR.

Palabras clave: reutilización, costes inversión, costes operación, plantas de tratamiento terciario, agua regenerada.

SUMARIO

1. Definición de los objetivos de tratamiento de una Planta de Tratamiento Terciario (PTT):
   1.1. El punto de partida: Calidad del agua disponible
   1.2. Los objetivos de calidad del agua tratada en función de los usos posteriores y de la modalidad de utilización de este recurso alternativo

2. El proyecto de una PTT:
   2.1. Las tecnologías disponibles
   2.2. La ubicación de las instalaciones
   2.3. La combinación de operaciones unitarias (línea de tratamiento)
   2.4. Los costes de implantación

3. La operación de una PTT:
   3.1. El control de puntos críticos - El riesgo sanitario
   3.2. Los costes y riesgos económicos asociados

4. La distribución de agua regenerada:
   4.1. Las medidas de seguridad a adoptar
   4.2. Las garantías de continuidad del suministro

INTRODUCCIÓN

El objetivo del presente trabajo consiste en analizar los criterios de diseño de una planta de tratamiento terciario de aguas residuales tratadas convencionalmente. Estos criterios se han obtenido basándose en un análisis técnico económico de las operaciones unitarias que componen plantas de tratamiento terciario proyectadas y construidas u simplemente operadas por empresas vinculadas al grupo AGBAR

Como preámbulo, queremos definir el alcance de los proyectos de reutilización de aguas depuradas que analizaremos en este documento. Partiremos de proyectos de tratamiento terciario de aguas residuales urbanas o mixtas (urbanas e industriales mezcladas) tratadas, obtenidas después de un tratamiento secundario y que tienen una calidad que cumple con Directiva CEE/271/91. Sin embargo, debido a su relevancia, expondremos un caso practico de tratamiento avanzado de aguas industriales procedentes del sector de curtido por su complejidad y por las innovaciones tecnológicas que comporta.

A nuestro modo de ver, la reutilización permite mejorar la calidad de los recursos de aguas continentales al permitir la utilización de un agua de calidad suficiente para aplicaciones que no requieren una calidad superior a la necesaria, preservando asimismo los recursos naturales. De hecho el agua regenerada solo puede ser considerada y contabilizada como un recurso alternativo cuando resta de los caudales naturales que se vierten al mar.

En el momento de realizar un proyecto de reutilización, el proyectista tiene que integrar los aspectos principales siguientes:

- La calidad del agua de partida y su origen (urbana, industrial, mixta)
- La calidad del agua tratada y especialmente sus condiciones sanitarias su composición química y régimen de producción
- Las garantías de suministro, almacenamiento y distribución
- Las modalidades de aplicación y utilización del agua regenerada

DEFINICIÓN DE LOS OBJETIVOS DE TRATAMIENTO DE UNA PLANTA DE TRATAMIENTO TERCIARIO (PTT)

El punto de partida: Calidad del agua disponible

Partiendo de un agua procedente de una planta de tratamiento de aguas residuales convencional se ha de exigir como mínimo respetar las condiciones de vertido de la directiva CEE/271/91 o lo que en cada caso aplique siempre y cuando estas condiciones sean más restrictivas. Esta directiva prevé vertido a cauce publico y la calidad de vertido solo es relativa a parámetros de contaminación globales tales como:

- MES
- Materia Orgánica (DBO5, DQO)
- Nutrientes (nitrógeno y fósforo) sólo cuando sea de aplicación por categoría del punto de vertido (sensible)

Esta calidad del agua para vertido a cauce publico no prevé otros criterios directamente relacionados con las necesidades del destino final de esta agua en caso de ser reutilizada como por ejemplo:

- Contenido en microorganismos patógenos, virus, parásitos, ...
- Contenidos en sales
- Contenidos en elementos contaminantes específicos que pueden invalidar el uso de esta agua para aplicaciones concretas (boro con regadío de cítricos)

El contenido en estos elementos contaminantes permitirá definir mas adelante las operaciones unitarias necesarias para la eliminación de los mismos.

Unos de los puntos a analizar antes de realizar un proyecto de Planta de Tratamiento Terciario (PTT) es necesario evaluar la fiabilidad de las instalaciones de tratamiento secundario que produce las aguas motivo del posterior tratamiento. Esta evaluación ha de permitir valorar la necesidad de prever de dotar estas instalaciones de tratamiento terciario de las seguridades oportunas. El éxito del tratamiento terciario depende del funcionamiento del tratamiento secundario previo.

Otro de los aspectos a tener en cuenta es el perfil de los caudales disponibles ya que condiciona el dimensionamiento de las plantas de tratamiento terciario y también permite evaluar las necesidades de una regulación de caudales antes o después de las plantas de tratamiento terciario para integrar las variaciones de cantidad de agua disponible en intervalos cortos (diurno/nocturno) o largos (variaciones de la demanda estacionales)

Los objetivos de calidad del agua tratada en función de los usos posteriores y de la modalidad de utilización de este recurso alternativo

La calidad del agua regenerada es función de los posteriores usos que se pretende dar a este recurso. No hay legislación que regule esta calidad de agua en función de su posterior uso pero existen guías practicas como por ejemplo la del CEDEX y la de la ACA. A título de ejemplo en la Tabla 1 se presentan los criterios de calidad del agua regenerada en función de los usos adoptados por la ACA.

La gran diversidad de casos de aplicación de agua regenerada fomenta la necesidad de utilizar reglas generales y de sentido común en la utilización de esta agua regenerada como por ejemplo manuales de buenas practicas con el objetivo de proteger las personas que operan plantas de tratamiento terciario y los utilizadores de este recurso alternativo así como los consumidores finales de productos obtenidos a partir de agua regenerada.

Tabla 1. Criterios de calidad del agua regenerada adoptados por la ACA en función de los usos.

A		
	Recarga de acuíferos por inyección	Se inyecta agua directament en el acuífero o a través de los pozos de carga
	Recarga de acuíferos por percolación	La recarga se realiza filtrando el agua a través del terreno
B		
	Usos/Servicios urbanos	Riego de zonas verdes Riego de campos de golf Limpieza de calles
	Cultivos de invernadero	Uso agrícola en invernaderos y cultivos intensivos
	Cultivos de consumo en crudo Otros cultivos por aspersión	Riego de cultivos que se consumen en crudo y otros cultivos regados por aspersión
	Masas de agua de acceso público (no apto baño)	Masas de agua en lugares donde el acceso del público no está restringido pero en los cuales está prohibido el baño (Estany de la Ciutadella, Lago de Puigcerdà, etc.)
C		
	Pastos animales de leche / carne	Riego de prados y pastos para animales productores de leche o de carne
	Cultivos de conserva Cultivos de consumo no crudo Frutales no aspersión	Riego de cultivos que son procesados antes de su consumo (legumbres, verduras) y frutales no regados por aspersión
	Acuicultura	Uso del agua en acuicultura, excepto los moluscos filtradores
	Masas de agua de acceso no público	Masas de agua donde el acceso al público está restringido (balsas, depósitos anti-incendios)
D		
	Cultivos industriales Forrajes ensilados Cereales Oleaginosas	Riego de cultivos industriales (cáñamo, algodón) Forrajes ensilados (maíz) Cereales (trigo, cebada) Plantas oleaginosas (soja, girasol)
	Refrigeración industria no alimentaria	Agua de refrigeración industrial, salvo industrias alimentarias
E		
	Bosques Zonas verdes no públicas	Riego de bosques y zonas verdes donde el acceso al público está restringido (medianas autopistas)

EL PROYECTO DE UNA PLANTA DE TRATAMIENTO TERCIARIO (PTT)

Las tecnologías disponibles

Las tecnologías disponibles son de 2 tipo en función de si sólo es preciso una desinfección del agua o bien si además es necesaria una desalobración de las aguas a tratar dentro de una planta de tratamiento terciario.

Tratamientos de desinfección

Los tratamientos de desinfección son los siguientes:

- La desinfección con cloro
- La desinfección con UV
- Las otras tipologías de tratamientos de desinfección (desinfección con otros reactivos químicos que no sean el cloro o sus derivados (Bromo, ácido peracetico, ozono, pH alto o bajo, etc...), desinfección con tratamientos de membranas, etc...
- La desinfección mediante tratamientos extensivos (lagunaje, infiltración percolación, ...)

Estos tratamientos de desinfección a la excepción de los tratamientos extensivos precisan en general un pre-tratamiento del agua con el fin de eliminar al máximo posible la Materia en Suspensión (MeS) y la materia orgánica asociada. Estos pre-tratamientos consisten generalmente en una sola o una combinación de las operaciones unitarias siguientes:

- Tratamientos físico químicos de coagulación, floculación y decantación y/o filtración
- Filtración
- Utilización de técnicas de membranas asociadas o no al tratamiento biológico (situado después de un tratamiento secundario o formando parte del tratamiento secundario como en el caso de un Bio Reactor de Membranas -BRM-)

Tratamiento de desalación o desalobración

Para llegar a este nivel de calidad del agua regenerada es necesaria la utilización de técnicas de membranas. Estos tratamientos se realizan con el objetivo de reducir la conductividad del agua a reutilizar y se pueden utilizar para el tratamiento parcial o completo del agua a obtener según la tecnología utilizada.

Estas tecnologías de tratamiento con membranas son:

- La Osmosis Inversa (OI)
- La Electro Diálisis Reversible (EDR)
- La Nano Filtración (NF)

Estas tecnologías permiten también la desinfección del agua tratada a la excepción de la EDR que tiene un efecto casi nulo sobre los microorganismos patógenos. La utilización de estas tecnologías precisa imperativamente la utilización de pre-tratamientos muy efectivos como por ejemplo de microfiltración o de ultrafiltración. Previamente a la microfiltración o a la ultrafiltración, a su vez se han de implementar tratamientos de filtración eficaces para evitar la colmatación de las membranas. Estos últimos pre-tratamientos son de tipo de tratamientos físico químicos de coagulación, floculación y decantación y/o filtración. En el caso de la EDR estos pretratamientos pueden ser de menor calidad que los necesarios para la OI o la NF. La turbidez del agua que entra a esta última operación unitaria puede ser inferior a 5 NTU. Sin embargo, en general el rango de aplicación de la EDR corresponde a aguas cuya conductividad no supere los 4.000 – 5.000 micro S/cm. El agua a tratar en la EDR ha de ser completamente libre de hierro y de aluminio lo que condiciona la utilización y la operación de tratamientos físico-químicos previos.

Conclusiones

Las conclusiones basadas en nuestra experiencia son las siguientes:

Si sólo se necesita desinfección: En caso de plantas de tratamiento terciario de pequeño tamaño (menos de 2.000 m3/d aprox.) los tratamientos extensivos y especialmente la infiltración percolación son los más adecuados. El problema de esta tecnología viene del espacio que ocupa ya que sólo permite tratar entre 0.3 y 0.8 m^3/m^2/dia. También se ha de mencionar el riesgo que plantea este tipo de instalaciones en el futuro ya que no existen de momento datos históricos del comportamiento de estos filtros a suficiente largo plazo como para predecir el momento de sustitución o de rehabilitación del media filtrante. Las ventajas de esta tecnología proceden de la ausencia de utilización de reactivos químicos y por tanto de

la ausencia de formación de productos indeseables como aquellos procedentes de la combinación del cloro con materia orgánica etc. También el coste de operación es mínimo.

En caso de plantas de tratamiento terciario de tamaño ya relevante (mas de 2.000 m^3/d aprox.), se imponen los tratamientos intensivos de tipo físico-químico de coagulación, floculación y decantación y/o filtración. Lo mejores resultados de calidad obtenidos son utilizando PAC como coagulante (10-20 ppm), polielectrolito aniónico como floculante, decantación lamelar y finalmente filtración sobre filtros de arena de limpieza continua para un afino y una seguridad. Cabe reseñar que los rendimientos de filtros de arena cerrados que funcionan a velocidades más rápidas son inferiores a filtros lentos especialmente en este tipo de aplicación. Con respecto a la desinfección, en este tipo de instalación de tamaño relativamente grande, el cloro o derivados combinado con una desinfección final con radiación UV permite obtener una calidad de desinfección suficiente para la gran mayoría de las aplicaciones posteriores. Las tecnologías de membranas destinadas solamente a la desinfección de agua terciaria son de momento poco utilizadas por su elevado precio pero sin embargo están apareciendo últimamente en el campo de la depuración mediante los BRM combinando el tratamiento secundario de una EDAR convencional un tratamiento avanzado de desinfección.

Si se necesita desalación: En el caso de desear obtener un agua de alta calidad reduciendo su contenido en sales, sólo se pueden utilizar los tratamientos de membranas prestando especial atención a los pre-tratamientos a aplicar. La selección de esta tecnología de membrana ha de tener en cuenta la tipología y concentración de sales a eliminar del agua a tratar. Las experiencias que tenemos en el grupo AGBAR utilizan en su gran mayoría la OI como tecnología de desalación por su adaptabilidad a todo tipo de aguas a tratar y la calidad del resultado obtenido. Las experiencias en plantas piloto con tecnología de Nano Filtración no han sido concluyentes con las aguas con las que se ha intentado trabajar, probablemente por la elevada concentración de su contenido en sales monovalentes. En lo que se refiere a la Electro Diálisis Reversible, su utilización es de momento poco recomendable en caso de aguas con conductividad superior a 4.000 – 5.000 micro S/cm, aunque las instalaciones industriales tengan una tasa de recuperación de agua aparentemente superior a las plantas de RO. (85% en ves de 75%). También cabe reseñar que las instalaciones de EDR no ofrecen la flexibilidad que ofrece la OI en lo que se refiere a al reposición de membranas al ser difícil el cambio de marcas o de tipos de membranas.

En regla general no se puede predecir con exactitud como se van a comportar en la realidad cada una de las operaciones unitarias que se han descrito anteriormente ya que este funcionamiento futuro depende en gran parte de la calidad del agua a la salida del tratamiento secundario. ¡El mejor tratamiento terciario es un buen tratamiento secundario!

La ubicación de las instalaciones

Generalmente los tratamientos terciarios generan uno subproductos resultantes de la concentración de los elementos contaminantes que han sido retirados del agua. Se trata de los fangos procedentes de la purga de decantadores terciarios, de aguas de limpieza de filtros, de rechazos o concentrados de tecnologías de membranas. Unas de las tecnologías mencionadas anteriormente que no produce subproductos separados del agua tratada son la simple cloración por ejemplo o la filtración de tipo Infiltración-Percolación.

Estos subproductos separados del agua y generados por la PTT se encuentran bajo forma liquida y son de dos tipos: aguas fangosas y concentrados de sales. En caso de las aguas

fangosas, se puede fácilmente implementar una línea de fangos tradicional para concentrar esta contaminación. Sin embargo este ejercicio no es tan simple cuando se trata de salmueras.

Todo lo anterior motiva instalar la PTT cerca de la EDAR con el fin de poder retornar los subproductos generados a al entrada o a al salida de la EDAR. Los colectores de agua fangosa pueden ser conectados a la entrada de al EDAR y las salmueras a al salida de esta ultima instalación.

También es importante que el gestor de la PTT sea idéntico al operador de la EDAR. Ello permite que en caso de cualquier anomalía en el funcionamiento de la EDAR sea detectada con la máxima antelación y no afecte al funcionamiento de la PTT teniendo un único responsable para la operación de ambas instalaciones. Esta proximidad a nivel de ubicación de planta permite compartir recursos materiales y humanos lo que permite proporcionar un servicio de operación de mejor calidad.

La combinación de operaciones unitarias (línea de tratamiento)

Para desinfección en plantas de tamaño pequeño (menos de 2.000 m^3/día):

Se recomienda la implementación de las operaciones unitarias siguientes:

- Laminación de caudal
- Infiltración Percolación
- Desinfección con UV y/o cloro
- Almacenamiento previo a distribución

Para desinfección en plantas de tamaño relevante (mas de 2.000 m^3/dia):

Se recomienda la implementación de las operaciones unitarias siguientes:

- Laminación de caudal
- Coagulación floculación
- Decantación
- Filtración lenta
- Desinfección con UV y/o cloro
- Almacenamiento previo a distribución

Para desalación:

Se recomienda la implementación de las operaciones unitarias siguientes:

- Laminación de caudal
- Coagulación floculación
- Decantación
- Filtración lenta
- Micro filtración o ultrafiltración
- Nanofiltración, Electrodialisis Reversible o Osmosis Inversa
- Desinfección cloro
- Almacenamiento previo a distribución

Los costes de implantación

Los costes de inversión en plantas de tratamientos terciarios son muy variables en función del objetivo perseguido, del tamaño y tipo de la planta de tratamiento y de la calidad del agua de la cual partimos.

Para avanzar unos ordenes de magnitud citaremos los ejemplos siguientes:

- Plantas de infiltración-percolación con desinfección final UV situada después de un tratamiento secundario convencional (capacidad de tratamiento del orden de 2.000 m^3/día): 200 €/m^3.d-1

- Plantas de tratamiento físico químico de coagulación, floculación, decantación, filtración y desinfección cloro y UV situada después de un tratamiento secundario convencional (capacidad de tratamiento del orden de 10.000 m^3/día): 200 €/m^3.d-1

- Plantas de tratamiento físico químico de coagulación, floculación, decantación, filtración y desinfección cloro y UV situada después de un tratamiento secundario convencional (capacidad de tratamiento del orden de 1.000 m^3/día): 400 €/m^3.d-1

- Plantas de tratamiento de microfiltración y osmosis inversa situada después de un tratamiento secundario convencional seguido de un tratamiento físico químico con filtración (capacidad de tratamiento del orden de 2.000 m^3/día y conductividad de 4.000 micro S/cm): 1.000 €/m^3.d-1

- Plantas de tratamiento de osmosis inversa situada después de un BRM (capacidad de tratamiento del orden de 5.000 m^3/día y conductividad de 15.000 micro S/cm): 200 €/m^3.d-1

LA OPERACIÓN DE UNA PTT

El control de puntos críticos - El riesgo sanitario

La salinidad es fácil de controlar con sensores "on line". La calidad bacteriológica no es tan obvia ya que de momento no existen sensores "on line". Los puntos de control han de permitir evitar accidentes de calidad en todos los elementos de producción. Estos puntos son principalmente los que definen la calidad del agua a tratar, la salida de cada una de las operaciones unitarias que componen la PTT y el punto final de entrega del agua a la red de distribución o al almacenamiento. Se ha de prestar especial atención a la calidad del agua en el punto de aplicación ya que su característica ha podido cambiar, especialmente después de haber pasado por almacenamientos de larga duración. La materia orgánica aun contenida en el agua regenerada puede favorecer fenómenos de reminiscencia o reaparición de microorganismos patógenos.

Cabe reseñar la importancia del origen del agua depurada y especialmente de la existencia de determinadas actividades industriales que vierten a la red de alcantarillado.

Existe una analogía entre una PTT y una ETAP. Las tecnologías utilizadas en ambas tipología de plantas de tratamiento se parecen mas entre ellas que no a las tecnologías convencionales de depuración de aguas residuales urbanas. Además los riesgos sanitarios asociados son la principal preocupación en ambas actividades. El funcionamiento continuo de los procesos es generalmente el modo de operación utilizado en ambas tipología de plantas.

Por motivo de facilidad de explotación es recomendable dosificar cloro en la entrada de la mayoría de las operaciones unitarias de una PTT a la excepción de a la entrada de tecnologías de membranas por el daño que este reactivo puede ocasionar en caso de no dosificarse de forma no controlada. Este ultimo reactivo permite evitar el desarrollo incontrolado de algas y de biofilms en las superficies en contacto con el agua y las correspondientes operaciones de mantenimiento y limpiezas que generan.

Los costes y riesgos económicos asociados

Los costes de gestión de PTT se desglosan entre costes fijos y variables. Estos últimos son proporcionales al agua tratada en estas instalaciones.

Costes fijos:

Estos costes son en regla general los siguientes:

- Costes de personal de operación y mantenimiento
- Costes de mantenimiento electromecánico
- Costes varios de seguimiento y control, seguridad y salud y administrativos en general

En general, el impacto de estos costes depende de la posibilidad de compartirlos con los de una EDAR colindante. Esta regla recobra su máxima importancia en el capitulo de los costes de personal.

Los costes anuales de mantenimiento electromecánico ascienden a una cantidad del orden del 1% al 2% del montante de la inversión en equipos de la instalación, sin contar la reposición de equipos para la cual se ha de prever un fondo de amortización técnica del orden del 10% del montante de la inversión en equipos de la instalación anualmente. Estos costes de mantenimiento tampoco contemplan la reposición de membranas en caso de instalaciones que utilizan esta tecnología ya que este tema tendrá que ser tratado en un capitulo a parte.

Los costes varios se han de evaluar caso por caso.

Costes variables:

Estos costes son en regla general los siguientes:

- Costes relativos al consumo de energía eléctrica
- Costes relativos al consumo de reactivos químicos
- Costes relativos a la reposición de membranas
- Costes de tratamiento y evacuación de subproductos generados en caso de no ser evacuados a través de la EDAR colindante

Los costes relativos al consumo de energía eléctrica se pueden estimar de la manera siguiente:

Los costes relativos al consumo de energía eléctrica son mínimos si se considera un tratamiento de desinfección convencional con cloro y/o UV, de físico químico con decantación y/o filtración lenta. En todos estos casos estos consumos de energía eléctrica son generalmente inferiores a los consumos del bombeo de agua regenerada y/o inapreciables.

Sin embargo no es el caso si existen tecnologías de membranas y especialmente OI ya que las instalaciones de baja presión, usualmente utilizadas, no constan de recuperadores de energía a la diferencia de las plantas de desalación de agua de mar.

Estos consumos energéticos son a titulo orientativo los siguientes:

- Micro Filtración o Ultra Filtración de agua de salida de tratamiento secundario: 0,35-0,50 kWh/m^3 (20-30 €/Dam^3)
- Micro Filtración de licor mixto de tratamiento secundario con membrana sumergida (BRM): 1,0 kWh/m^3 (60 €/Dam^3)
- Ultra Filtración de licor mixto de tratamiento secundario con membrana tubular (BRM): 4,0 kWh/m^3 (240 €/Dam^3)
- Osmosis Inversa de agua microfiltrada o ultrafiltrada: 1,0 kWh/m^3 (para un agua origen de 4.000 micro Siemens/cm) (60 €/Dam^3)
- Electro Diálisis Reversible agua de salida de tratamiento secundario filtrada: 1,0 kWh/m^3 (para un agua origen de 4.000 micro Siemens/cm) (60 €/Dam^3)
- Osmosis Inversa de agua microfiltrada o ultrafiltrada: 1,2 kWh/m^3 (para un agua origen de 15.000 micro Siemens/cm) (72 €/Dam^3)
- Radiación UV para dosis de 70-80 mJ/cm2 en un agua de 60% de transmitencia: 0,1 kWh/m^3 (6 €/Dam^3)

Los costes relativos al consumo de reactivos químicos y otros materiales fungible se pueden estimar de la manera siguiente:

- Para la floculación y coagulación de efluentes procedentes de plantas de aireación prolongada los consumos de reactivos químicos son los siguientes:

  - Foculante: Polielectrolito aniónico a una dosis generalmente inferior a 1 ppm (Inferior a 3 €/Dam^3)
  - Coagulante: PAC 18 a una dosis del orden de 20 ppm (4 €/Dam^3). Esta dosis puede ser mucho más elevada en caso de salida de mala calidad del tratamiento secundario

- Para la desinfección con cloro, las dosis necesaria de cloro gas o de hipoclorito son muy función de la calidad del agua a desinfectar, y especialmente de su contenido en nitrógeno amoniacal y en materia en suspensión en el agua a tratar. Esta dosis oscila entre 2 y 8 ppm (1,5-6,5 €/Dam^3).

Para las limpiezas de membranas de Micro Filtración o de Ultra Filtración que tratan aguas procedentes de un tratamiento secundario convencional, los productos mas utilizados son la sosa, el ácido y los detergentes en combinación con los reactivos anteriores. Las dosis utilizadas según nuestra experiencia son las siguientes:

- Álcali: NaOH: 5 ppm (1,5 €/Dam^3)
- Ácido: H_2SO_4: 2 ppm (0,5 €/Dam^3)
- Detergente: inferior a la ppm (4 €/Dam^3)

Los 2 primeros reactivos tienen tanto un coste como una dosificación bajo. El detergente se suele utilizar en dosis muy bajas pero su coste es generalmente elevado. Su utilización es generalmente obligatoria y relacionada con las garantías que existen sobre las membranas.

Para la limpieza de las membranas de Micro Filtración o de Ultra Filtración de BRM, los reactivos utilizados son similares a los descritos anteriormente. No tenemos de momento

experiencias a escala real con BRM con membranas sumergidas y solo contaremos los costes relativos a BRM con membranas externas tubulares. En este caso los consumos de reactivos son los siguientes:

- Ácido cítrico: 5 ppm (4,0 €/Dam^3)
- Detergente álcali: 5ppm (30 €/Dam^3)

Estas limpiezas, su frecuencia, la calidad de los productos utilizados incluyendo la manera de realizarlas condiciona enormemente los flujos de permeado de las membranas en tal punto que según nuestra experiencia, el saber hacer en esta materia es el mas importante que el operador ha de poner en practica para garantizar el buen funcionamiento de la instalación. Esta manera de limpiar condiciona los consumos energéticos y la frecuencia de reposición de membranas por lo que se ha de prestar especial atención a este capitulo y centro de costes ya que influye sobre todos los otros gastos.

Los reactivos utilizados en las plantas de Osmosis Inversa son generalmente de 4 tipos: ácido, antiescalante, desinfectante -acompañado o no de reductor cuando se trata de un desinfectante que pueda oxidar las membranas- y finalmente productos de limpieza ácida o alcalina. Las dosis de estos reactivos varían en función de la tipología de agua a tratar y de las membranas utilizadas.

- Acido para evitar la precipitación de fosfatos y otras sales afines a una precipitación en medio álcali: Ejemplo Calafell: 100 ppm (17 €/Dam^3)
- Antiescalante para evitar la precipitación de sulfatos y otras sales que no se han podido evitar dosificando ácido: Ejemplo Calafell, Lorca: 3,5 ppm (24 €/Dam^3)
- Biocida: Existen varias posibilidades de administrar un biocida con el fin de evitar el *biofouling* de las membranas de Osmosis Inversa. En las primeras instalaciones que hemos operado en las islas Canarias, se añadía al agua a osmotizar hipoclorito para desinfectar y después bisulfito de sodio para eliminar el cloro activo y asimismo la posibilidad de oxidar y dañar las membranas. También, mas adelante se probo para evitar el riesgo de oxidación de membranas por falta de reductor de dosificar hipoclorito para llegar solo a la formación de cloraminas con suficiente poder desinfectante para evitar el biofooling y con menos poder oxidativo que el cloro activo. Ultimamente la tendencia consiste en dosificar biocidas adaptados a las membranas bien en dosis continua bien en dosis de choque. A titulo orientativo, las dosis de biocidas que en la actualidad dosificamos en nuestras instalaciones oscilan entre 5 y 20 ppm, administrando siempre este reactivo en dosis choque de manera discontinua (20-200 €/Dam^3).
- Productos de limpieza. La frecuencia y la tipología de limpiezas a realizar en una planta de Osmosis inversa dependen de muchos factores. A titulo muy orientativo, en coste de las mismas en instalaciones relativamente nuevas ascienden a unos 10 €/Dam^3.
- Los filtros de protección de la OI.

En ningún caso hemos considerado los costes de reactivos químicos para la conservación de membranas cuando se para temporalmente un a instalación. En general, este coste esporádico es desestimable.

Estimación de los costes relativos a la reposición de membranas

En general las membranas que se utilizan en el campo de la depuración o tratamiento terciario de aguas residuales están garantizadas durante un periodo del orden de 3 años por el propio fabricante. En caso de considerar este periodo como periodo de reposición de estas membranas, el tratamiento de esta agua saldría por un coste prohibitivo. Por tanto el arte del

operador de una planta que utilice una de estas tecnologías consiste en intentar alargar la vida útil de estas membranas con el fin de minimizar el coste relativo a su reposición manteniendo a la vez los objetivos de calidad del agua tratada en la instalación así como los flujos de permeado y consumos de energía y reactivos adecuados.

El principal problema en el momento de establecer un tiempo de reposición de estas membranas es la falta de datos históricos que tiene en cuenta y que se aproximen lo más posible a los parámetros principales de la instalación de referencia (calidad del agua a tratar, diseño de la instalación, tipo de membrana, etc).

A efecto meramente indicativo, los costes de reposición de membranas en plantas de tratamiento terciario operadas por AGBAR son del orden de:

- Micro Filtración en tratamiento terciario: 25 €/Dam^3
- Ultra Filtración en BRM membrana externa tipo tubular: 70-140 €/Dam^3
- Osmosis Inversa: 50-100 €/Dam^3

Los costes de tratamiento y evacuación de subproductos generados en caso de no ser evacuados a través de la EDAR colindante se tendrán que evaluar caso por caso.

LA DISTRIBUCIÓN DE AGUA REGENERADA

Las medidas de seguridad a adoptar

En la distribución de agua regenerada es preciso evitar cualquier interconexión con la red de distribución de agua potable con el fin de evitar accidentes debidos al consumo de agua de calidad incorrecta.

Para alcanzar este objetivo, es preciso:

- Formar el personal que manipule este tipo de redes de manera adecuada
- Utilizar la misma compañía operadora de la red de distribución del agua potable local para las tareas de construcción y operación de la red de distribución y conexiones del agua regenerada
- Utilizar la máxima cantidad de recursos técnicos para evitar este riesgo de interconexión como por ejemplo utilizar un código de colores en la red de distribución de agua regenerada (color lila por ejemplo) y una presión inferior en esta red a la que se suele usar en la red de distribución de agua potable, etc.

Las garantías de continuidad del suministro

Para garantizar el suministro de agua regenerada es necesario construir un sistema de regulación de este recurso alternativo o bien utilizar sistemas de regulación ya existentes que proporcionan aguas de mejor calidad que las regeneradas e introducirlas en al red de distribución de aguas regeneradas. Para ello es necesario contar con el apoyo de compañías locales de gestión del agua con el fin de resolver todo tipo de incidencias que podrían crear situaciones de crisis por falta de recurso. Hemos de recordar que no siempre una planta depuradora o una planta de tratamiento terciario puede producir un agua de calidad requerida por ser simplemente instalaciones industriales que en un momento dado pueden fallar.

CONCLUSIONES

A la vista de la experiencia que tienen las empresas que forman parte del Grupo AGBAR en diseño, construcción y operación de plantas de tratamiento terciarios, se puede concluir que hoy por hoy existen en el mercado las tecnologías que permiten alcanzar los objetivos de calidad requeridos por el usuario final del agua regenerada. Estas tecnologías no permiten alcanzar con tanta precisión todas las calidades de aguas que figuran en las tablas de las futuras regulaciones sobre el agua regenerada en función de los diversos usos.

La experiencia a nivel de la operación de plantas de tratamiento terciario demuestra que es mas fácil operar una planta de tratamiento terciario cuando la planta de tratamiento secundario funciona bien y de manera fiable. En caso contrario, la eficacia del tratamiento secundario se ve muy afectada negativamente, caso que se da por ejemplo en épocas donde se producen las puntas de tratamiento secundario y que a veces coinciden con las puntas de demanda de agua regenerada.

Las tecnologías de tratamiento terciario y en especial aquellas que utilizan tecnologías de membranas requieren que se continúen los esfuerzos de investigación que se están realizando en la actualidad, especialmente en los ejes experimentales que permiten incrementar la vida útil de las mismas mejorar la eficacia de las limpiezas, y en la reducción de los consumos energéticos de las instalaciones.

También otro de los ejes de interés para desarrollar proyectos de reutilización con total seguridad desde un punto de vista higienista y de asegurar la continuidad del suministro consiste en integrar la distribución del agua regenerada en las tareas del operador de la planta de tratamiento terciario o del distribuidor local de aguas. Este tipo de proyecto no se acaba con la construcción ni con la operación de la planta de tratamiento terciario sino con la distribución del agua regenerada hasta el cliente final: el reutilizador.

Jornades Tècniques: La integració de l'aigua regenerada en la gestió dels recursos
Jornadas Técnicas: La integración del agua regenerada en la gestión de los recursos
Technical Workshop: The integration of reclaimed water in water resource management
Lloret de Mar, Costa Brava, Girona, Octubre 2005

EVOLUCIÓN Y PROBLEMÁTICA DEL AGUA RECICLADA EN LA COSTA DEL SOL OCCIDENTAL

Pedro Muñoz y Enrique Miranda

ACOSOL S.A
Urb. Elviria s/n
29600 Marbella
E-mail: pmunoz@acosol.es, miranda@acosol.es

PRESENTACIÓN

La empresa ACOSOL, S.A. se crea por la Mancomunidad de Municipios de la Costa del Sol Occidental en el año 1994. Nace de la necesidad de gestionar, de una forma más eficaz, los recursos hidráulicos de la zona. No nace como se cree, para "entrar en el negocio del agua", ni para competir con otras empresas del sector.

Desde el año 1976, a través de la Mancomunidad de Municipios, ya se estaba suministrando agua, tres años más tarde, en el año 1979, se empiezan a llevar los primeros Sectores del Saneamiento Integral, que fueron Marbella y Fuengirola. ACOSOL es una empresa cien por cien pública, cuyo capital pertenece a los once municipios de la Mancomunidad (Benahavís, Benalmádena, Casares, Estepona, Fuengirola, Istán, Manilva, Marbella, Mijas, Ojén y Torremolinos). El valor patrimonial de las instalaciones, tanto de Saneamiento como de Abastecimiento, que posee la Mancomunidad de Municipios supera los 200 millones de euros.

En la actualidad se gestiona la Estación de Tratamiento de Agua Potable (E.T.A.P.) y una Desaladora, que suministra agua potable a toda la Costa Occidental y ocho Estaciones Depuradoras de Aguas Residuales (EDAR), con sus correspondientes redes de colectores y estaciones de bombeo en residuales, así como conducciones principales y secundarias para la distribución del agua potable.

Asimismo, la distribución de agua reciclada para riego y servicio de alcantarillado, todo ello llevado por un equipo humano de cerca de 350 profesionales, distribuidos en distintos Departamentos. El presupuesto anual de ACOSOL asciende a 40 millones de euros.

NECESIDADES DE REUTILIZAR

Andalucía, y concretamente la Costa del Sol, se encuentra en la llamada zona seca de España, entendiendo por tal, toda aquella zona cuya pluviometría es inferior a 600 mm/m² de precipitación anual acumulada.

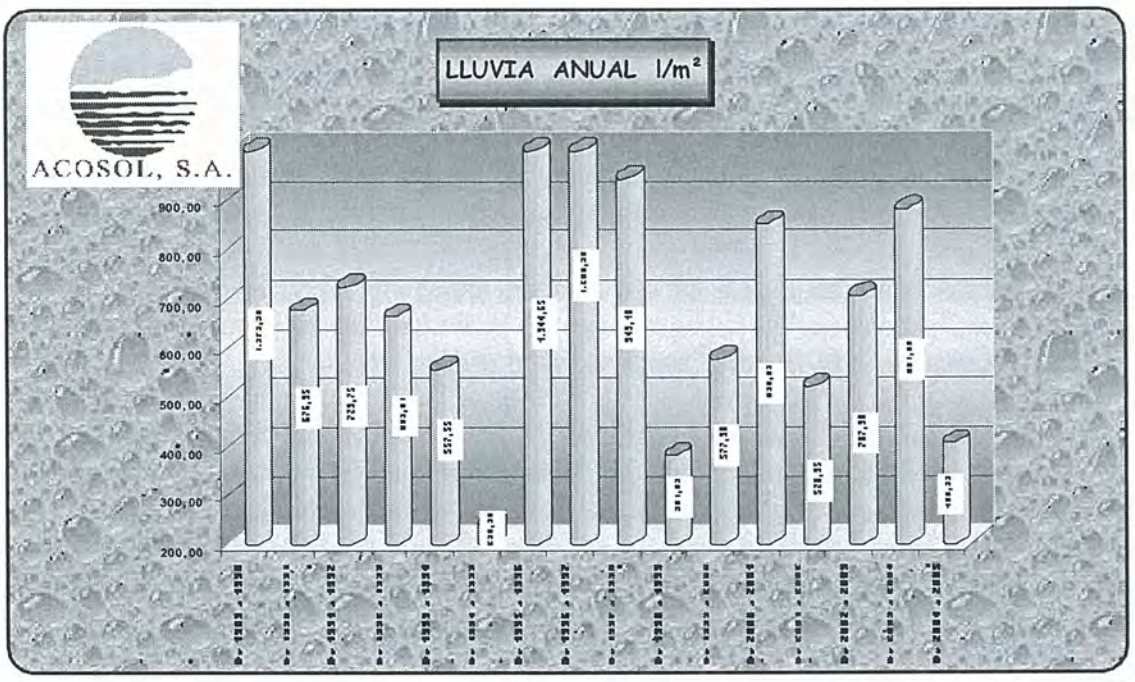


Figura 1. Evolución de la pluviometría.



	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005
Hm³ JULIO	45,94	52,01	47,93	34,72	18,56	20,76	0,882	57,64	53,01	51,71	34,96	54,68	45,69	50,57	50,24	49,68	19,25

Figura 2. Evolución del nivel de agua embalsado a finales de julio de los años recientes.

Si observamos la lluvia anual de los 15 últimos años, curiosamente su valor medio es de 710,32 mm/m² (litros/m²); pero si analizamos los valores año a año, igual tenemos un año 95/96 con valores casi el doble de la media 1.344,65 mm. Como valores muy por debajo de la

media 238,4 mm el 94/95 y además con periodicidad de 5 años valores por debajo de 600 mm. Así pues, existe, en cuanto al agua potable, un doble problema de regulación en los años de exceso y de falta de recursos en los años de poca precipitación.

Por otro lado, el embalse que abastece a la Costa, embalse de La Concepción, situado en el centro geográfico de los once municipios, entre Istán y Marbella, tiene tan sólo una capacidad de 56 Hm^3.

El consumo anual que se estima para esta Costa es superior a los 100 Hm^3, con lo cual, incluyendo la producción máxima de la desaladora, 20 Hm^3/año, y los recursos propios, aguas de pozos, de algunos municipios, el abastecimiento de agua potable es deficitario. Luego, si no hay suficiente agua para consumo, difícilmente se podrá, parte de esa agua, usar para ocio.

Sin embargo, somos conscientes que en ese periodo analizado, si se ha utilizado agua de abastecimiento para otros usos, lo cual nos parece un auténtico disparate, sobre todo teniendo la posibilidad de tomar de otra "fuente" hasta ahora no usada.

Si a todo lo anteriormente expuesto, añadimos el gran crecimiento urbanístico que está experimentando la zona, ha provocado que con la sobreexplotación de pozos y el incremento del consumo, las reservas de los acuíferos hayan disminuido, favoreciéndose en algunos casos la intrusión salina, llegando algunos pozos que se han utilizado para abastecimiento en época de sequía, a tener que ser abandonados por tener conductividades superiores a 8.000 mS. Esto nos lleva a la necesidad de reutilizar, "usar el mismo agua para fines distintos".

Es añadir un escalón más en el ciclo integral del agua. El agua de lluvia la hacemos apta para el consumo humano, al pasar por una E.T.A.P. la suministramos al Usuario, una vez utilizada la recogemos a través de la red de alcantarillado y en una EDAR la depuramos, y llegado aquí en vez de devolverla a la Naturaleza para que se integre en su ciclo habitual (evaporación, nubes, precipitación, etc.) la volvemos a dar la Usuario para "otros usos" que pueden ser: zonas verdes, agricultura, campos de golf, etc.

EVOLUCIÓN DE LA REUTILIZACIÓN

En el año 1990, se comienza a regar con agua reciclada, procedente del tratamiento secundario de la EDAR de Guadalmansa en Estepona, el campo de golf de Montemayor. Como quiera que la implantación de nuevos campos era imparable, dado que está unido al desarrollo urbanístico, en el año 1993 comienzan a regarse dos nuevos campos, La Cala Resort, y en el 1995 otros dos, La Duquesa y Torrequebrada. Pero es en el año 1995, cuando la Costa del Sol Occidental de Málaga, sufre una gran sequía, poniéndose en peligro la gran industria de la zona como es el juego del Golf. Solamente en la zona de influencia de la Depuradora de Estepona-San Pedro, estaban afectados 12 campos.

ACOSOL, S.A. junto con la Confederación Hidrográfica del Sur y la Asociación de Campos de Golf, creada para tal fin, pusieron en marcha la iniciativa de crear un Sistema Terciario en la Estación Depuradora de Aguas Residuales de Estepona y el sistema de distribución de dicha agua, para su aprovechamiento en los riegos de dichos campos.

Por tal motivo, la Confederación Hidrográfica del Sur, en base a las indicaciones de ACOSOL, empresa explotadora de la EDAR, sacó unas obras de emergencia en las que se recogían unas mejoras en la instalación existente, así como el referido Sistema Terciario y de Reutilización, por un importe de 13 millones de euros. ACOSOL estableció un sistema de desinfección con Ozono, por importe de 720.000 €.

Desde entonces, el número de campos que se han ido integrando al sistema de reutilización ha sido continuo, llegando a 21 en año 2000, 23 en el 2004 y 29 en la actualidad, según se puede observar en la Figura 3.



Figura 3. Campos de golf abastecidos con agua regenerada en la Costa del Sol

ESTADO ACTUAL DEL SISTEMA DE REUTILIZACIÓN

Actualmente existen 6 sistemas de reutilización desde sus respectivas depuradoras:

EDAR Manilva

Se están regando 3 campos con un caudal de reutilización de 8.000 m³/día, procedente de tratamiento secundario. Actualmente está compuesto de tres impulsiones independientes para cada uno de ellos.

EDAR Guadalmansa

Se están regando 20 campos con un caudal de reutilización de 30.000 m³/día, procedente de tratamiento terciario, compuesto de una filtración y una desinfección con ozono. El sistema es integral, puesto que una única infraestructura distribuye el agua a todos.

EDAR La Víbora

Se están regando 2 campos con un caudal de reutilización de 5.000 m³/día, procedente de tratamiento secundario. Actualmente está compuesto de dos impulsiones independientes para cada uno de ellos.

EDAR La Cala

Se está regando 1 campo con un caudal de reutilización de 2.500 m³/día, procedente de tratamiento secundario.

EDAR Fuengirola

Se están regando 3 campos con un caudal de reutilización de 10.000 m³/día, procedente de tratamiento secundario. Una única impulsión para los tres por tratarse del mismo complejo.

EDAR Arroyo de la Miel

Se está regando 1 campo con un caudal de reutilización de 2.500 m³/día, procedente de tratamiento terciario, consistente en una filtración de anillas de 20 micras.

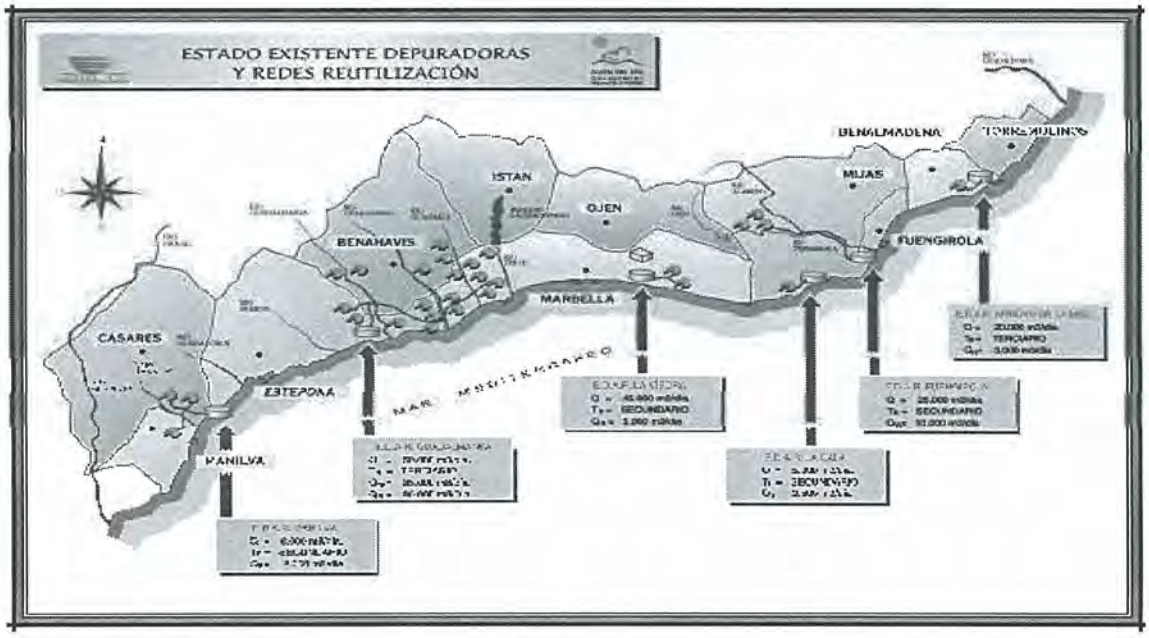


Figura 4. EDAR en la Costa del Sol y redes de distribución de agua regenerada.

En esta situación actual vemos que así como en algunas EDAR estamos dando el 100% del caudal que se depura (sea de Terciario o de Secundario), en otros damos una pequeña cantidad, por ejemplo en La Víbora, que se dan 5.000 m³/día y todavía se depuran otros 40.000 m³/día.

¿Qué está ocurriendo? A diferencia de lo que decíamos anteriormente con el agua potable, aquí el recurso, el agua es suficiente, sólo hay que "ordenar" la distribución. Esto nos lleva a enlazar un poco con el futuro de este recurso y los campos de golf de la zona.

PERSPECTIVAS DE FUTURO

Si hemos contabilizado 29 instalaciones que ahora están utilizando agua reciclada, en el siguiente gráfico, podemos observar que existen demandas por satisfacer de otras 33 instalaciones de campos de golf, que son una realidad de demanda que hasta el momento no han sido contestadas.

Queremos hacer un paréntesis en este punto, para no entrar en disputa con algunas agrupaciones ecologistas, que merecen todo nuestro respeto.



Figura 5. Previsiones futuras de integración al sistema de reutilización.



Figura 6. Previsiones futuras para las EDAR de la Costa del Sol.

No es esta empresa de aguas, ACOSOL, la que esté incitando a que se hagan campos de golf en la zona, ni nos corresponde, ni es nuestra competencia, eso pertenece a los Planes de Ordenación del Territorio de cada Comunidad Autónoma y a los Planes Generales de Ordenación Urbana de cada Municipio, pero lo que si hacemos es levantar la voz con

rotundidad, para decir que allí donde existe una EDAR con posibilidad de reutilizar el agua para riego, del tipo que sea, agrícola, de ocio, etc. que no se permita utilizar agua potable, o de pozos, que en algún momento se puede necesitar como potable.



Figura 7. Previsiones futuras para las EDAR de la Costa del Sol.

Pues volviendo al punto anterior, ACOSOL S.A informa de qué cantidad de agua dispone y dónde la dispone. Nuestras instalaciones de depuración que empezaron a funcionar en el año 1979 con las primeras EDAR del Plan de Saneamiento Integral, se han quedado algunas pequeñas, que ya en ese Plan del año 1979 preveía la necesidad de ampliar en el año 2000.

Las ampliaciones que se han iniciado, duplican sus caudales y todas van dotadas de Tratamientos Terciarios.

El estado de depuración queda reflejado en el siguiente gráfico, con año horizonte el 2025, donde el conjunto de todas las EDAR ampliables tendrían capacidad de depuración de 345.000 m³/día, con capacidades que oscilarían entre un máximo de 100.000 m³/día en Estepona y un mínimo de 25.000 m³/día en La Cala de Mijas (Tabla 1).

Queda claro que el aumentar las EDA viene condicionado fundamentalmente por el incremento de población, así está reflejado en el Plan de Saneamiento Integral para el año 1975-2000, e igualmente está recogido en el Plan de Ordenación Territorial de la Junta de Andalucía para el periodo 2005 – 2025.

Ahora bien, si los 33 campos que hay pendientes, llegan a desarrollarse, con los caudales que existen no habría capacidad suficiente para abastecerlos desde algunas depuradoras, por lo que nos planteamos transvasar caudales de una zona a otra. Así desde la EDAR de Estepona se trasvasarían 20.000 m³/día a la zona de Manilva-Casares, y desde la EDAR de La Víbora otros 20.000 m³ a la zona de La Cala de Mijas, pudiendo llegar, incluso, a interconectarse con la EDAR de Fuengirola, disponiéndose de un sistema integral de reutilización en toda la

Costa, alcanzando un caudal de reutilización diario de 160.000 m³, llegando al año a reutilizar 24.000.000 m³.

Tabla 1. Caudales actuales y futuros de las EDAR de la Costa del Sol.

Parámetro	EDAR, m³/dia						
	Manilva	Estepona	La Víbora	La Cala	Fuengirola	Arroyo	Total
Caudal actual EDAR	8.000	50.000	45.000	5.000	25.000	20.000	153.000
Caudal actual reutilización	15.000	30.000	5.000	2.500	10.000	3.000	65.500
Caudal futuro EDAR	40.000	100.000	80.000	25.000	60.000	40.000	345.000
Caudal futuro reutilización	37.500	60.000	12.500	22.500	22.500	5.000	160.000
Caudal trasvasado	20.000			20.000			40.000
Caudal anual reutilización, m³/año	5.625.000	9.000.000	1.875.000	3.375.000	3.375.000	750.000	24.000.000

Como es natural, al margen de la ampliación de la EDAR, que viene obligada por el aumento de población, para los trasvases, sería necesaria unas futuras redes de distribución y transporte, que en la actualidad están en estudio y que se reflejan esquemáticamente en el gráfico.

PROBLEMÁTICA DEL CONSUMO

Si observamos la Figura 8, vemos que el consumo a lo largo de los años se mantiene constante, o incluso disminuye, a pesar del incremento del número de campos incorporados al sistema de reutilización. Tan sólo durante el año actual, debido a la fuerte sequía y a la disminución de los recursos propios, ha habido un incremento sustancial.

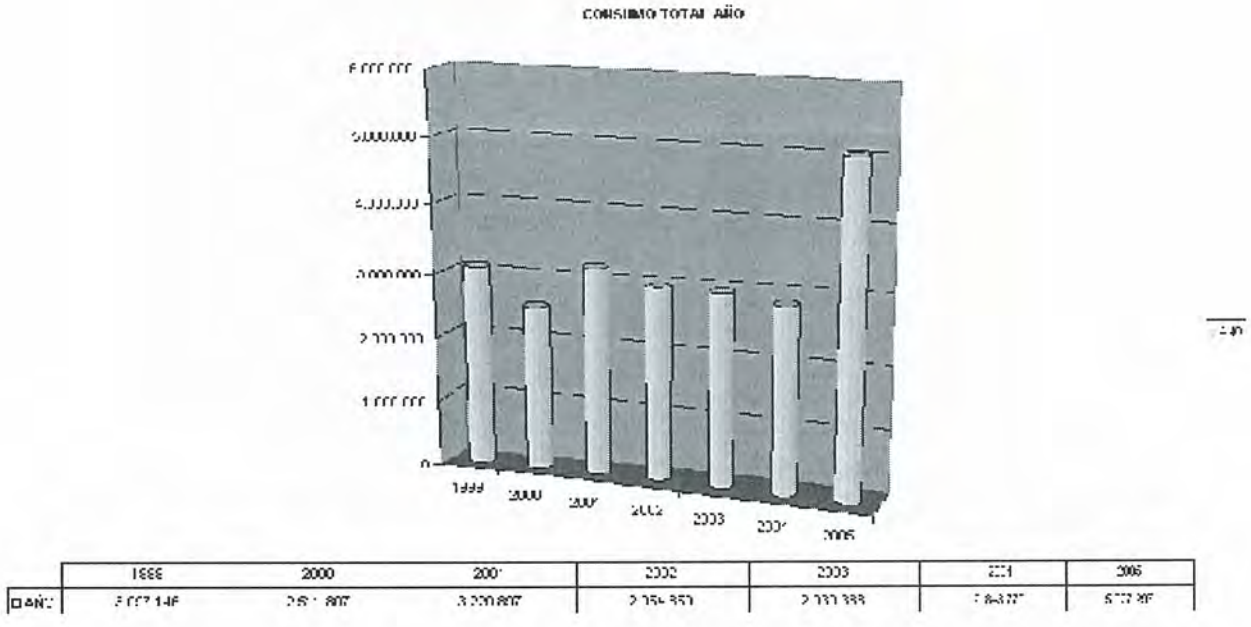


Figura 8. Evolución del consumo de agua regenerada en la Costa del Sol.

En la Figura 9 se puede observar el consumo de todos los campos incorporados al sistema.

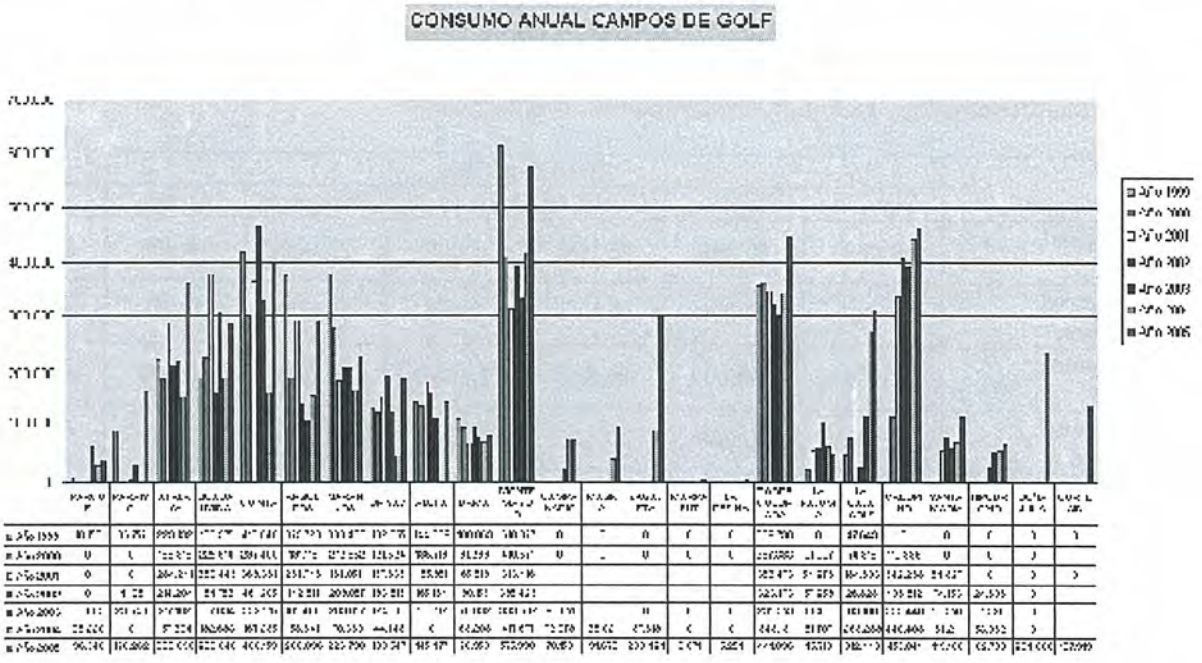
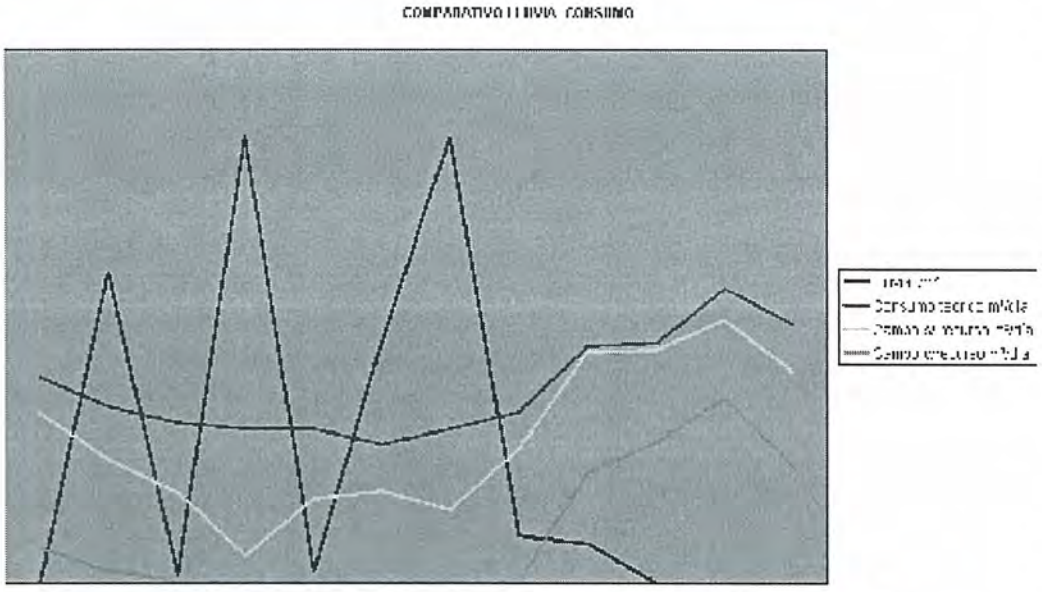


Figura 9. Consumo anual de los campos de golf conectados al sistema.

Podemos ver la variedad que existe entre el consumo de unos campos y otros. Hay campos similares en cuanto a su superficie y número de hoyos, como Aloha y Cabopino, con consumos de 175.000 y 480.000 m³/año respectivamente. Es obvio que la diferencia radica fundamentalmente en el uso de recursos alternativos.



	RF											
Lluvia 2004-2005 l/m²	0,00	81,30	7,10	116,70	3,20	63,70	116,50	12,30	10,30	0,00	0,00	0,00	406,55
Consumo teórico 10 hoyos m³/mes	54.000	46.500	42.000	40.300	40.300	36.400	40.300	45.000	62.000	63.000	77.500	68.200	615.501
Campo 10 s/ recursos alternativos	44.631	32.463	21.753	7.200	22.131	24.077	19.200	26.213	60.700	61.345	69.424	55.000	456.041
Campo 18 s/ recursos alternativos	9.066	8.034	0	0	0	0	0	0	28.967	37.060	48.806	30.661	162.866

Figura 10. Consumos de campos de golf en función de la disponibilidad de recursos alternativos al agua regenerada.

Si extrapolamos a los 39 campos que actualmente existen en la zona, llegamos a las siguientes cifras:

- Necesidades anuales de agua: 24,00 Hm^3/año
- Aprovechamiento agua lluvia: 6,24 Hm^3/año
- Consumo agua reciclada: 5,00 Hm^3/año
- Resto pozos o embalses: 12,76 Hm^3/año

Es decir, en la última campaña o año hidrológico, el 53,17 % se detrae de pozos o embalses, que podría servir como recurso para agua potable. Con esos 12,76 Hm^3 se podría abastecer a una población de 140.000 habitantes durante un año.

ANALÍTICA DEL AGUA RECICLADA

Unos de los motivos al que aluden para justificar el bajo consumo es precisamente la calidad del agua reciclada. Cualquier problema que aparece suele ser achacado a la calidad del agua. ACOSOL S.A les manda semanalmente todos los parámetros físico-químicos necesarios para la correcta gestión del campo.

Actualmente, los parámetros exigidos por la Concesión otorgada por el Organismo de Cuenca son:

PARÁMETROS	UNIDADES	VALORES MÁXIMOS CONCESIÓN	TRATAMIENTO TERCIARIO
S.S.	mg/l	< 10	2
pH		6 - 9	8,1
D.B.O.	mg/l	<10	6
Cloro residual	mg/l	> 0,6	0,8
Coliformes fecales	u.f.c../ 100 ml	<10	0
Nemátodos	huevos/ l	< 1	AUSENCIA

En la última columna, se observa el resultado obtenido con el tratamiento terciario.

Los campos de golf, en el momento de la firma del contrato de suministro, añadieron otra serie de parámetros en los que tenían especial interés:

PARÁMETROS	UNIDADES	VALORES MÁXIMOS CAMPOS GOLF	TRATAMIENTO TERCIARIO
D.Q.O.	mg/l	< 80	75
Conductividad	ms/ cm	< 3000	1879
Nitrógeno Total	mg/l	< 40	13,9
Fósforo Total	mg/l	< 15	4,4
Oxígeno disuelto	mg/l	> 0,5	5,1
Cloruros	mg/l	< 450	344
Boro	mg/l	< 3	0,74
Coliformes fecales	u.f.c./ 100 ml	< 10	0
Bicarbonatos	mg/l	< 500	398

Aparte de éstos análisis, como datos complementarios, para facilitar el balance de nutrientes que se aporta al campo, se les envía:

PARÁMETROS	UNIDADES	TRATAMIENTO TERCIARIO
Sodio	mg/l	170,0
Potasio	mg/l	14,0
Calcio	mg/l	23,0
Magnesio	mg/l	52,0
T.A.S.		4,5
T.A.S. Ajust.		4,7
Nitrógeno orgánico	mg/l	0,0
Nitrógeno amoniacal	mg/l	9,5
Nitritos	mg/l	3,5
Nitratos	mg/l	0,9
Ortofosfato	mg/l	4,4
Sulfatos	mg/l	100,0

Como puede observarse, un agua reciclada procedente de un tratamiento terciario reúne las características necesarias para poder usarse para riego de campos de golf.

CONCLUSIONES

Los Campos de Golf representan unos de los pilares económicos más importantes en la industria turística de la Costa del Sol Occidental de Málaga. De los 104 campos existentes en Andalucía, el 50% se encuentra en la provincia de Málaga, y 39 de ellos, en la Costa del Sol.

Las peticiones recibidas para la integración de nuevos campos al sistema de reutilización son 33 que junto con los 29 actuales podríamos llegar a los 62 campos integrados en un único sistema de reutilización, pudiendo llegar en un futuro a reutilizar 24 Hm^3/ año, cantidad equivalente al consumo anual de 270.000 habitantes.

Pero, ¿cómo puede hacerse eso realidad?

- En primer lugar es preciso construir las infraestructuras necesarias, para disponer en el lugar oportuno de la cantidad de agua necesaria.
- Hay que mejorar la depuración, adaptando todas las instalaciones con tratamiento terciario, para poder conseguir una calidad en el agua reciclada óptima para el uso requerido.
- Los Campos deben tener al frente del mismo, personal suficientemente cualificado para poder gestionar el agua que reciben.
- La Administración debe implantar una Normativa que regule la calidad del agua reciclada para éstos usos.
- La Administración debería Legislar el uso exclusivo del agua reciclada para el riego, reservando embalses y acuíferos para potable.

Creemos que está suficientemente justificada la necesidad de reutilizar el agua. Pero no quisiéramos centrar la atención sólo en los campos de golf. Se pueden mencionar hasta 14 usos distintos al mencionado anteriormente, y así se hizo constar en el B.O.E. nº 168 de 15 de Julio de 2002, en el que determina los niveles de calidad para los distintos usos del agua procedente del Sistema Terciario de la Ampliación de la E.D.A.R de Fuengirola, actualmente en ejecución.

Jornades Tècniques: La integració de l'aigua regenerada en la gestió dels recursos
Jornadas Técnicas: La integración del agua regenerada en la gestión de los recursos
Technical Workshop: The integration of reclaimed water in water resource management
Lloret de Mar, Costa Brava, Girona, Octubre 2005

LAS AGUAS RESIDUALES REGENERADAS EN LA GESTIÓN DE LOS RECURSOS HIDRÁULICOS DE VITORIA – GASTEIZ

Julio López

TYTSA
Pintor Sáez de Tejada s/n (esquina Salvador Azpiazu)
01008 Vitoria
E-mail: tytsa@sea.es

LAS AGUAS RESIDUALES REGENERADAS EN LA GESTIÓN DE LOS RECURSOS HIDRÁULICOS DE VITORIA -GASTEIZ

TYTSA

- INTRODUCCIÓN

Vitoria- Gasteiz cuenta con un sistema de regeneración y reutilización de sus agua residuales urbanas, que funcionan desde 1996, en lo que se refiere a sus primera fase de riegos agrícolas para cultivos de consumo en crudo.

Esta primera fase, está constituida por una E.T.T. ,Tipo T-22 que suministra 400 l/s a una superficie dominada de 3.000 hectáreas, mediante el sistema de aspersión a 10 bares.

La segunda fase, que servirá a 4.000 hectáreas, consta de una balsa ya construida de 7 Hm^3 de capacidad, en la que se almacena durante el invierno el agua residual regenerada de la ciudad.

El Plan de regeneración y reutiización no se agota en el horizonte del riego agrícola, sino que su objetivo final es reingresar parte de ellas en el propio embalse de abastecimiento de la ciudad, después de haber satisfecho distintos usos previos como son los agrícolas, riego de jardines públicos, agua industrial o recarga de acuíferos

El presente trabajo trata de explicar el proceso técnico – ambiental bajo el que se ha edificado el Plan.

Como a continuación se podrá observar se han tenido en cuenta criterios ambientales, energéticos, técnicos y administrativos, para alcanzar un modelo de gestión de estos recursos hidráulicos y sus inserciones en el ciclo general de los recursos hidrológicos regulares.

TYTSA

El proyecto está desarrollado dentro de las siguientes CONDICIONES DE CONTORNO

EL RECURSO ES UN BIEN PUBLICO NO AFECTO A DEMARCACIONES DE INDOLE POLÍTICO

. Propiedad
. Planificación
. Otorgamientos
. Sanciones

EL MEDIO AMBIENTE ES UN VALOR A CONSIDERAR DE CARÁCTER BASICO PARA TODO LO QUE CONTIENE EL PLANETA.

. Fijación de prioridades
. Clasificación de Impactos

EL ACESO AL RECURSO NO PUEDE FAVORECER DESARROLLOS ECONOMICOS QUE SUPONGAN DESLOCALIZACION MASIVA EN TERMINOS DEMOGRAFICOS, CULTURALES O SOCIALES

. Trasvases
. Kioto
. Precios intrínsecos de la materia prima H2O

En el espacio definido de esta manera consideramos que se puede jugar cualquier partido en cualquier parte con cualquier persona.

TYTSA

FIJACIÓN DE CRITERIOS MEDIOAMBIENTALES

El trinomio ámbito – intensidad – consecuencias, es el tribunal que debería tutelar el acceso y los usos de los recursos hidrológicos.

CLASIFICACION DE IMPACTOS

En función de estos principios tendríamos una clasificación cualitativa general de los impactos de carácter antropogénico.

IMPACTOS DE CARÁCTER GLOBAL

ACCIONES NUCLEARES
EFECTO INVERNADERO
(Son los más graves e injustos)

IMPACTOS DE CARÁCTER REGIONAL

GRANDES INFRAESTRUCTURAS DE:
REGULACIÓN
TRANSPORTE
CONCENTRACIONES INDUSTRIALES Y RUSTICAS

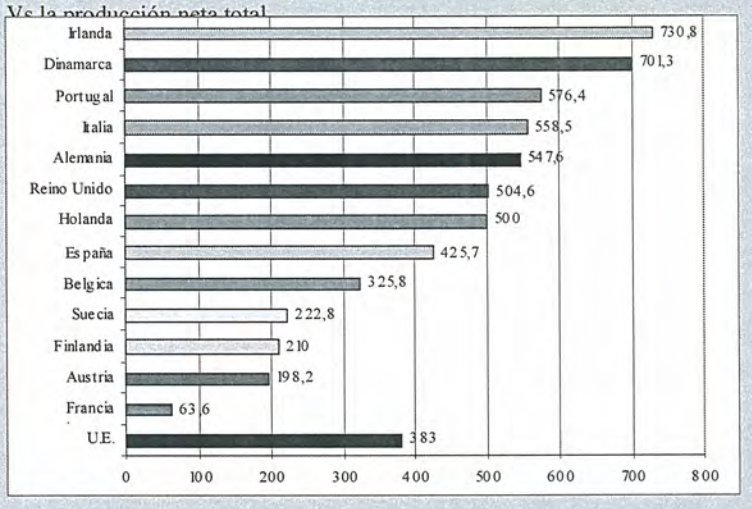
SOBRE EXPLOTACIONES MASIVAS INCRONTROLADAS

TYTSA

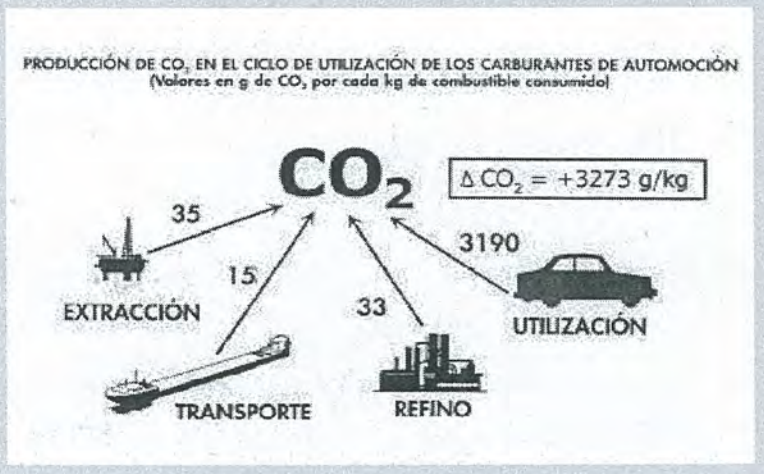
EFECTO INVERNADERO

EMISIONES ESPECÍFICAS DE CO2 (Gr/Kwh) DE LA GENERACIÓN DE ELECTRICDAD EN 1995 EN 13 DE LOS ESTADOS MIEMBROS DE LA U.E.

Vs la producción neta total



MIMAN TYTSA



MIMAN TYTSA

ENERGIA Y AGUA

La calidad del agua en el futuro tendrá que hacer frente a:

Agua cada vez más lejana
Agua cada vez más cargada de sales

El consumo de energía de los recursos no convencionales son:

REGENERACIÓN DE AGUAS RESIDUALES 1,25 Kwh/m³
(Terciario + Nanofiltración)

TRANSVASE DEL EBRO 2,00 Kwh/m³
(Sin mejora de la calidad)

DESALACIÓN DEL AGUA DEL MAR 4,50 Kwh/m³
(A pie de playa)

TYTSA

PROYECTO VITORIA GASTEIZ

I DATOS BASICOS

ABASTECIMIENTO

RECURSOS REGULARES 750 l/seg 23,65 Hm³/año

CONSUMOS TOTALES (2OO3) 24,56 Hm³/año

CONSUMOS RIEGOS DE JARDINES (2003) 3,13 Hm³/año

TYTSA

CAPACIDAD DE LOS EMBALSES DEL ZADORRA

URRUNAGA 67 Hm^3
ULLIBARRI 139 Hm^3

TOTAL 206 Hm^3

VOLUMEN MÁXIMO AUTORIZADO 180 Hm^3

DEMANDAS ACTUALES DESDE LOS EMBALSES

ABASTECIMIENTO A BILBAO 145 Hm^3
ABASTECIMIENTO A VITORIA 25 Hm^3

CAUDALES DE SERVIDUMBRE EN LOS RIOS ZADORRA Y STA. ENGRACIA 30 Hm^3

TOTAL 200 Hm^3

TYTSA

CONSUMO DE AGUA PARA RIEGO DE ZONAS VERDES PUBLICAS Y CONSUMO TOTAL

	SUPERFICIE VERDE	SERVIDA TOTAL (ARACA + GORBEA)	RIEGO
2003	4.600.000 m^2	24.561.000	3.132.000 m^3
2002	4.370.000 m^2	24.593.000	2.513.506 m^3
2001	4.020.000 m^2	25.164.000	2.762.000 m^3
2000	4.020.000 m^2	24.829.000	2.495.000 m^3
1999	4.000.000 m^2	24.458.000	2.431.000 m^3
1998	3.800.000 m^2	25.256.000	2.006.000 m^3

TYTSA

CONSUMO DE AGUAS EN INSTALACIONES MUNICIPALES

CENTRO	AÑO 2000	AÑO 2001	AÑO 2002	AÑO 2003
	TOTAL	TOTAL	TOTAL	TOTAL
POLIDEPORTIVO MENDIZORROTZA	18944	27206	25191	15235
PISCINA MENDIZORROTZA	110748	145426	154666	227284
FRONTONES MENDIZORROTZA	8388	6683	6476	5239
POLIDEPORTIVO ARIZNAVARRA	4500	13549	4273	3978
POLIDEPORTIVO JUDIZMENDI	32146	30349	32349	24310
POLIDEPORTIVO IPARRALDE	31519	38245	38245	38245
POLIDEPORTIVO ARRIAGA	22838	22051	20084	24701
POLIDEPORTIVO HEGOALDE	21934	23492	20520	24989
POLIDEPORTIVO LAKUA	3316	39044	6287	22877
POLIDEPORTIVO LANDAZURI	1952	2109	2095	1745
POLIDEPORTIVO ARANALDE	492	1497	796	1747
POLIDEPORTIVO EUROPA	3225	4629	5595	5348
POLDEPORTIVO ALDAVE	22838	22051	20084	24701
PISCINAS GAMARRA	329242	153395	175623	167395
PISTA DE HIELO	4846	4010	4466	4602
ESTADIO CAJA PROVINCIAL	61073	107723	60106	106259

CONSUMO DE AGUAS DEL POLIGONO DE JUNDIZ

MATADERO	93121	130742	118911	108735
FUNDIX	52980	64288	43728	42166
VINILIKA, S.L.	48130	53162	41816	42252
UDAPA S. COOP			208	1071
URSSA S. COOP	2368	4329	4163	1656
HORMIGONES PREMEZCLADOS	15932	15268	11423	23509
HORMIGONES GUREA	7117	7981	5765	8476
HORMIGONES Y MINAS	4147	4147	6468	7400
MERCEDES BENZ ESPAÑA	224985	226610	191942	167543

TYTSA

RENOVACIÓN MÍNIMA DEL AGUA DE LA PISCINA

Nº	CENTRO	TIPO PISCINA	PROFUNDIDADES	MEDIA (m)	LAMINA (m²)	VOLUMEN (m³)	AGUA RENOVADA		TIEMPO(h)
							m³	total	
01	CC HEGOALDE	olimpica, 25x12,5 mts	0,98/1,35/2/1,75	1,52	31,50	475	23,75	23,75	4,00
02	CC JUDIMENDI	olimpica, 25x12,5 mts	1,20/2/1,75	1,65	312,50	515,63	25,78		4,00
03		chapoteo, 12,5x6 mts	0,68/0,95	0,82	75,00	61,5	3,08	28,86	2,00
04	CC ALDABE	olimpica, 25x12,5 mts	1,3/2/1,7	1,57	312,50	546,88	27,34		4,00
05		chapoteo, 12,5x6 mts	0,7/1,2/0,9	0,93	75,00	69,75	3,49	30,83	2,00
06	P. GAMARRA	familiar 120 mts	0,6/1/1,7/1/0,6	0,93	2473,00	2300	115,00		2,00
07		olimpica, 50x18 + 25x12 mts	0,95/1,15/1,45/1,65	1,27	1242,18	1577,57	78,88		2,00
08		infantil lúdica, irregular	0,2/0,55/0,9/1,35	0,84	-	750	37,50		1,00
09		circular 14 mts	0,45/0,70	0,57	60,75	34,63	1,73		1,00
10		tobogán 1, 5x7 mts	1,05	1,05	35,00	36,75	1,84		2,00
11		tobogán 2, 5x7 mts	1,05	1,05	35,00	36,75	1,84	236,79	2,00
12	C. MENDIZORROTZA	olimpica 25x12,43 mts	1,85/1,98/1,3	1,71	310,75	531,14	26,56		4,00
13		chapoteo, 12,45x7,94 mts	1,37/1,7/0,93	1,16	98,85	114,67	5,73		2,00
14		olimpica 50,06x20,97 mts	1,8/2,2/1,4	1,80	1049,76	1889,56	94,48		4,00
15		mediana, 25,03x12,5 mts	0,8/1,18/0,81	0,93	312,88	290,98	14,55		2,00
16		chapoteo 12,5x12,5 mts	0,24	0,24	156,25	37,5	1,88		1,00
17		Aquamendi1, ludica	0/0,6	-	270,00	94	4,70		1,00
18		Aquamendi2, ludica	0,25/1,3/0,8	-	1373,00	1751	87,55		2,00
19		tobogán, 5x7 mts	1,05	1,05	35,00	36,75	1,84	237,29	2,00
20	CC IPARRALDE	olimpica, 25x12,5 mts	1,36/2,09/1,57	1,57	3125,50	523	26,15		4,00
21		chapoteo irregular	0,82/0,97	0,90	64,00	57,6	2,88	29,03	2,00
22	CC LAKUA 03	olimpica, 25x12,5 mts	1,75/2,15/1,75	1,88	312,50	587,5	29,38		4,00
23		chapoteo, 12x7 mts	0,95/0,67	0,81	84,00	68,04	3,40	32,78	2,00
24	BOMBEROS	aljibe, 9,80x4,70 mts	6	6,00	46,06	276,36	13,82	13,82	4,00

TOTAL
633,15

TYTSA

PROYECTO VITORIA GASTEIZ

II REGENERACIÓN REUTILIZACION

CAPACIDAD DE REGENERACIÓN (2003)	12,00 Hm³/año
CONSUMOS AGRICOLAS (2003)	2,40 Hm³/año
CONSUMOS AGRICOLAS (2006)	7,00 Hm³/año
CAPACIDAD DE REGULACIÓN	7,00 Hm³/año
RED EXISTENTE	350 Km de tuberías

TYTSA



TYTSA



TYTSA

PROYECTO VITORIA GASTEIZ

III OBJETIVOS

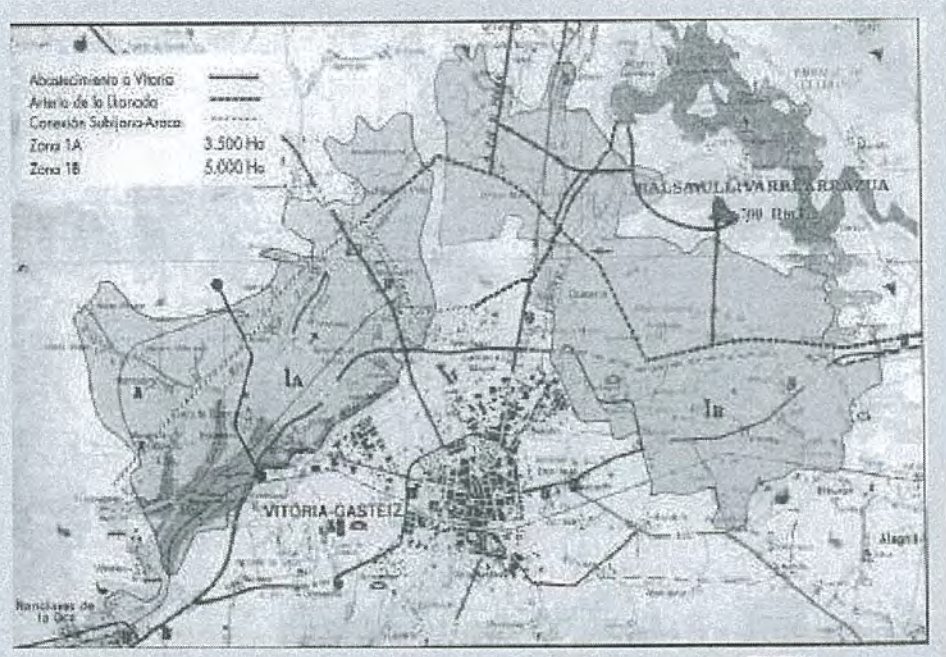
CORTO PLAZO

REGADIOS	7,00 Hm³/año
USOS URBANOS	5,00 Hm³/año

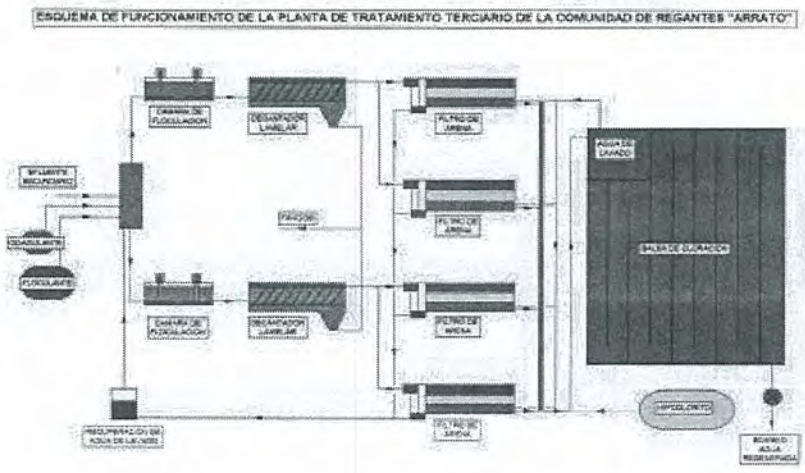
MEDIO PLAZO

CAPACIDADES DE REGENERACIÓN Y NUEVOS RECURSOS	24,00 Hm³/año
CONSUMOS DE REGADIOS	8,00 Hm³/año
CONSUMOS USOS URBANOS	7,00 Hm³/año
RECARGA ACUIFEROS SUPERFICIALES	9,00 Hm³/año

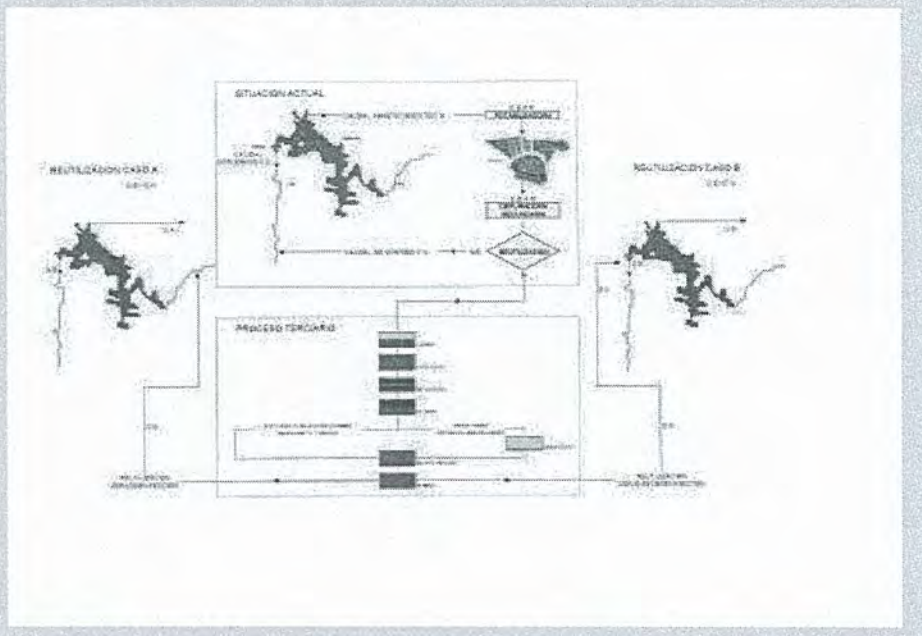
TYTSA


Abastecimiento a Vitoria
Arteria de la Llanada
Conexión Subijana-Araca
Zona 1A 3.500 Ha
Zona 1B 5.000 Ha
VITORIA-GASTEIZ
Rancharas de la Oca

TYTSA

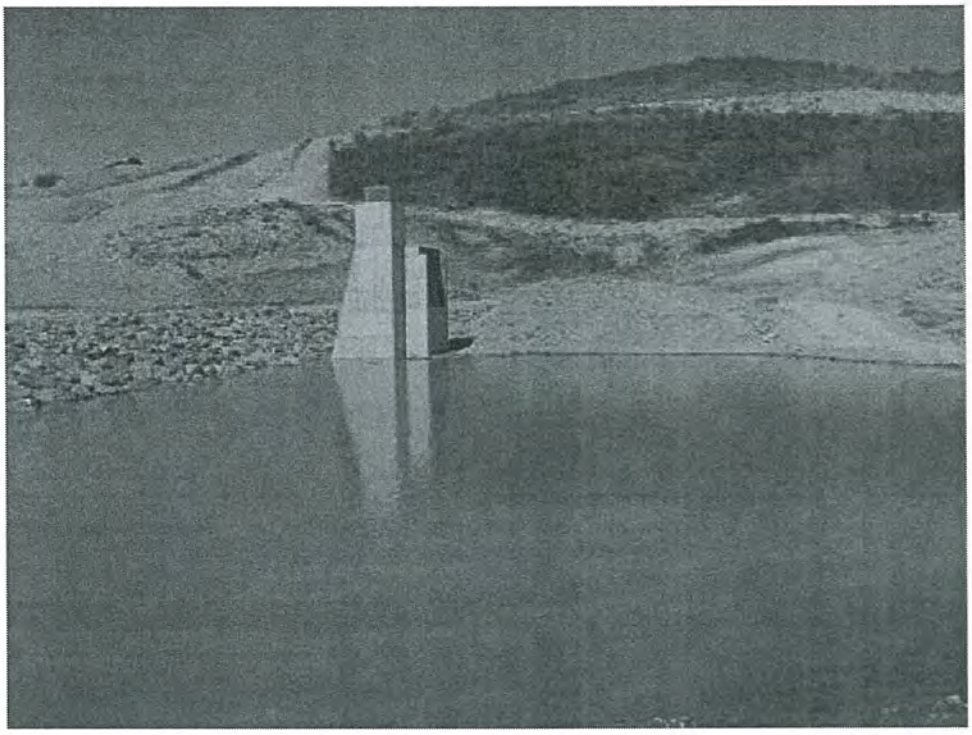

ESQUEMA DE FUNCIONAMIENTO DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO TERCIARIO DE LA COMUNIDAD DE REGANTES "ARRATO"

TYTSA



TYTSA





IV CALIDADES

IV- I PERIODO 1996 -2006

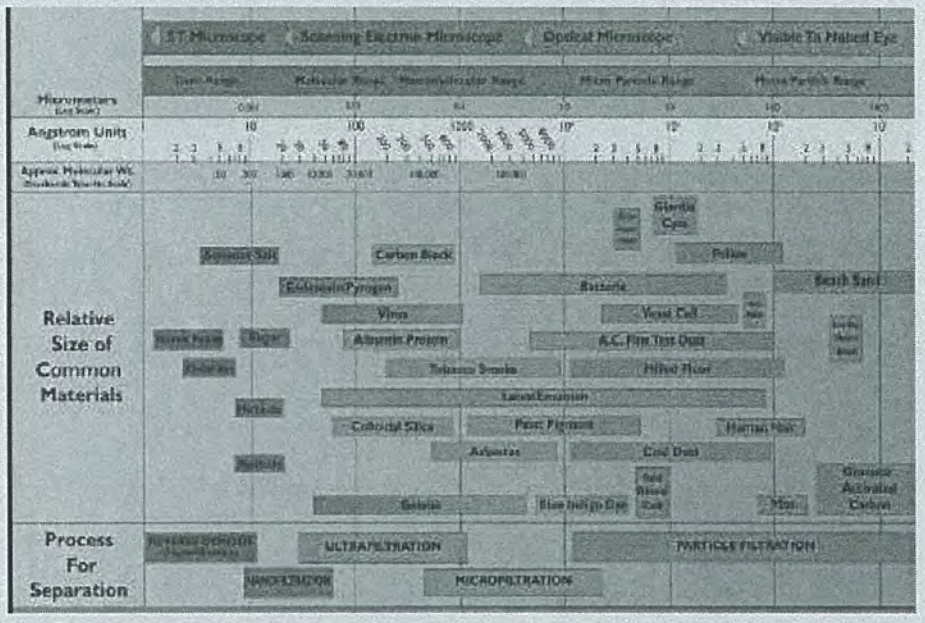
FISICO - QUIMICO	
TURBIDEZ	< 2 NTU
CONDUCTIVIDAD ELECTRICA	< 1000 µs/cm
NH_4	25 > NH_4 > 2 mg/l
DBO_5	< 5 gr/l de O_2
NO_3	15 > NO3 > 2 mg/l
DQO	< 20 mgr/l de O_2
OXIDABILIDAD	< 7 mgr/l de O_2

FISICO - QUIMICO	
METALES	< 0,01 mg/l nivel de detección
BORO	< 1,00 mg/l
CADMIO	< 0,01 mg/l nivel de detección
CROMO	< 0,02 mg/l
COBRE	< 0,05 mg/l
MERCURIO	< 0,01 mg/l nivel de detección
NIQUEL	< 0,10 mg/l
PLOMO	< 0,01 mg/l nivel de detección
SELENIO	< 0,01 mg/l nivel de detección
ZINC	< 0,10 mg/l

TRIHALOMETANOS / CLOROFENOLES	
BROMODICLOROMETANO	< 5,0 µg/l
BROMOFORMO	< 1,0 µg/l
CLOROFORMO	< 30 µg/l
DIBROMOCLOROMETANO	< 1,0 µg/l
CLOROFENOLES	No detectados

MICROBIOLOGIA	
COLIFORMES TOTALES	Ausencia
HUEVOS DE NEMATODOS	Ausencia
GIARDIA LAMBLIA	Ausencia
CRYPTOSPORIDIUM	Ausencia
LEGIONELLA	Ausencia
SALMONELLA	Ausencia

TYTSA



Note: 1 Micron (1 x 10^{-4} (Meters)= 4x10^{-5} Inches(0.00004 Inches

1 Angstrom Unit = 10^{-10} Meters= 10^{-4} Micrometers (Microns)

DESAL TYTSA

IV-II PERIODO 2006

Este periodo se caracterizará por los siguientes parámetros generales

TURBIDEZ	< 0,5 NTU
CONDUCTIVIDAD ELECTRICA	< 600 µs/cm
NH_4	< 2 mg/l
NO_3	< 17 mg/l
FOSFORO	<1 mg/l
DBO_5	<5 mg/l de O_2
DBO	<20 mg/l de O_2
OXIDABILIDAD	<5 mg/l de O_2
METALES	< 0,1 mg/l
TRIHALOMETANOS	<100 µg/l
CLOROFENOLES	< 3 µg/l
MICROBIOLOGIA	AUSENCIA DE GERMENES PROCEDENTES DE LAS AGUA RESIDUALES

TYTSA

IV-III NANOFILTRACION

En esta fase se pretende reducir todos los parámetros a la mitad con objeto de introducir el agua en los embalses del zadorra



BOTELLA CONTENIENDO EXCLUSIVAMENTE AGUA RESIDUAL DE VITORIA - GASTEIZ

TYTSA

ENSAYOS DE LA PLANTA DE ULTRAFILTRACIÓN

Agua de Crispijana: agua de la depuradora de Crispijana, tomada en el decantador primario
Agua después de los filtros de carbón activo, antes de la ultrafiltración
Ultrapermeado: agua de la planta de ultrafiltración

Agua de crispijana							Agua después de filtros			Ultrapermeado						
Turbidez	CND	DBO-5	DQO	COD	COT	pH	CND	Turbidez	pH	Turbidez	CDN	DBO-5	DQO	COD	COT	pH
NTU	us/cm	mg/l O2	mg/l	mg/l	mg/l		us/cm	NTU		NTU	us/cm	mg/l O2	mg/l	mg/l	mg/l	
54,7	966	140	131	53,1	71,9	7,54		20,8		0,34	537	16	22	32,6	35,7	7,75
43,6	928	150	150	51,2	69,6	7,42		12,8		0,25	819	21	50	30	30,7	7,41
38,8	339	30	66	13,4	29,7	7,46		18,1		0,32	459	9	16	6,1	4,9	7,34
36,7	777	80	108	45,6	63,9	7,66		16,3		0,26	684	15	32	29,3	31,3	7,51
59,2	896	130	165	63,7	87,4	7,62		14,9		0,3	758	16	28	25,6	25,8	7,33
59,3	939	100	148	26,4	46,7	7,29		9,84		0,21	800	8	19	8,3	8,5	7,21
25,7	616	50	81	14,5	20,1	7,22		13,5		0,32	599	12	21	10,3	10,7	7,41
68,7	843	150	165	51,1	73,1	7,61		35,5		0,32	650	21	38	21,2	22,4	7,44
86,6	1034	190	342	67,4	94,1	7,98		36,7		0,27	998	50	113	40,3	40,9	7,99

TYTSA

ENSAYOS DE LA PLANTA DE NANOFILTRACIÓN

Agua de la EDAR de Labastida tomada a la salida del decantador 2°
Permeado: salida de la planta de Nanofiltración
Duración: Mes de Julio de 2003

Salida de EDAR (Decantador Secundario)						
	µS/cm	NTU	DQO	NH_4	SO_4^-	° F
Maximo	836	3,94	26	32,64	84	31,6
Minimo	614	1,41	8	0,15	70	27,2
Medio	680	2,4	13	4,5	76	29

Salida de Nanofiltracion					
µS/cm	NTU	DQO	NH_4	SO_4^-	° F
285	0,27	5	10,58	2	4,9
157	0,11	2	0,01	1	1,1
210	0,17	3,5	2,5	1	3,3

TYTSA

Jornades Tècniques: La integració de l'aigua regenerada en la gestió dels recursos
Jornadas Técnicas: La integración del agua regenerada en la gestión de los recursos
Technical Workshop: The integration of reclaimed water in water resource management
Lloret de Mar, Costa Brava, Girona, Octubre 2005

LOS NUEVOS RECURSOS DE AGUA (REUTILIZACION Y DESALACION DE AGUAS) Y SU MARCO JURÍDICO*.

Antonio Embid Irujo

Catedrático de Derecho Administrativo.
Facultad de Derecho
Universidad de Zaragoza.
c/ Pedro Cerbuna 12
50001 ZARAGOZA (España)
E-mail: aembid@unizar.es

RESUMEN

El ordenamiento jurídico de la reutilización y de la desalación de aguas ha conocido diversos contenidos en la Ley 29/1985, de 2 de agosto, de Aguas, en su modificación por la Ley 46/1999, de 13 de diciembre y, finalmente, por la Ley 11/2005, de 22 de junio. Esta evolución permite descubrir respuestas a distintas preguntas (propiedad de las aguas reutilizadas o desaladas, grados de la intervención administrativa, forma de adquirir derechos por el primer utilizador etc...) pero, al tiempo, muestra su relativa indiferencia en torno a las actividades de reutilización y desalación, bien restringidas hasta el presente momento.

El Programa AGUA y la modificación de la Ley del Plan Hidrológico Nacional por la Ley 11/2005, de 22 de junio, plantean un giro sustancial en la situación hasta ahora existente, pues confían a la reutilización y a la desalación en muy buena medida, la solución a los problemas de escasez de recursos hídricos existentes en algunos puntos de las cuencas mediterráneas. Ello hace necesario una consideración del ordenamiento jurídico vigente a los efectos de facilitar su lectura y de plantear los problemas aplicativos existentes.

Palabras clave: Autorización, Concesión, Desalación, Desalobración, Dominio Público, Plan Hidrológico Nacional, Reutilización

---

* Este trabajo se realiza en el marco del Proyecto de Investigación "Infraestructuras, valores públicos y medio ambiente" (Ministerio de Ciencia y Tecnología) correspondiente a los años 2004-2006. Referencia SEC2003-08643.

INTRODUCCION: LA ACTUALIDAD DEL TEMA Y LA SUCESIÓN DE ORDENAMIENTOS JURÍDICOS. PRINCIPAL PROBLEMÁTICA PLANTEADA

Tanto la formulación de alternativas a la propuesta de trasvase del Ebro con ocasión de la aparición del anteproyecto de Plan Hidrológico Nacional (2000) y la tramitación que éste sufrió hasta convertirse en Ley 10/2001, de 5 de julio, como la derogación de varios artículos de esta Ley llevada a cabo por la Ley 11/2005, de 22 de junio, han puesto en el primer plano de la discusión la generación de recursos hídricos distintos a los tradicionalmente obtenibles por medio de las obras hidráulicas tradicionales de regulación y canalización. En concreto, la desalación de aguas marinas y la reutilización de aguas residuales aparecen hoy (sobre todo la primera) como la forma primigenia para conseguir nuevos recursos hídricos en sustitución de los que a distintas cuencas del arco mediterráneo tenían que llegar como consecuencia de la realización del trasvase del Ebro previsto en la Ley del Plan Hidrológico Nacional de 2001.

Es en ese contexto en el que los medios de comunicación informan últimamente de forma continua acerca de la realización de proyectos o de la licitación de distintas desaladoras. Incluso de la puesta en servicio de alguna de ellas cuya construcción comenzó, lógicamente, antes de que se cuestionara el trasvase del Ebro cuya derogación fue, por cierto, compromiso expreso del candidato a la Presidencia del Gobierno sr. Rodríguez Zapatero pronunciado en su discurso de investidura en el mismo plano y circunstancia temporal que la retirada de las tropas españolas de Irak, lo que da buena muestra del punto y alcance al que había llegado la discusión sobre la cuestión sobre la que estoy escribiendo. En todo caso, queda al resultado de la futura observación la respuesta a si los compromisos expresados en el llamado programa AGUA e incorporados como Anexo a la Ley del Plan Hidrológico Nacional de 2001 por la Ley 11/2005, de 22 de junio, por la que se modifica la Ley 10/2001, de 5 de julio, del Plan Hidrológico Nacional, podrán cumplirse completa o solo parcialmente y, en su caso, el juicio sobre las causas que, en hipótesis, puedan cooperar al éxito total o parcial de dichos compromisos.

El objeto de este trabajo es el estudio del marco jurídico de la desalación y de la reutilización de aguas residuales depuradas. Normalmente el derecho opera como medio instrumental para la realización de determinados fines; en este caso debería ser el medio para, por medio de las técnicas de reutilización y desalación, conseguir con eficacia allegar nuevos recursos hídricos para las necesidades crecientes de agua que se plantean, sobre todo en distintos puntos del arco mediterráneo. Hay motivos, como veremos, para dudar de que, hasta ahora, un contenido determinado del ordenamiento jurídico haya tenido algo que ver con el éxito o el fracaso –depende donde se sitúe la óptica de cada cual- hasta ahora de estas políticas y técnicas. Más bien parece que hasta ahora, repito, el ordenamiento jurídico –tan cambiante, como veremos- se ha mostrado neutral en relación al desarrollo de estas políticas que han dependido y parece que dependen de otras circunstancias. Resulta evidente, en todo caso y también, que son los progresos técnicos los que al abaratar notabilísimamente los costes de la desalación, han contribuido a hacer a ésta competitiva frente a las tradicionales formas de generación de recursos hídricos lo que estimula mucho más, si cabe, la necesidad de reflexión en torno a estas cuestiones que hasta hace pocos años y excepto en supuestos territorialmente muy concretos (las actuaciones en las Islas Canarias, por ejemplo) parecían puramente teóricas dados los costes prohibitivos que tenía una masiva oferta de agua desalada.

En el supuesto que nos ocupa se han sucedido en relativamente escaso período de tiempo distintas regulaciones sobre desalación y reutilización correspondientes a tres momentos singulares en el desarrollo postconstitucional del derecho de aguas en España. Así, tendremos que referirnos en primer lugar a la Ley 29/1985, de 2 de agosto, de Aguas, donde la desalación

no era mencionada y la reutilización constaba de un régimen jurídico basado en los clásicos parámetros del sistema concesional sobre las aguas públicas (el primer reutilizador necesitaba inevitablemente el otorgamiento de una concesión administrativa, cosa que estaba muy claramente especificada, además, en el Reglamento del Dominio Público Hidráulico de 1986). No debe olvidarse en ningún momento, que fue la Ley 29/1985 quien generalizó la propiedad pública de toda clase de aguas, acabando con los restos de propiedad privada que operaban sobre las aguas subterráneas y de manantial y no permitiendo otra cosa que una pervivencia dificultosa de derechos adquiridos en el marco de las opciones ejercitadas por quien era titular de dichas aguas (cfr. las disposiciones transitorias segunda y tercera de dicha Ley y la doctrina afirmadora de su constitucionalidad en la Sentencia del Tribunal Constitucional 227/1988, de 29 de noviembre).

En el contexto del desarrollo y de la aplicación de esta Ley y en los momentos finales de una importante sequía (1991-1995) aparecería el Real Decreto 1327/1995, de 28 de julio, texto destinado a regular la actividad de desalación que se hacía dependiente de un sistema concesional. En este Real Decreto las aguas marinas que se desalaban trasmutaban, digamos, su naturaleza jurídica de dominio público marítimo-terrestre en dominio público hidráulico sin solución de continuidad, aplicándose plenamente y para los distintos momentos de la actividad regulada todo el régimen jurídico dominial de las aguas continentales y de las aguas marítimo-terrestres. Dado que en el tema de la desalación el derecho recientemente aparecido (Ley 11/2005) vuelve a la mayoría de los básicos principios de la Ley 29/1985, en el presente trabajo no dedicaré en la cuestión de la desalación un apartado singular a esta Ley de 1985 bastando con el análisis que se realice del derecho vigente en la actualidad.

El segundo momento de la regulación está constituido por la aparición de la Ley 46/1999, de 13 de diciembre, norma modificadora de la Ley 29/1985, de 2 de agosto, de Aguas. La Ley citada pretende favorecer las actividades de desalación y reutilización, huyendo, de distintas formas, del puro sistema concesional con características de una cierta complejidad en su regulación que se examinarán más adelante.

Finalmente, la Ley 11/2005, de 22 de junio, por la que se modifica la Ley 10/2001, de 5 de julio, del Plan Hidrológico Nacional, vuelve, como ya he dicho, en la cuestión de la desalación a los principios de la Ley 29/1985 y en el ámbito de la reutilización adopta alguna modificación del ordenamiento jurídico creado por la Ley 46/1999 que creo no es sustancial.

Pues bien, en todo este ordenamiento jurídico existen una serie de cuestiones comunes que tendremos que ir estudiando en las páginas que siguen y que pueden resumirse así:

a) La cuestión de la propiedad pública o privada de las aguas desaladas o de las depuradas a reutilizar.
b) Los derechos del primer utilizador o del desalador sobre las aguas respectivas y la forma de hacer efectiva la utilización de estas aguas, sea por autorización o por concesión.
c) Las distintas formas, en general, de la intervención administrativa en la aplicación de estas técnicas.

Debo advertir que ya con anterioridad he estudiado con detenimiento el ordenamiento jurídico de la reutilización o desalación (EMBID IRUJO 2000) si bien con referencia al ordenamiento jurídico existente en el momento de la elaboración del trabajo (la Ley 46/1999, de 13 de diciembre). En ese lugar he tratado con mucho detenimiento las decisiones existentes en el Código Civil de 1888-1889 y en la Ley de Aguas de 1879 en relación a los derechos del

reutilizador, y también la jurisprudencia existente sobre dicho marco jurídico. Igualmente en ese trabajo puede encontrarse una detallada descripción del marco constitucional en el que se desenvuelve el actual ordenamiento jurídico así como referencias a distintos ordenamientos jurídicos extranjeros y de organizaciones internacionales (Organización Mundial de la Salud), a los que, por cierto, se puede llegar indirectamente por medio de determinadas remisiones de nuestro ordenamiento jurídico ahora vigente, cuestión que luego referiré. Sobre nada de ello voy a volver ahora si bien debo indicar que son todos ellas temas y cuestiones utilísimas para explicar la evolución del ordenamiento jurídico y algunas de las causas que conducen a las redacciones del ordenamiento ahora vigente. Por lo tanto remito a dicho trabajo para ciertas consideraciones de orden general que aquí no voy a abordar por razones de limitación de espacio.

LA DESALACIÓN EN LA LEY 46/1999, DE 13 DE DICIEMBRE

La Ley 46/1999, de 13 de diciembre, modificó el art. 101 de la Ley 29/1985, de 2 de agosto, de Aguas, relativo a la reutilización de las aguas residuales e, igualmente, introdujo un nuevo art. 12 bis dedicado a la actividad de desalación del agua de mar lo que llevó, a su vez, a la adición de un nuevo apartado e) en el art. 2 dedicado a la especificación de lo que se entiende incluido dentro del dominio público hidráulico. La reutilización y la desalación son, pues, dos de las cuestiones a las que se extiende la actividad modificadora del legislador de 1999, un legislador que parece que se mueve en ésta y en otras cuestiones (por ejemplo, en la regulación del impropiamente llamado "mercado del agua" que es una novedad de esta Ley) por preocupaciones sustancialmente ambientales, tratando de evitar la realización de las obras hidráulicas "clásicas", por su evidente impacto ambiental, a través de técnicas como las que aquí se nombran. Es palmario que todo esto quedaría en el olvido tras el giro hacia la realización de la obra hidráulica, sin más, que representa el Plan Hidrológico Nacional de 2001 en su regulación del trasvase del Ebro, único contenido normativo que, en realidad, justifica la aprobación de tal Plan.

Pues bien, los artículos de la Ley 29/1985 que acabo de citar para el caso de la desalación tienen el siguiente contenido tras la Ley 46/1999:

> Artículo 2:
>
> "Constituyen el dominio público hidráulico con las salvedades expresamente establecidas en esta Ley...
>
> e) Las aguas procedentes de la desalación de agua de mar una vez que, fuera de la planta de producción, se incorporen a cualquiera de los elementos señalados en los apartados anteriores".
>
> Artículo 12 bis:
>
> 1. Cualquier persona física o jurídica podrá realizar la actividad de desalación de agua de mar, previas las correspondientes autorizaciones administrativas respecto a los vertidos que procedan, a las condiciones de incorporación al dominio público hidráulico y a los requisitos de calidad según los usos a los que se destine el agua.
>
> 2. Lo dispuesto en este artículo se entiende sin perjuicio de las autorizaciones y concesiones demaniales que sean precisas de acuerdo con la Ley 22/1988, de 28 de julio, de Costas, y las demás que procedan conforme a la legislación sectorial aplicable si a la

actividad de desalación se asocian otras actividades industriales reguladas, así como las derivadas de los actos de intervención y uso del suelo.

Aquellas autorizaciones y concesiones que deban otorgarse por dos o más órganos u organismos públicos de la Administración General del Estado se tramitarán en un solo expediente, en la forma que reglamentariamente se determine.

3. La desalación de aguas continentales se someterá al régimen previsto en esta Ley para la explotación del dominio público hidráulico".

(Hay que advertir que este artículo se transformaría con posterioridad en el art. 13 del Texto Refundido de la Ley de Aguas aprobado por Real Decreto Legislativo 1/2001, de 20 de julio, que reunió, entre otras, a las Leyes de 1985 y 1999 nombradas).

Esta regulación representa un giro "liberalizador" en relación al anterior régimen jurídico representado por el Real Decreto 1327/1995 al que antes me refería y que suponía la necesaria existencia de una concesión para poder dedicarse a la actividad de desalación. Así, el punto de partida es ahora que, como una actividad puramente industrial, cualquiera puede dedicarse a esta actividad previas las oportunas autorizaciones administrativas en relación a los vertidos, las condiciones de incorporación al dominio público hidráulico y a los requisitos de calidad según los usos a los que se destine el agua (apartado 1 del art. 12 bis) y teniendo en cuenta también, obviamente, las autorizaciones que para tal actividad industrial puedan estar previstas en el ordenamiento jurídico aplicable. Por otra parte la desalación de aguas continentales (llamémosles aguas salobres) seguirá el régimen previsto en la Ley de Aguas para la explotación del dominio público hidráulico, de donde se infiere la aplicación del régimen concesional general bien conocido pues en la mayor parte de las ocasiones nos encontraremos con que la actividad de desalobración tendrá lugar en relación a aguas públicas. Cuestión distinta sería, obviamente, si se desalobraran aguas privadas (por ejemplo las subterráneas respecto a las cuales su titular hubiera ejercitado en los plazos previstos la opción por mantenerse en el régimen de propiedad privada preexistente a la entrada en vigor de la Ley de Aguas de 1985), supuesto en el que seguirían siendo de titularidad privada las aguas así despojadas de sus componentes minerales que las hacían inútiles para su uso.

Por otra parte, concluye esa línea "dominial" que hacía que las aguas desaladas, en el caso de las marinas, pasaran sin más de considerarse dominio público marítimo-terrestre a dominio público hidráulico del Estado, pues esta incorporación al dominio público tendrá lugar únicamente cuando las aguas desaladas se "incorporen" a otros elementos del dominio público hidráulico del Estado, por ejemplo cuando se mezclen con otras aguas de dominio público o circulen por cauces de dominio público hidráulico. Eso quiere decir sin ningún género de dudas, que el desalador hace suyas las aguas desaladas a título jurídico privado (si el desalador es un ente público, las aguas serán del patrimonio de tal ente público), y como tales podrá comerciar con ellas (embotellarlas, cederlas a una persona física o jurídica pública o privada etc...), decisión que guarda entera lógica, pues lo que hace el desalador es "apropiarse" de una determinada cantidad de agua marina (no del mar que en sí mismo es insusceptible de apropiación pues opera plenamente la característica de inalienabilidad a que se refiere nada menos que el art. 132 de la Constitución española), realizar con ella un proceso industrial, transformar su composición, desalinizándola, y hacerla potable o susceptible de un uso propio del agua continental (por ejemplo, para el regadío). No estamos hablando, por tanto, de un demanio "natural", de un agua semejante a otra continental sino, insisto, de un producto industrial conseguido por medio del ingenio (de la técnica) de una determinada persona física o jurídica, pública o privada.

Parece claro que el conjunto de las dos grandes novedades de esta Ley 46/1999: propiedad privada del agua desalada hasta tanto tuviera lugar la incorporación indicada y sometimiento de la actividad de desalación a un puro régimen de autorización, tenía la virtualidad e última intención, de fomentar o animar a la actividad de desalación por parte de la iniciativa privada. No tengo, sin embargo, capacidad para juzgar sobre los efectos (positivos o negativos) que pudiera haber tenido esta regulación, pues no hubo actividad significativa de desalación en el territorio peninsular bajo estas premisas normativas dado el acento que puso el Gobierno surgido de las elecciones de marzo de 2000 en la realización del trasvase del Ebro (a través de su inclusión en el Plan Hidrológico Nacional) y, además, la situación de período húmedo que se vivió a lo largo de toda la legislatura.

LA DESALACIÓN EN LA LEY 11/2005, DE 22 DE JUNIO, POR LA QUE SE MODIFICA LA LEY 10/2001, DE 5 DE JULIO, DEL PLAN HIDROLÓGICO NACIONAL

El objeto primigenio de esta Ley 11/2005 nombrada de forma completa en la rúbrica que antecede es modificar la Ley del Plan Hidrológico Nacional de 2001, y ello mismo se incorpora a su título concreto pero, además, la disposición final primera de la Ley 11/2005 procede a la modificación del Texto Refundido de la Ley de Aguas, aprobado por Real Decreto Legislativo 1/2001, de 20 de julio, lo que supone, en el ámbito que nos afecta, la modificación de los arts. 2 e) y 13 de dicho Texto Refundido antes reproducidos como parte de la Ley 29/1985, de 2 de agosto, de Aguas, que se integra en dicho Texto Refundido. La nueva redacción de dichos preceptos es la siguiente:

> "Artículo 2. Constituyen el dominio público hidráulico con las salvedades expresamente establecidas en esta Ley...
>
> e) Las aguas procedentes de la desalación de agua de mar."

> "Artículo 13.
>
> 1. La actividad de desalación de agua marina o salobre queda sometida al régimen general establecido en esta Ley para el uso privativo del dominio público hidráulico, sin perjuicio de las autorizaciones y concesiones demaniales que sean precisas de acuerdo con la Ley 22/1988, de 28 de julio, de Costas, y las demás que procedan conforme a la legislación sectorial aplicable.
>
> 2. En la forma que reglamentariamente se determine, se tramitarán en un solo expediente las autorizaciones y concesiones que deban otorgarse por dos o más órganos u organismos públicos de la Administración General del Estado, en el ámbito de las cuencas hidrográficas a las que se refiere el artículo 21 de esta Ley.
>
> 3. En el supuesto de que el uso no vaya a ser directo y exclusivo del concesionario, la Administración concedente aprobará los valores máximos y mínimos de las tarifas, que habrán de incorporar las cuotas de amortización de las obras.
>
> 4. Los concesionarios de la actividad de desalación que tengan inscritos sus derechos en el Registro de Aguas podrán participar en las operaciones de los centros de intercambio de derechos de uso del agua".

Igualmente la Ley añade una disposición transitoria novena al Texto Refundido de la Ley de Aguas cuyo apartado primero tiene por objeto regular el régimen de aquellos que hubieran obtenido una autorización o concesión con arreglo al régimen de la Ley 46/1999. Su contenido es el siguiente:

> "Las instalaciones de desalación de agua de mar que se encontraran en funcionamiento de conformidad con la regulación establecida por el artículo 12 bis de la Ley 46/1999, de 13 de diciembre, podrán continuar operando con arreglo al contenido de sus títulos habilitantes, hasta la extinción del plazo de las correspondientes autorizaciones o concesiones. Transcurrido dicho plazo, los titulares de las instalaciones tendrán derecho preferente para la obtención de una concesión administrativa, de conformidad con lo establecido por esta Ley".

Pues bien, la nueva regulación de la Ley 11/2005 supone, como decía, la vuelta a los principios básicos de la Ley 29/1985, pues las aguas de mar desaladas mantendrán siempre su carácter de dominio público, primero marítimo-terrestre y luego hidráulico, lo que implica la necesidad de concesión para ganar la posibilidad de utilización privativa de las aguas una vez desaladas. Por otra parte y aunque ello no esté indicado expresamente, parece que la misma actividad de desalación al margen del uso posterior de las aguas desaladas necesitaría de una concesión (ya no se le consideraría solamente como una actividad industrial sometida, simplemente, a autorización). Es de desear que el desarrollo reglamentario del texto aclare el conjunto de concesiones (y el procedimiento de tramitación en un único expediente) de que debería disfrutar quien se dedicara a la actividad de desalación siendo bien palmario, como he dicho, que el que desee utilizar esa agua desalada, si no es el propio desalador, deberá obtener una concesión de la Administración hidráulica.

Con anterioridad expresé mi creencia en la razonabilidad del sistema establecido por la Ley 46/1999, lo que no quiere decir, dejémoslo claro, que el nuevo sistema deba considerarse, per se, como irracional. Las cosas no van por ahí. Digamos, simplemente, que, al menos en apariencia, la Ley 11/2005, puede concebirse como menos "atractiva" para la realización por los particulares de la actividad de desalación (en cuanto que está mucho más intervenida administrativamente esa actividad gozando la Administración, además, de la discrecionalidad propia del otorgamiento de las concesiones) lo que no significa nada en cuanto a su uso efectivo. Ya indiqué que con una regulación más favorable para la iniciativa privada, ésta no se había decidido durante el período 1999-2004 por participar en tal negocio. ¿Lo hará ahora?. Desde luego lo que se puede juzgar por las actuaciones que se van desarrollando, es que existe un protagonismo público innegable que se muestra por la actuación, sobre todo, de la sociedad estatal ACUAMED sin que tenga conocimiento, hasta el momento, de que existan iniciativas privadas concretadas que gocen de alguna relevancia. Si las cosas siguen así podríamos llegar a una conclusión algo desesperanzadora y que ya se anticipó en el primero de los apartados de este trabajo: la futilidad del ordenamiento jurídico de la desalación desde el punto de vista de la incentivación de la actividad desaladora, pues parece claro que para la iniciativa puramente pública, el sentido de este ordenamiento desde las premisas que lo examino, tiene muy relativa trascendencia.

Añado, finalmente, que en el caso de que las aguas desaladas vayan a ser utilizadas por un tercero distinto del desalador, se dispone que la Administración aprobará los "valores máximos y mínimos de las tarifas, que habrán de incorporar las cuotas de amortización de las obras". El precepto no debe ser solamente visto desde el ángulo de la intervención administrativa que supone, que es clara, sino dentro de una tradición del derecho de aguas español en el que existe esa fijación de tarifas mínimas y máximas para los suministros a agricultores por

empresa "en régimen de servicio público" (vid. el art. 62.2 del Texto Refundido de la Ley de Aguas) y en el caso de la reciente regulación de los contratos de cesión de derechos de uso de aguas también se dispone que reglamentariamente podrá fijarse el límite de la compensación económica que se acuerde entre los contratantes (cfr. art. 69.3 del Texto Refundido de la Ley de Aguas) cosa que no se ha hecho hasta ahora. Probablemente hay en este tipo de regulación un evidente elemento garantizador de la posición jurídica del "suministrado" (del consumidor, del usuario, del ciudadano) frente a los posibles abusos que podrían ser tentación del que detenta originariamente el derecho al uso (privativo) del agua.

Finalmente puede advertirse una conexión entre la actividad de desalación y la regulación del "mercado del agua" en el apartado cuarto del nuevo art. 13 al indicarse que "los concesionarios de la actividad de desalación que tengan inscritos sus derechos en el Registro de Aguas podrán participar en las operaciones de los centros de intercambio de derechos de uso del agua", siendo la pregunta evidente la de si se ha querido negar, a sensu contrario, la posibilidad de que celebren contratos de cesión de derechos de uso de agua, lo que sería, parece, contradictorio con la configuración institucional que tiene la regulación de este contrato (cfr. arts. 67 y ss. del Texto Refundido de la Ley de Aguas y el art. 343 del Reglamento del Dominio Público Hidráulico).

EL MARCO JURÍDICO DE LA REUTILIZACIÓN: DISPERSIÓN Y CONSIGUIENTE FALTA DE SISTEMATICA

También la reutilización de aguas residuales depuradas ha tenido diversa regulación a lo largo de las tres normativas reseñadas. Digamos, inicialmente, que la Ley 29/1985 dedicó a la reutilización su art. 101 en cuyo contenido preocupaban inicialmente más las condiciones formales de la reutilización que las materiales. Existía en el precepto legal, así, una remisión al Gobierno para que estableciera las "condiciones básicas para la reutilización directa de las aguas, en función de los procesos de depuración, su calidad y los usos previstos". Por otra parte se rompía claramente con el viejo derecho (el del Código Civil y la Ley de Aguas de 1879) al disponer la necesidad de obtener concesión cuando el reutilizador fuese distinto del primer usuario. Los arts. 272 y ss. del Reglamento del Dominio Público Hidráulico de 1986 precisaron la aplicación de la Ley 29/1985 siguiendo los dictados generales del sistema concesional e introduciendo, específicamente, la prohibición de destino de las aguas residuales depuradas, excepto en situaciones de emergencia o catastróficas, para el consumo humano.

La reforma de la Ley 29/1985 operada por la Ley 46/1999 ha cambiado el contenido de esta remisión al Gobierno pero creo que los cambios no afectan al fondo del asunto tratado. Ahora se dice que el "Gobierno establecerá las condiciones básicas para la reutilización de las aguas precisando la calidad exigible a las aguas depuradas según los usos previstos". Idéntica redacción contiene el precepto tras la intervención de la Ley 11/2005, si bien se ha añadido un nuevo párrafo a este apartado primero que indica que "El titular de la concesión o autorización deberá sufragar los costes necesarios para adecuar la reutilización de las aguas a las exigencias de calidad vigentes en cada momento".

La mayor de las novedades de la Ley 46/1999 consistió –como sucedía en el ámbito de la desalación- en la voluntad de "huída" del sistema concesional otorgando al titular de la autorización de vertido de las aguas residuales depuradas el "derecho" a la reutilización de dichas aguas que operaría por medio de una simple autorización. Igualmente se indicó en esta reforma legal que quien tuviera una concesión de reutilización (obtenida conforme al sistema de la Ley de Aguas de 1985) podría subrogarse vía contractual (con contrato autorizado por el Organismo de cuenca) con el titular de la autorización de vertido. Todo esto se "volcó" finalmente en el artículo 109 del Texto Refundido de la Ley de Aguas.

Es evidente que con la primera parte de la novedad, se produce un favorecimiento del titular de la autorización de vertido que se ve investido de un derecho –el de obtener la autorización de reutilización- que originalmente no estaba previsto, para nada, en la autorización de vertido obtenida. La relajación de la intervención administrativa (antes concesional, ahora operando por medio de una autorización) debe relacionarse también con este aspecto que, en todo caso, debe relativizarse desde la óptica de la temporalidad reducida de las autorizaciones de vertido que deben renovarse periódicamente.

La Ley 11/2005 ha mantenido esta posibilidad para el titular de la autorización de vertido pero ha suprimido el sistema de subrogación del titular de la concesión de reutilización en la posición del titular de la autorización de vertido.

Lo que queda como problema permanente desde la Ley 29/1985, de Aguas, es la ausencia de uso de la autorización de desarrollo reglamentario que contiene el apartado primero del art. 109 del Texto Refundido de la Ley de Aguas de 2001. El Gobierno no ha emitido expresamente la normativa reglamentaria indicada si bien debe tenerse en cuenta que en algunos Planes Hidrológicos de Cuenca (que también han sido aprobados por el Gobierno) existen referencias a la reutilización que pueden considerarse como sustitutivas de esa regulación expresa de condiciones básicas de reutilización, muchas veces anunciada o prometida, pero nunca aprobada. Igualmente y como elemento garantizador debe tenerse en cuenta que en el procedimiento de otorgamiento de la concesión (o de la autorización) debe emitirse un informe de la autoridad sanitaria con carácter vinculante (cfr. el art. 272.4 del Reglamento del Dominio Público Hidráulico) único supuesto, por cierto, en donde las Comunidades Autónomas (pues las autoridades sanitarias de que trata el precepto son autonómicas) aun sin competencias específicas en materia de aguas, determinan expresamente quién puede, o no, recibir una concesión (o autorización) de aguas (en este caso residuales depuradas), lo que no deja de tener su interés.

A continuación, recojo algunas de las prescripciones de los Planes Hidrológicos de Cuenca sobre el particular debiendo tenerse en cuenta que los Planes son aprobados en 1998 (con sus normas publicadas en 1999) y que reflejan un sistema jurídico en todos los casos orientado a las prescripciones de la Ley de Aguas de 1985, sin tener para nada en cuenta, obviamente, las novedades de la Ley 46/1999.

Plan Hidrológico de las Cuencas Internas de Cataluña

Pertenece este Plan a aquellos que contienen proclamas generales en torno a la reutilización, pero sin concretar en demasía nada sobre ella hasta el punto de que no se puede pensar que con el mero Plan puedan llevarse a cabo actuaciones de reutilización significativas en el territorio de su jurisdicción. Las actuaciones provendrán de una voluntad administrativa y, en su caso, privada, que buscará su realización en supuestos normativos que trascenderán la escasa relevancia de las normas del Plan. Así se indica entre la "prioridad entre actuaciones" (art. 4) que "el Plan ha de considerar de especial interés y en consecuencia ha de dar carácter prioritario" a las dos siguientes:

> "d) El incremento de recursos por la aplicación de procesos de depuración que permitan su reutilización directa para usos agrícolas (y)
>
> e) La sustitución de los recursos ordinarios por recursos procedentes de la aplicación de los procesos previstos en el apartado anterior d)...".

Puede observarse, por tanto, en las escasas normas de este Plan la conexión ideológica que se produce entre reutilización y aumento de recursos y la aparición de los usos agrícolas como los primeros a tener en cuenta a la hora de la reutilización. En ese contexto la sustitución de recursos ordinarios por los reutilizados que se menciona, será una constante en bastantes Planes Hidrológicos.

Plan Hidrológico del Guadalquivir

Actúa este Plan en varios planos. Por un lado concede prioridad a la hora de otorgamiento de concesiones de aguas residuales depuradas a los titulares del abastecimiento a poblaciones si se trata de sus aguas, y a aquellos que vayan a liberar como consecuencia de la reutilización el mayor volumen de agua con destino a agua potable (art. 9). Por otra parte contiene el Plan un Anexo 12 sobre "condiciones que sobre la calidad microbiológica del agua debe cumplir la reutilización de las aguas residuales para riego" que será de aplicación, igualmente, hasta tanto tenga lugar por el Gobierno el desarrollo del art. 101 Lag. (art. 29.2), que ahora es el art. 109. Igualmente y hasta que no exista reglamentación nacional sobre la materia, este Plan declara de validez en su ámbito territorial las normas de la Agencia de Protección del Medio Ambiente de Estados Unidos (USEPA/AID,1992) y las de la Organización Mundial de la Salud de 1989 para el riego de cultivos cuando ni trabajadores ni público están expuestos (art. 29.3).

Esta norma es un ejemplo curioso de recepción en nuestro ordenamiento jurídico, en bruto y sin matizaciones de ningún género, de unas recomendaciones (Guidelines es su título original) que no son norma en su propio país de origen y de otras recomendaciones de una Organización puramente internacional.

Plan Hidrológico del Júcar

Constituye este Plan un ejemplo de tratamiento de la reutilización a muchos niveles si bien falta en él una consideración de las condiciones de la depuración de las aguas residuales que hicieran factible la reutilización según los distintos usos que es la tarea, evidentemente, que debe abordar el Gobierno según el art. 101.1 de la Ley de Aguas de 1985 (109.1 en la regulación posterior del Texto Refundido). En esas circunstancias en las normas del Plan existen referencias a la preferencia por los Municipios para la utilización de sus aguas residuales "convenientemente depuradas" para el riego de parques, zonas ajardinadas e instalaciones de pequeño consumo "salvo en los casos en que sean asignadas para resolver problemas de sobreexplotación o intrusión" (art. 8.3). Igualmente y en este terreno se dispone que "dentro de cada clase" de usos se dará prioridad a las actuaciones que supongan "una explotación conjunta y coordinada de todos los recursos disponibles, incluyendo aguas residuales depuradas..." (art. 8.4.c).

En otro orden de cosas las normas del Plan contienen un largo art. 16 en el que se trata del otorgamiento de la concesión de reutilización (ya he advertido de que la orientación de los Planes, por su fecha de aprobación, está dirigida a la Ley 29/1985). Se plantea, así, un procedimiento en el que se debe acompañar un documento de carácter privado suscrito por el peticionario y el titular del derecho de las aguas que se depuran con un contenido que se especifica indicándose un orden de prioridades para el otorgamiento de la concesión que se concreta en el titular del derecho de las aguas objeto de tratamiento y en la actividad que libere la mayor cantidad de agua para agua potable (art. 16.3). En el caso de que la petición de concesión provenga de distinto usuario al primero, la prioridad es para la actividad "que vaya a emplear las aguas para sustitución de concesiones preexistentes, pudiéndose contemplar en este caso la posible corrección de infradotaciones". En este caso se supone que la concesión

primitiva queda "a disposición del organismo de cuenca" que puede dedicar estos caudales a otros usos con carácter precario. Para animar a esta actuación se permite que se solicite caudal superior al que ya se tenía concedido en la primitiva concesión (art, 16.4).

Por fin, el Plan contiene diversas prescripciones relativas a la reutilización en la parte relativa a la asignación y reserva de recursos disponiéndose en diversas ocasiones en el caso de regadío la sustitución de las aguas superficiales o subterráneas asignadas por aguas residuales depuradas o indicando que de haber nuevos regadíos sólo podrán ser atendidos con aguas residuales depuradas (cfr. arts. 21-28) debiendo advertirse que todos estos últimos artículos excepto una parte del 23, han sido anulados por la Sentencia del Tribunal Supremo de 20 de octubre de 2004.

Plan Hidrológico del Segura

En el caso del Plan Hidrológico de la cuenca del Segura se proporciona una interesante información en el mismo en relación a los caudales procedentes de reutilización de los que en la actualidad se dispone: Son, así, 100 Hm^3/año de un total de recursos disponibles de 1.500 Hm^3/año (art. 11). Este caudal va a crecer pero, realmente, muy poco pues a diez años serán 113 Hm^3/año de un total de 1553 Hm^3/año (art. 12) y en el horizonte de 20 años serán de 118 Hm^3/año de un total de 1553 Hm^3/año (anoto que no hay, pues, incremento de recursos totales utilizados entre los dos horizontes del Plan). Tratándose de un lugar en donde más apremiantes son las necesidades hídricas contando, incluso, con la existencia de un importante trasvase (el Tajo-Segura regulado por Leyes de 1971 y 1980) para suplir sus necesidades, se entiende poco el escaso grado de ambición con el que se formula la política de reutilización o, desde otro punto de vista, quizá debamos pensar que no existan mayores posibilidades en función de los diversos condicionamientos que tiene esta cuenca fácilmente imaginables. No existen más normas sobre el particular en este Plan.

En este caso, así como en el del Plan del Júcar, habrán de tenerse en cuenta las previsiones cuantitativas formuladas en el marco del Programa AGUA y a las que me referiré en el último apartado –conclusiones- de este trabajo.

Planes Hidrológicos del Guadiana I y II

En los Planes Hidrológicos del Guadiana I y II se dispone la compatibilidad de los retornos depurados de abastecimientos urbanos con usos para riego, producción de energía hidroeléctrica, usos ecológicos y recreativos sin contacto (arts. 11 en los dos casos) conteniéndose un largo precepto (arts. 13 y 12 respectivamente para cada Plan) donde se indica que:

> "en tanto el Gobierno no desarrolle por vía reglamentaria de acuerdo con el artículo 101 de la Ley de Aguas 29/1985, las condiciones básicas para su (sic) reutilización directa de las aguas residuales para riego, se tendrán en cuenta las siguientes condiciones".

Nótese el planteamiento de creación de una norma de carácter estrictamente supletorio que, además, se formula exclusivamente para el uso para riego al margen de la compatibilidad más amplia indicada en los arts. 11 de cada Plan. Estos arts. 13 y 12 representan una regulación material, de fondo, en cuanto se ponen en contacto distintos tipos de riegos con el estado bacteriológico de las aguas, la presencia de fitotóxicos, su conductividad, el índice de absorción de sodio y el contenido de cloruros y sulfatos. En todo caso se hace referencia al

informe previo sanitario y a que solo se utilizarán "para nuevos regadíos o reforzamiento de zonas en explotación que se encuentren en situación de precariedad. En las zonas de déficit la reutilización se autorizará exclusivamente para sustituir derechos de aguas para usos de riego o industriales".

Plan Hidrológico del Sur

En este Plan se contiene una prescripción de orden general relativa al favorecimiento de "la utilización de la aguas residuales depuradas para lo que se deberá cumplir lo indicado en este texto" (art. 9) añadiéndose un Cuadro nº 11 en el que se relacionan los usos a los que se podrían dedicar las aguas residuales depuradas (agrícola y forestal, municipal, industrial, acuicultura y turístico y recreativo) con estándares de calidad fundamentalmente bacteriológicos y tratamiento orientativo de las aguas residuales.

Plan hidrológico del Tajo

El Plan mencionado establece unos ambiciosos objetivos para la depuración de las aguas residuales (vid. su largo art. 28) disponiendo en el art. 33 la necesidad de estudio durante el primer horizonte del plan de las posibles instalaciones para la reutilización de las aguas residuales depuradas mencionando los riegos, la jardinería u otros usos los susceptible de dedicación de las aguas depuradas. En tanto en cuanto no exista la reglamentación específica nacional, el Plan contiene tres Anexos de aplicabilidad donde se fijan requisitos sanitarios para los distintos usos, métodos de análisis y frecuencia de muestreo.

Plan Hidrológico del Ebro

Este Plan, bajo la apelación de "normativa provisional de reutilización planificada" (art. 91) dispone que en tanto no aparezca la normativa básica del Gobierno, se tendrán en cuenta "de forma orientativa" las recomendaciones de la OMS y cualquier otro criterio que pudiera considerarse aplicable en relación con las características de calidad requeridas en función del tipo de cultivo o aprovechamiento.

También existen algunas normativas autonómicas con prescripciones sobre el particular, pero son de escasa significación y no merece la pena introducirse en este momento en su análisis.

CONCLUSIONES

Como indiqué al comienzo de este trabajo, pese a una vida bastante lánguida hasta este momento, las esperanzas depositadas por el programa AGUA en la reutilización y desalación son importantísimas. Según la documentación oficial proveniente del Ministerio de Medio Ambiente, se pretenden conseguir 1000 Hm^3 (el mismo volumen de agua, prácticamente, que el que se contenía para el trasvase del Ebro en la Ley del Plan Hidrológico Nacional de 2001 que era de 1050 Hm^3, pero en "bruto", debiendo descontarse las pérdidas de transporte) para las cuencas mediterráneas de los que 500 procederían de la desalación o desalobración y 200 de la reutilización de aguas residuales depuradas. Comparado esto con la escasez de lo realizado hasta el momento, se comprende fácilmente el importante reto que asume el Gobierno fijándose semejante objetivo.

En estas circunstancias es difícil decir si el marco jurídico disponible es el mejor posible para la consecución de tales objetivos. Es claro que la reforma operada por la Ley 11/2005, aun tenue, ha incrementado el nivel de intervención administrativa y, en teoría, disminuido los incentivos para la iniciativa privada. Pero, como ya se hizo notar, desde 1999 hasta la

aprobación de esta última Ley estuvo vigente un ordenamiento jurídico más "liberal" y ello no condujo a ningún tipo significativo de actuación privada en este plano pues todo se fiaba, allí donde se planteaban necesidades de agua, a la realización del trasvase del Ebro. Parece evidente que el peso va a recaer sobre el sector público (singularmente la sociedad estatal ACUAMED) para cuya actuación es relativamente indiferente el contenido del ordenamiento jurídico.

En todo caso lo que sí puede influir de una forma importante en el futuro en estas actividades, es la aplicación del principio de recuperación de costes que debe tener lugar a partir de 2010. Todavía hoy se ignora casi todo sobre cómo operará en el plano interno español este principio que ya está recogido -sin novedad de ninguna importancia en relación al art. 9 de la Directiva comunitaria 2000/60/CE, por la que se establece un marco comunitario de actuación en el ámbito de la política de aguas-, en el art. 111 bis del Texto Refundido de la Ley de Aguas tras la Ley 62/2003, de 30 de diciembre, de medidas fiscales, administrativas y del orden social cuyo art. 129 procede a la transposición de dicha Directiva. Dados los costes de la desalación de aguas marinas, sobre todo, es evidente que una recuperación completa de costes no será favorecedora de la desalación a no ser que se produzcan, otra vez, avances técnicos de los que tanto han posibilitado la rebaja de costes en los últimos años, lo que vista la experiencia no debería descartarse en modo alguno. En todo caso no debe olvidarse que el principio comunitario y también del art. 111 bis es el de la recuperación de costes, y que las excepciones a dicho principio deberán justificarse adecuadamente y no poner en peligro, en ningún caso, los objetivos de la Directiva.

REFERENCIAS

(Se prefiere dar solo noticia de los trabajos más interesantes y específicos sobre la materia, desde el punto de vista del autor, en lugar de hacer una exhaustiva relación de menciones a la desalación o reutilización en trabajos que, normalmente, se dedican a otras cuestiones).

Colom Piazuelo, E. (2000). El dominio público hidráulico. Novedades, en *La reforma de la Ley de Aguas (Ley 46/1999, de 13 de diciembre)*, A. Embid Irujo (ed.), Civitas, Madrid, pp. 329-350.

Embid Irujo, A.(2000). Reutilización y desalación de aguas. Aspectos jurídicos, en *La reforma de la Ley de Aguas (Ley 46/1999, de 13 de diciembre)*, A. Embid Irujo (ed.), Civitas, Madrid, pp. 113-158.

Jiménez Shaw, C. (2003). Régimen jurídico de la desalación del agua marina, Tirant lo Blanch, Valencia.

Moreu Ballonga, J.L. (2000). La desalación de aguas marinas en la Ley 46/1999, RAP 152, pp. 29-72.

Jornades Tècniques: La integració de l'aigua regenerada en la gestió dels recursos
Jornadas Técnicas: La integración del agua regenerada en la gestión de los recursos
Technical Workshop: The integration of reclaimed water in water resource management
Lloret de Mar, Costa Brava, Girona, Octubre 2005

THE NEW DRAFT WHO GUIDELINES FOR WATER REUSE IN AGRICULTURE

George Kamizoulis, PhD, MPH

WHO/EURO – MED POL
Coordinating Unit for the Mediterranean Action Plan
48 Vassileos Konstantinou Avenue
116 35 Athens
Greece
E-mail: whomed@hol.gr

SUMMARY

WHO published in 1989 the first "Guidelines for the safe use of wastewater and excreta in agriculture and aquaculture", that were widely used. Since that time, more experience has been gained and more evidence is produced. The new WHO guidelines on water reuse in agriculture, although still in draft form, provide all the basic information on the health risks, and how to arrive at the health based targets, by quantifying the risk and developing pathogen reduction targets. Furthermore, an analysis of the health protection measures is included, making reference to the wastewater treatment, crop restrictions, wastewater application methods and human exposure control.

Keywords: Agriculture, Guidelines, Wastewater treatment, Wastewater use, Water reuse

PREFACE

The text that follows is based on the related draft WHO guidelines and is subject to changes when the final guidelines will be produced. However, it reflects the methodology and the scientific background for the rationale followed.

MICROBIAL EVIDENCE

Untreated wastewater contains a variety of excreted organisms and pathogens, with types of numbers that vary depending upon the background levels of disease in the population. Disease outbreaks in affected populations result in increased concentrations of the causative agents in the wastewater. Table 1 below shows ranges of concentrations for different excreted organisms that can be found in wastewater, and are related to Bacteria, Intestinal helminths, Protozoa and viruses.

Table 1. Typical numbers of excreted organisms in untreated wastewaters. Sources: Yates and Gerba (1998), Faechem et al. (1983), Mara and Silva (1986); and Oragui et al. (1987).

Organism	Numbers in wastewater (per litre)
Bacteria	
Thermotolerant coliforms	10^8 -10^{10}
Campylobacter jejuni	10 - 10^4
Salmonella spp.	1 - 10^5
Shigella spp.	10 - 10^4
Vibrio cholerae	10^2 - 10^5
Intestinal helminths	
Ascaris lumbricoides	1 - 10^3
Ancylostoma/Necator	1 -10^3
Trichuris trichiura	1- 10^2
Protozoa	
Cryptosporidium parvum	1 - 10^4
Entamoeba histolytica	1 -10^2
Giardia intestinalis	10^2 - 10^5
Viruses	
Enteric viruses	10^5 - 10^6
Rotavirus	10^2 - 10^5

The above organisms are responsible for a number of risks associated with the issue of wastewater for irrigation. Following an evaluation of all the epidemiological evidence of the health effects of wastewater in agriculture, a summary of the main epidemiological evidence provides a number of health risks to consumers. There is evidence that significant risks exist of Ascaris infection for both adults and children with untreated wastewater (Khalil, 1931; Baumhogger, 1949; Krey, 1949; Shuval et al., 1984). Moreover, cholera, typhoid and shigellosis outbreaks were reported from use of untreated wastewater as well as sero-positive responses for Helicobacter pylori (untreated) (Hopkins et al., 1993). There is an increase in non-specific diarrhoea when water quality exceeds 10^4 thermotolerant coliform per 100 mL (Blumenthal et al., 2003). Regarding protozoa, there is evidence, of parasitic protozoa found on wastewater irrigated vegetable surfaces but no direct evidence of disease transmission (Carr et al., 2004). In addition to the risks on consumers, also other groups are exposed, as for example farm workers and their families, and nearby communities.

EPIDEMIOLOGICAL EVIDENCE

Since the publication of the wastewater guidelines in 1989, the health risks form wastewater use in agriculture have been investigated through quantitative microbial risk analysis (QMRA), as well as through epidemiology.

For unrestricted irrigation, Mara et al. (2005) estimated the median risks per person per year for rotavirus, Campylobacter and Cryptosporidium infections resulting from the consumption of 100 g of wastewater-irrigated lettuce on alternate days. The risks were estimated for one fixed value, 1000, and eight single-log ranges, 1-10 to 10^7-10^8, of E. coli numbers per 100 mL of wastewater (i.e., "Californian" treatment through to untreated).

The estimated risks, given in Table 2 are ~10^{-4} –10^{-6} per person per year (pppy) for a wastewater quality of 1000 E. coli per 100 mL, and ~10^{-2} –10^{-4} per person per year for a wastewater quality of 10^4-10^5 E. coli per 100 mL – i.e., the risks of eating wastewater-irrigated lettuce are not higher than 10^{-2} pppy when the wastewater quality exceeds the level

of ≤1000 *E. coli* per 100 mL by one order of magnitude or more. Table 2 also shows that (a) when untreated wastewater is used, the risks are very high; and (b) even where a tolerable risk is set at 10^{-4} pppy, this can be achieved by treating the wastewater to 1000 *E. coli* per 100 mL.

Table 2. Unrestricted irrigation: median infection risks from the consumption of wastewater-irrigated lettuce estimated by 10,000-trial Monte Carlo simulations*

Wastewater quality (*E. coli* per 100 mL)	Median infection risk per person per year		
	Rotavirus	*Campylobacter*	*Cryptosporidium*
10^7-10^8	0.99	0.28	0.50
10^6-10^7	0.65	6.3×10^{-2}	6.3×10^{-2}
10^5-10^6	9.7×10^{-2}	2.4×10^{-3}	6.3×10^{-3}
10^4-10^5	9.6×10^{-3}	2.6×10^{-4}	6.8×10^{-4}
10^4	2.2×10^{-3}	1.3×10^{-4}	4.5×10^{-4}
10^3-10^4	1.0×10^{-3}	2.6×10^{-5}	3.1×10^{-5}
10^3	2.2×10^{-4}	5.6×10^{-6}	1.4×10^{-5}
100-1000	8.6×10^{-5}	3.1×10^{-6}	6.4×10^{-6}
10-100	8.0×10^{-6}	3.1×10^{-7}	6.7×10^{-7}
1-10	1.0×10^{-6}	3.0×10^{-8}	7.0×10^{-8}

*100 g lettuce eaten per person per 2 days; 10-15 mL wastewater remaining on 100 g lettuce after irrigation; 0.1-1 rotavirus and *Campylobacter,* and 0.01-0.1 oocyst, per 105 *E. coli;* 10^{-2}-10^{-3} rotavirus and *Campylobacter* die-off, and 0-0.1 oocyst die-off, between harvest and consumption; ID50 = 6.17 ± 25% and a = 0.253 ± 25% for rotavirus; ID50 = 896 ± 25% and a = 0.145 ± 25% for *Campylobacter, r*= 0.0042 ± 25% for *Cryptosporidium*

Mara, Sleigh and Blumenthal (2005) also estimated the median risks per person per year for rotavirus, *Campylobacter* and *Cryptosporidium* infections resulting from the consumption of 100 g of raw onions per person per week for five months; these rates of consumption were based on those found in the dry season in the Mezquital Valley in Mexico, where Blumenthal et al. (2003) studied the weekly prevalence of symptomatic diarrhoeal disease. The parameter values used in the models were modified to reflect the field conditions by using different ranges of parameter values, to allow for (a) the greater number of micro-organisms expected to be on the surface of onions than on lettuce (Geldreich and Bordner (1972) found root vegetables irrigated with wastewater containing 5.8×10^4 thermotolerant coliform per 100 mL to have an order of magnitude more faecal bacteria than leafy vegetables); (b) the lower die-off of faecal organisms in soil than on exposed crop surfaces (Strauss, 1985); and (c) a lower volume of wastewater remaining on onions than on lettuce.

The simulated rotavirus infection risk of 0.39 per person per five months for a wastewater quality of 10^3 – 10^5 *E. coli* per 100 mL (Mara et al., 2005) shows (Table 3) very close agreement with the measured incidence of diarrhoeal disease of 0.38 per person per five months (calculated by converting prevalence values obtained in the epidemiological study to estimates of the rate of infection, using a number of assumptions). The risks calculated for *Campylobacter* and *Cryptosporidium* were lower by one and three orders of magnitude, respectively. Thus, provided that the parameter values used in the QMRA equations are carefully chosen to reflect conditions in the field, there can be agreement between QMRA-estimated infection risks and disease incidences determined from epidemiological field studies (this was also found to be the case for restricted wastewater irrigation).

Table 3 shows that the value of ≤ 1000 *E. coli* per 100 mL is protective against viral, bacterial and protozoan infections for compliance with a tolerable risk of 10^{-2} pppy; a wastewater quality of 100 *E. coli* per 100 mL would be needed to achieve a lower rotavirus infection risk of ~10^{-3}. Table 3 confirms that (a) when untreated wastewater is used, the risks are very high;

and (b) when wastewater of a quality higher than 1000 *E. coli* per 100 mL is required for unrestricted irrigation, the resulting risks are less than 10^{-3} pppy.

Table 3. Unrestricted irrigation: median infection risks from the consumption of wastewater-irrigated onions estimated by 10,000-trial Monte Carlo simulations*

Wastewater quality (*E. coli* per 100 mL)	Median infection risk per person per year		
	Rotavirus	*Campylobacter*	*Cryptosporidium*
10^7-10^8	1.00	0.99	3.6×10^{-2}
10^6-10^7	0.99	0.81	3.9×10^{-3}
10^5-10^6	0.99	0.17	3.2×10^{-4}
10^4-10^5	0.43	1.6×10^{-2}	3.7×10^{-5}
10^3-10^5	0.39	1.7×10^{-2}	2.8×10^{-4}
3×10^4	0.29	1.1×10^{-2}	2.3×10^{-4}
10^3-10^4	4.5×10^{-2}	2.6×10^{-5}	3.7×10^{-6}
1000	1.1×10^{-2}	1.8×10^{-3}	7.6×10^{-6}
100-1000	5.6×10^{-3}	1.0×10^{-4}	3.8×10^{-7}
100	1.2×10^{-3}	3.2×10^{-5}	8.0×10^{-8}
10-100	4.4×100^{-4}	1.1×10^{-6}	3.0×10^{-8}
1-10	5.7×10^{-5}	1.8×10^{-6}	$<10^{-8}$

*100 g of onions consumed per person once per week for five months; 1-5 mL wastewater remaining on 100 g onions after irrigation; 1-10 rotavirus and *Campylobacter,* and 0.1-1 oocyst, per 105 *E. coli;* 0.1-1 rotavirus and *Campylobacter* die-off, and 0-01-0.1 oocyst die-off, between harvest and consumption; ID50 = 6.17 ± 25% and a = 0.253 ± 25% for rotavirus; ID50 = 896 ± 25% and a = 0.145 ± 25% for *Campylobacter, r*= 0.0042 ± 25% for *Cryptosporidium*

TOLERABLE RISK

In setting guidelines for the use of wastewater it would be logical to ensure that the overall levels of health protection were comparable to those for other water exposures (e.g. through drinking water or recreational water contact). This would require comparison of very different adverse health outcomes, such as cancer, diarrhoea, etc. Significant experience has now been gained in such comparisons, especially using the metric of DALYs (WHO, 2003).

DISABILITY ADJUSTED LIFE YEARS (DALYS)

DALYs are a measure of the health of a population or burden of disease due to a specific disease or risk factor. DALYs attempt to measure the time lost because of disability or death from a disease compared with a long life free of disability in the absence of the disease. DALYs are calculated by adding the years of life lost to premature death (YLL) to the years lived with a disability (YLD). Years of life lost are calculated from age-specific mortality rates and the standard life expectancies of a given population. YLD are calculated from the number of cases multiplied by the average duration of the disease and a severity factor ranging from 1 (death) to 0 (perfect health) based on the disease (e.g., watery diarrhoea has a severity factor from 0.09 to 0.12 depending on the age group) (Prüss and Havelaar, 2001; Murray and Lopez, 1996). DALYs are an important tool for comparing health outcomes because they account for not only acute health effects but also for delayed and chronic effects – including morbidity and mortality (Bartram, Fewtrell and Strenström, 2001).

When risk is described in DALYs, different health outcomes (e.g., cancer vs giardiasis) can be compared and risk management decisions can be prioritised.

For carcinogenic chemicals in drinking water, guideline values have been set at a 10^{-5} upper-bound reference level of risk (WHO, 2004). This means that there would be a maximum of

one excess case of cancer per 100,000 of the population ingesting drinking water that contained the chemical at the guideline concentration over a lifetime. The disease burden associated with this level of risk and adjusted for the severity of the illness if approximately 1 x 10^{-6} DALY (1μDALY) (WHO, 2004). This level of disease burden can be compared to a mild but more frequent illness such as self-limiting diarrhoea caused by a microbial pathogen. The estimated disease burden associated with mild diarrhoea (e.g., with a case fatality rate of ~1 x 10^{-5}) at an annual disease risk of 1 in 1000 (10^{-3}) (~1 in 10 lifetime risk) is also about 1 x 10^{-6} DALY (1μDALY) (WHO, 2004).

HEALTH BASED TARGETS (HTB)

An HBT uses the tolerable risk of disease as a baseline to set specific performance targets that will reduce the risk of disease to this level. Exposure to different concentrations of pathogens or toxic chemicals through wastewater contact or through consumption of wastewater irrigated products is associated with a certain level of risk. Reducing this risk thus involves reducing the levels of exposures to pathogens and chemicals. Therefore, the goal of HBTs in wastewater use is to reduce the exposure to pathogens or chemicals derived from the wastewater to protect public health (WHO, 2004).

The development of HBTs is based upon a reference level of risk of 10^{-6} DALYs. This is the same reference point for excess burden of disease as used by WHO in other areas of water management for health such as the WHO Guidelines for Drinking Water Quality and therefore it is appropriate for the international export of food crops irrigated with wastewater.

Assessment and Quantification of risk

Setting of health-based targets requires information on concentrations of pathogens present in source waters, dose responses and disease burdens.

Selection of reference pathogens should be based on consideration of a combination of:

- High occurrence
- High concentration in water to be recycled
- Low removal in treatment
- Long survival in the environment; and
- High pathogenicity

The goal of risk management strategies is to reduce the risk from any exposure (or the estimated number of exposures during a given period of time) to wastewater-related pathogens to a level that does not result in disease for as large a population as possible within the given constraints of the situation (i.e., technical, financial, etc.). Theses goals and the given constraints are reflected in the assessment of tolerable risk and health-based targets.

Based upon the estimated concentrations of pathogens in the raw wastewater and the volumes that people will be exposed to through different activities (i.e., contact, consumption of raw vegetables), it is possible to estimate the percentage and log reductions needed for each class of pathogen to arrive a tolerable DALY loss per person per year (percentage reductions are often described in logarithmic (log10) terms. A one log reduction equals a 90% reduction, a two log reduction equals a 99% reduction, a three log reduction equals a 99.9% reduction, etc).

HEALTH PROTECTION MEASURES

The pathogens and some chemicals present in the wastewater are the primary health hazards associated with the use of wastewater. Secondary risks may arise from the creation of habitats that facilitate the survival and breeding of vectors and a subsequent increase in the transmission of vector-borne diseases in the irrigated areas. An analysis of the system can lead to identification of the key risk points, methods of exposure and populations that might be exposed.

A variety of health protection measures are possible to make wastewater use in agriculture safer. The available measures for health protection can be grouped into four main categories:

(a) Waste treatment
(b) Crop restriction
(c) Irrigation technique and application timing, and
(d) Human exposure control

It will often be desirable to apply a combination of several methods. For example, crop restriction may be sufficient to protect consumers, but it will need to be supplemented by additional measures to protect agricultural workers. Sometimes partial treatment to a less demanding standard may be sufficient if combined with other measures.

The feasibility and efficacy of any combination will depend on many factors, which must be carefully considered before any option is put into practice. These factors will include the following: (i) Availability of resources (labour, funds, land), (ii) Existing social and agricultural practices, (iii) Market demand for wastewater irrigated products, and (iv) Existing patterns of excreta-related disease.

BARRIERS

In the use of wastewater in agriculture there are a series of control points or barriers, which can be used to mitigate risk but failure of one, although important, may not result in a negative health impact if there are other downstream control points which might eliminate the hazard. These additional barriers can reduce exposures to pathogens and are included as exposure reduction credits in the HBTs (Table 4).

- Pathogen die-off in the field or on the crop due to UV radiation, desiccation, temperature, predation, etc
- Allowing sufficient time between wastewater application and harvest to facilitate pathogen die-off on crops
- Application techniques that prevent crop contamination (local or drip irrigation)
- Types of crops, which are irrigated – crops that are not eaten or only eaten after cooking will lead to less health risk
- Protective clothing for farmers or crop handlers; and
- Washing and cooking vegetables in the home

The following provides a brief description of several technologies, review the process efficiency for pathogen and chemical removal, present information on operating considerations and describe the pros and cons of each technology in different situations (Table 5).

Crop restriction can be used to protect the health of consumers when water of sufficient quality is not available for unrestricted irrigation. Crop restriction is not an adequate single control measures and should only be considered within an integrated system of control. Crop restriction is feasible and is facilitated in several circumstances including the following: (a) Where a law-abiding society or strong law enforcement exists, (b) Where a public body controls allocation of the wastes, and has the legal authority to require that crop restrictions be followed, (c) Where an irrigation project has strong central management, (d) Where there is adequate demand for the crops allowed under crop restriction, and where they fetch a reasonable price, and (e) Where there is little market pressure in favour of excluded crops.

The choice of wastewater application method can impact the health status of farm workers, consumers, and nearby communities. Spray/sprinkler irrigation has the highest potential to spread contamination on crop surfaces and affect nearby communities. Bacteria and viruses (but not usually intestinal nematodes) can be transmitted through aerosols to nearby communities (NRMMC/EPHC, 2005).

Table 4. Percentage reduction in exposure to pathogens. Source: NRMMC/EPHC (2005); Petterson and Ashbolt (2003)

Measures				
Crop restriction	Cooking	Peeling	-	-
	99.999 – 99.9999 %	99 %	-	-
Application technique	Withholding period	Drip irrigation	DI non-contact *	Spray control
	90 % / day **	99 %	99.99 %	90 %
Exposure control	Withholding Periods-public parks (1-4 hours)	No public access during irrigation	Buffer zones (50-100m)	Sub-surface irrigation of plants/shrubs or grass
	90 %	99 %	90 %	99.999 – 99.9999 %

* DI = Drip Irrigation, this category includes crops with no ground contact, subsurface irrigation of above ground crops and drip irrigation of plants/shrubs

** Depends on weather, temperature and crop (fastest die-off on plants exposed to sun and hot, dry conditions, less for root crops and rainy weather, very rapid inactivation of viruses in warm sunny conditions as high as 2.5 logs per day).

Localized irrigation techniques (e.g., bubbler, drip, trickle) offer farm workers the most health protection because the wastewater is applied directly to the plants. Vaz da Costas Vargas et al. (1996), has shown that cessation of irrigation for 1-2 weeks prior to harvest can be effective in reducing crop contamination. Studies have indicated that each day delay between wastewater application and harvest reduces pathogens (bacteria, protozoa and viruses, no data available for helminth eggs), by at least 1 log in hot and sunny weather (Petterson and Ashbolt, 2003). This would depend upon the climatic conditions, with more rapid pathogen die-off in hot, dry weather and less in cool or wet weather without much direct sunlight.

VERIFICATION MONITORING

Verification is the use of methods, procedures or tests in addition to those used in operational monitoring to determine if the performance of the wastewater use system is in compliance with the stated objectives outlines by the health-based targets and/or whether the system needs modification and revalidation.

For microbial water quality, verification is likely to include microbiological testing. In most cases it will involve the analysis of faecal indicator microorganisms, but in some circumstances it may also include assessment of specific pathogen densities. Verification of the microbial quality of the wastewater includes testing for *Escherichia coli* or thermotolerant coliforms.

Table 5. Removal efficiencies of excreted microbes achieved by selected treatment processes

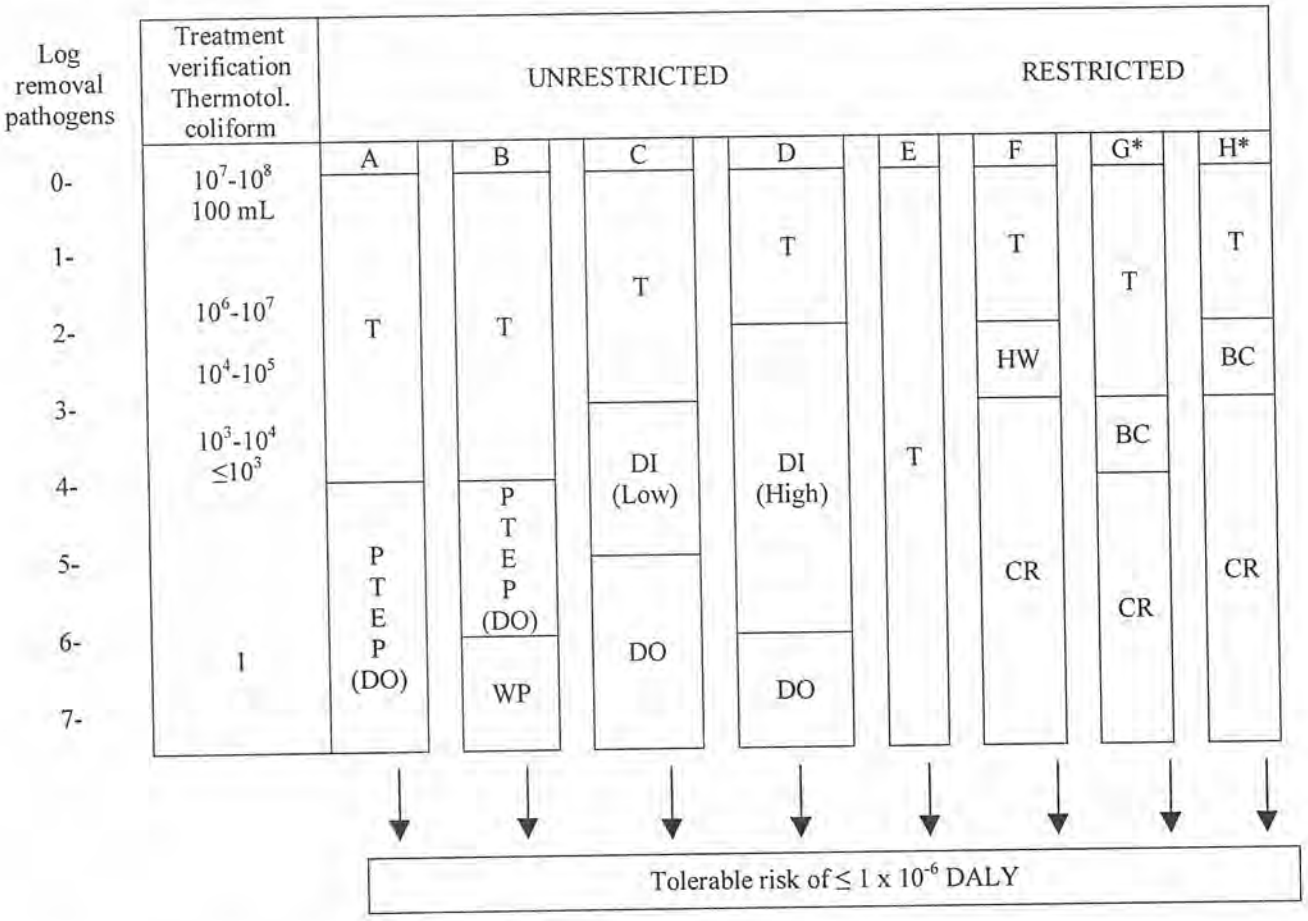
Treatment technology	Pathogen removal percentages / log_{10}			
	Bacteria	Helminths	Protozoa	Viruses
Primary treatment				
Primary sedimentation	% 50 – 90 log_{10} 0-1	% 90 log_{10} 0-1	% 27 – 64 log_{10} 0-1	% 50 – 98 log_{10} 0-1
Primary sedimentation + chemical coagulation	% 50 – 90 log_{10} 0-1	% 90 – 99.9 log_{10} 1-3	% 27 – 64 log_{10} 0-1	% 50 – 98 log_{10} 0-1
Secondary treatment				
Activated sludge or trickling filter + secondary sedimentation	% 90 – 99.9 log_{10} 1-3	% 90 – 99 log_{10} 1-2	% 45 – 97 log_{10} 0-1	% 53 – 99.9 log_{10} 0-3
Aerated lagoon + settling pond	% 90 – 99 log_{10} 1-2	% 90 – 99.9 log_{10} 1-3	% 45 – 97 log_{10} 0-1	% 90 – 99 log_{10} 1-2
Tertiary treatment / Filtration / Membrane processes				
Coagulation / Flocculation	% 30 – 99 log_{10} 0-1	% 99 log_{10} 2	% 95 – 99.99 log_{10} 1.5-4	% 90 – 99.9 log_{10} 1-3
High rate granular or slow rate sand filtration	% 50 – 99.5 log_{10} 0-2.5	% 90 – 99 log_{10} 1-2	% 50 – 99.9 log_{10} 0-3	% 20 – 99.99 log_{10} 1-4
Dual media filtration	% 30 – 90 log_{10} 0-1	% 99 – 99.9 log_{10} 2-3	% 90 – 99.9 log_{10} 1-3	% 50 – 99.9 log_{10} 0-3
Membrane processes	% 99.95 – 99.9999 log_{10} 3.5-6	% > 99.9 $log_{10} > 3$	% > 99.9999 $log_{10} > 6$	% 99.5 – 99.9999 log_{10} 2.5-6
Disinfection				
Chlorination (free chlorine)	% 99 – 99.9999 log_{10} 2-6	% ≤ 90 log_{10} 0-1	% ≤ 95 log_{10} 0-1.5	% 90 – 99.9 log_{10} 1-3
Ozone disinfection	% 99 – 99.9999 log_{10} 2-6	% ≤ 90 log_{10} 0-1	% ≤ 99 log_{10} 0-2	% 99.9 – 99.9999 log_{10} 3-6
UV disinfection	% 99 – 99.99 log_{10} 2-4	ND	% > 99.9 $log_{10} > 3$	% 90 – 99.9 log_{10} 1-3
Natural systems				
Waste stabilization ponds	% 90 – 99.9999 log_{10} 1-6	% 90 – 99.9 log_{10} 1-3	% 90 – 99.99 log_{10} 1-4	% 90 – 99.99 log_{10} 1-4
Wastewater storage and treatment reservoirs	% 90 – 99.9999 log_{10} 1-6	% 90 – 99.9 log_{10} 1-3	% 90 – 99.99 log_{10} 1-4	% 90 – 99.99 log_{10} 1-4
Constructed wetlands	% 50 – 99.9 log_{10} 0.5-3	% 99.9 log_{10} 3	% 50 – 99 log_{10} 0.5-2	% 95 – 99 log_{10} 1.5-2

ND = Nodata

Sources: Jiménez (2003); Yates and Gerba (1998); WHO (2004); Feachem et al. (1983), Rose et al. (1996, 1997); National Research Council (1998); Clancy et al. (1998); Lazarova et al. (2000; Sobsey (1989); Australia Environmental Health Service (2005); Karimi, Vickers and Harasick (1999).

The WHO microbial guideline values are not intended as standards for quality surveillance but as design goals to be used when planning a treatment system. Monitoring requirements should be based upon the wastewater use system and the defined National health-based targets.

Figure 1. Example for design purposes: Health based targets + advices of health protection measures



* = where children under 15 years are exposed
T = treatment
PTEP = post-treatment environmental protection
WP = washing and peeling
DO = die-off
DI = drip irrigation (L=low growing cops; H=high growing crops)
CR = crop restriction eg. industrial crops, crops eaten cooked
HW = hand washing with hygiene promotion
BC = behaviour change (tools when farming)

References

Bartram, J., L. Fewtrell and T-A Strenström (2001), Harmonised assessment of risk and risk management for water-related infectious disease: an overview. In: Fewtrell L, and Bartram J (eds), (2001). *Water Quality: Guidelines, Standards for Health; Assessment of Risk and Risk Management for Water-related Infectious Disease*. IWA on behalf o the World Health Organization, London, UK.

Baumhogger, W. (1949), Ascariasis in Darmstadt and Hesen as seen by a wastewater engineer. *Zeitschrift fur Hygiene and Infektions Krankheiten* **129**, 488-506.

Blumenthal, U.J., A. Peasey, M. Quigley and G. Ruiz-Palacios (2003), *Risk of Enteric Infections through Consumption of Vegetables with Contaminated River Water*. London School of Hygiene and Tropical Medicine, London.

Carr, R., U. Blumenthal and D. Mara (2004), Health guidelines for the use of wastewater in agriculture: developing realistic guidelines in: Scott C., Faruqui NI, Raschid-Sally L (eds.) Wastewater Use in Irrigated Agriculture: Confronting the Livelihood and Environmental Realities, Commonwealth Agricultural Bureau International, Orient-Longman, and International Development Research Centre, Ottawa, Canada.

Clancy, J.L., T.M. Hargy, M.M. Marshall and J.E. Dyksen (1998), UV light inactivation of Cryptosporidium oocysts. *Journal AWWA*, **90**(9), 92-102.

Feachem, R.G., D.J. Bradley, H. Garelick and D.D. Mara (1983), Sanitation and disease: health aspects of excreta and wastewater management. World Bank Studies in Water Supply and Sanitation 32. Chichester: John Wiley & Sons.

Geldreich, E.E. and R.H. Bordner (1971), Faecal contamination of fruits and vegetables during cultivation for processing and marketing: a review. *Journal of Milk and Food Technology* **34**, 184:195.

Hopkins, R.J. P.A. Vial, C. Ferrecio, J. Ovalle, P. Prado, V. Sotomayor, R.G. Russell, S.S. Wasserman, and J.G. Morris Jr (1993), Seroprevalence of *Heliobacter pylori* in Chile: *Vegetables May Serve as one Route of Transmission*. Journal of Infections Diseases **168**, 222-226.

Jiménez, B. (2003), Health risk in aquifer recharge with recycled water (chapter 3). In: Aertgeerts R. and Angelakis A. (eds.) State of the Art Report Health Risks in Aquifer Recharge Using Reclaimed Water. World Health Organization, Geneva.

Karimi, A.A., J.C. Vickers and R.F. Harasick (1999), Microfiltration goes Hollywood: the Los Angeles experience. *Journal of the American Water Works Association*, **91**(6), 90-103.

Khalil, M. (1931), The pail closet as an efficient means of controlling human helminth infections as observed in Tura prison, Egypt, with a discussion on the source of Ascaris Infection. Annals of Tropical Medicine and Parasitology **25**, 35-62

Krey, W. (1949), The Darmstadt Ascariasis epidemic and its control. *Zeitschrift fur Hygiene and Infektions Krankheiten* **129**, 507-518

Lazarova, V., P. Savoye, L. MacGovern, P. Shields, G. Tchobanoglous, R. Sakaji and M. Yates (2000), Wastewater Disinfection by UV: Evaluation of the MS2 Phages as a Biodosimeter for Plant Design. In: *Proceedings of the WateReuse Association Symposium 2000, September 12-15, 2000*, Napa. CA.

Mara, D.D. and S.A. Silva (1986), Removal of intestinal nematode eggs in tropical waste stabilization ponds: Journal of Tropical Medicine and Hygiene, 89(2):71-74.

Mara, D.D., P.A. Sleigh and U.J. Blumenthal (2005), Health risks in wastewater irrigation: comparing estimates from quantitative microbial risk analyses and epidemiological studies. *Journal of Water and Health* (submitted).

Murray C.J.L. an A.D. Lopez, eds., (1996), *The Global Burden of Disease, Vol. I.* Cambridge MA, Harvard School of Public Health on behalf of the World Health Organization and The World Bank.

National Research Council (NRC) (1998), *Issues of Potable Reuse: The Viability of Augmenting Drinking Water Supplies with Reclaimed Water*, Washington, DC, National Academy Press.

NRMMC/EPHC (2005), *National Guidelines for Water Recycling: Managing Health and Environmental Risks:* Natural Resource Management Ministerial Council and the Environment Protection and Heritage Council of Australia, Australia.

Oragui, J.I., T.P. Curtis, S.A. Silva and D.D. Mara (1987), Removal of excreted bacteria and viruses in deep waste stabilization ponds in northeast Brazil. Water Science and Technology **19** (Rio), 569-573.

Petterson, S.A. and N.J. Ashbolt (2003), *WHO Guidelines for the Safe Use of Wastewater and Excreta in Agriculture: Microbial Risk Assessment Section.* Unpublished document prepared for the World Health Organization, Geneva, 36 p.

Prüss, A., and A. Havelaar (2001), The Global Burden of Disease study and application sin water, sanitation, and hygiene. In: Fewtrell L., and Bartram J. (eds), 2001, *Water Quality: Guidelines, Standards for Health; Assessment of Risk and Risk Management for Water-related Infectious Disease*. IWA on behlf of the World Health Organization, London. UK.

Rose, J.B. and T.R. Slifko (1999), Giardia, Cryptosporidium, and Cyclospora and Their Impact on Foods: A Review. *Journal of Food Protection*, 1999, 62(9):1059-1070.

Rose, J.B., L.J. Dickson, S.R. Farrah and R.P. Carnahan (1996) Removal of pathogenic and indicator microorganisms by a full-scale water reclamation facility. *Water Resources*, **30**(11), 2785-2797.

Rose, J.B., M. Robbins, D. Friedman, K. Riley. S.R. Farrah and C.L. Hamann (1997), Evaluation of microbiological barriers at the Upper Occoquan Sewage Authority. *In 1996 Water Reuse Conference Proceedings, February 25-28, San Diego, California,* pp. 291-305, American Water Works Association, Denver, Colorado.

Shuval, H.I., P. Yekutiel and B. Fattal (1984), Epidemiological evidence for Helminth and Cholera transmission by vegetables irrigated with wastewater: Jerusalem – A Case Study. *Water Science and Technology* 17, 433-442.

Sleigh, P.A. and D.D. Mara (2003), Monte Carlo Program for Estimating Disease Risks in Wastewater Reuse; available at http://www.efm.leeds.ac.uk/CIVE/MCarlo.

Sobsey, M. (1989), Inactivation of Health Related Microorganisms in Water by Disinfection Processes. *Water, Science and Technology*, 21(3), 179-195.

Strauss, M. (1985), Health aspects of nightsoil and sludge use in agriculture and aquaculture – Part II: Survival of excreted pathogens in excreta and faecal sludges. IRCWDD News No. 23, pp. 4-9, EAWAG/SANDEC, Dubendorf, Switzerland.

Vaz da Costa Vargas, S., R.K.X. Batos and D.D. Mara (1996), *Bacteriological Aspects of Wastewater Irrigation.* TPHE Research Monograph N. 8 University of Leeds (Department of Civil Engineering) Leeds, England.

WHO (2003), *The World Health Report 2003, Shaping the Future*, World Health Organization, Geneva.

WHO (2004a), *Guidelines for Drinking Water Quality*, third edition. Geneva, World Health Organization.

WHO (2004b), *The World Health Report 2004 – Changing History,* World Health Organization, Geneva.

Yates, M.V. and C.P. Gerba (1998). Chapter 10: Microbial Considerations in Wastewater Reclamation and Reuse. In: Asano T. (ed). *Wastewater Reclamation and Reuse*. Lancaster, Pennsylvania, Technomic Publishing Company, pp. 1-56.

Jornades Tècniques: La integració de l'aigua regenerada en la gestió dels recursos
Jornadas Técnicas: La integración del agua regenerada en la gestión de los recursos
Technical Workshop: The integration of reclaimed water in water resource management
Lloret de Mar, Costa Brava, Girona, Octubre 2005

ORIENTACIONS COMUNITÀRIES (UE) SOBRE LA QUALITAT DE LES AIGÜES REGENERADES

François Brissaud[1], Miquel Salgot[2]

[1] Hydrosciences
Université Montpellier II
34095 Montpellier Cedex 05
France
E-mail: brissaud@msem.univ-montp2.fr

[2] Institut de l'Aigua de la Universitat de Barcelona
Unitat d'Edafologia, Facultat de Farmàcia
Joan XXIII s/n
08028 Barcelona
E-mail: salgot@ub.edu

RESUM

Cada cop es fa més necessària una normativa de reutilització d'aigües residuals a Europa, que serveixi com a base per a una gestió integrada de l'aigua regenerada. No obstant, la diversitat cultural, social i de recursos hídrics de la Unió Europea fa que assolir una recomanació o norma que sigui acceptable per a totes les circumstàncies sigui difícil. Pot ser molt perillós per a l'èxit d'aquesta activitat que una normativa comuna que no consideri les especificitats de les contrades del Sud d'Europa o les relacions amb d'altres països no europeus aparegui sense consens ni discussió. Les perspectives de futur assenyalen que més que promulgar estàndards (que calen) s'ha de treballar en pràctiques de bon ús i en estudis de risc, que permetin una adaptació més fàcil als casos concrets.

Mots clau: Reutilització, aigües residuals, regeneració, Unió Europea, política d'aigües, recursos d'aigua.

INTRODUCCIÓ

A Europa la reutilització d'aigües residuals ha pres carta de naturalesa únicament en aquells llocs en que s'han constatat dèficits temporals o estructurals d'aigua. En aquest context, podem plantejar que es fa reutilització bàsicament a la conca mediterrània, però també en zones concretes de la conca atlàntica o de la mar del Nord.

És ben sabut que la major part de la legislació ambiental de la Unió ha estat suportada pels països del Nord, on la manca d'aigua no acostuma a ser preocupant. En aquest sentit, cal fer diverses consideracions. D'una part, cal afirmar que cal tenir una reglamentació europea de reutilització, però tal com estan ara les coses no queda massa clar quin hauria de ser l'abast ni les característiques d'una legislació o recomanacions d'aquest tipus. De l'altra, una norma legal hauria de tenir una lògica clara i entenedora.

De moment, malgrat el que acabem de dir, no sembla que hi hagi un interès excessiu del legislador europeu per a dedicar-se al tema de la reutilització. Noobstant, en els darrers mesos sembla que és possible que hi hagi un cert canvi d'opinió, ja que en una reunió del mes de juny a Luxemburg, on es van trobar informalment els "Directors de l'Aigua" dels països de la Unió Europea, els països candidats i els de l'EFTA es va manifestar un cert interès pel tema de la reutilització (Durham, 2005).

HISTÒRIA

Hi ha molts llocs de la Mediterrània en que la reutilització s'ha iniciat de manera "alegal", tot seguint pràctiques consuetudinàries. De fet, ja en l'època dels romans es feia servir l'aigua diverses vegades en una mateixa casa, i el mateix succeïa, fins i tot abans, a l'illa de Creta, al Palau de Knossos; pel que podem dir que ens trobem amb una pràctica ancestral que d'una o altra manera ha arribat al segle XXI.

Taula 1. Dades històriques i de qualitat dels estàndards de qualitat d'aigua residual regenerada per al reg no restringit (modificat de Salgot i Angelakis, 2001)

Any	Dades i criteris de qualitat
1918	El California State Board of Public Health publica les "First regulations for use of sewage for irrigation purposes in California"
1952	Primeres normes a Israel
1973	OMS: 100 CF/100 mL, 80% de mostres
1978	Noves normatives de reutilització de l'Estat de Califòrnia: 2.2 CT/100 mL
1978	Normes a Israel: 12 CF/100 mL en el 80% de mostres: 2,2 CF/100 mL en el 50% de mostres
1983	Informe del Banc Mundial (Shuval *et al.*, 1986)
1983	Estat de Florida: No detectar *E. coli* en 100 mL
1984	Estat d'Arizona: Estàndards per a virus (1 virus/40 L) y *Giardia* (1 quist / 40 L)
1985	Informe de Feachem *et al.*, 1983
1985	Informe d'Engelberg (IRCWD, 1985)
1989	Noves recomanacions de l'OMS per a reutilització: 1000 CF/100 mL < 1 ou de nematode/L
1990	Estat de Texas: 75 CF/100 mL
1991	Recomanacions sanitàries franceses: Basades en l'OMS
1992	Recomanacions de la US EPA per la reutilització: No detecció de CF en 100 mL (mitjana de 7 dies. No més de 14 CF/100 mL en cap mostra)
2000	Revisió dels criteris de l'estat de Califòrnia (Title 22)
2003	S'estan revisant les recomanacions de l'OMS (1989)
2004	Apareix el nou manual de la US EPA
2005	L'OMS suggereix que s'apliquin criteris de risc en comptes d'estàndards

Des de l'any 1918, en que es van promulgar les primeres normatives de reutilització a Califòrnia fins al moment actual (juliol de 2005) hi ha hagut una certa evolució de la normativa (Taula 1) i com és prou sabut, s'han desenvolupat dues escoles principals la de l'OMS i la de Califòrnia. En tot cas, la base d'aquestes normes ha estat gairebé sempre limitada al reg amb i sense restriccions, oblidant d'altres possibilitats excepte el cas de

aqüicultura per l'OMS. En l'actualitat, ja es consideren molt més d'altres tipus de reutilització.

Com podem veure, després d'uns anys de tranquil·litat, del 2003 al 2005 han revifat les actuacions de les institucions capdavanteres en la regeneració i reutilització d'aigües. Aquesta inquietud, causada en part per la creixent preocupació per la manca de recursos hídrics s'ha fet palesa en l'increment de seminaris, reunions i publicacions sobre la reutilització de les aigües residuals des de l'inici del segle XXI.

LES PLATAFORMES TECNOLÒGIQUES DE LA UE

La Comissió va constatar ja fa temps que hi ha un dèficit clar en el món de la recerca en la Unió Europea, si es fa la comparació amb les unitats polítiques equivalents, com són els Estats Units, Corea o el Japó. S'ha atribuït en part aquesta circumstància a la manca comparativa d'inversió per part dels industrials dels llocs respectius. Si examinem la Figura 1, veurem que el diferencial és prou important.

Amb la voluntat de cloure aquest buit, la Comissió va endegar les Plataformes Tecnològiques (PT). Aquestes estructures, més de 20, estaven pensades per a ajudar a la Comissió a definir les prioritats de recerca del actors (*stakeholders*) europeus de recerca pel VII Programa Marc. No obstant, aquestes prioritats ja s'han incorporat a la darrera crida del VI PM. En el món de l'aigua es va endegar la Plataforma "Aigua i Sanejament"

Complementàriament, hem de dir que per aquest VII PM hi ha definides 9 prioritats temàtiques, de les que ens en interessen 2:

- Salut
- Medi Ambient i Canvi Climàtic

En Salut apareixen les eines i biotecnologia per a la salut; encara que es podria interpretar que la depuració i reutilització no és aquí. Pel que fa a la prioritat Medi Ambient i Canvi Climàtic trobarem "Medi ambient i salut" i "Tecnologies ambientals" com a línies de recerca que poden obtenir fons de la Comissió.

El concepte bàsic de les PT és la iniciativa tecnològica conjunta: l'objectiu és emprendre, en aquells camps clau pel benestar, creixement econòmic i futur d'Europa, programes de recerca i desenvolupament tecnològics a gran escala i que impliquin i estimulin un gran esforç de recerca industrial coordinat a escala Europea.

És a dir, la indústria europea ha d'esdevenir competitiva i s'ha de convertir en una peça clau per a potenciar la recerca europea, tant pel que fa al finançament com a l'aprofitament immediat dels resultats; i això serveix per la regeneració i reutilització d'aigües residuals, que el grup de treball Aigua en l'Agricultura va definir com a importants.

En aquest sentit, la indústria de l'aigua, no tan sols la de l'explotació, hauria de ser bàsica en el desenvolupament de la reutilització al país. És cert que algunes empreses han apostat per la regeneració i reutilització, però malgrat algunes experiències positives no hi ha una aposta forta i clara de suport. Aquest suport hauria de ser no de finançament de la recerca pura a les Universitats (també una mica), sinó que cal una aposta forta pel desenvolupament de la tecnologia de tractament (e.g. sistemes tous, desinfecció) i d'aplicació (sistemes de reg) que la

indústria pogués utilitzar molt immediatament. D'altra banda, s'ha pogut detectar un cert "amateurisme" en la construcció de molts sistemes de regeneració, especialment els tous.

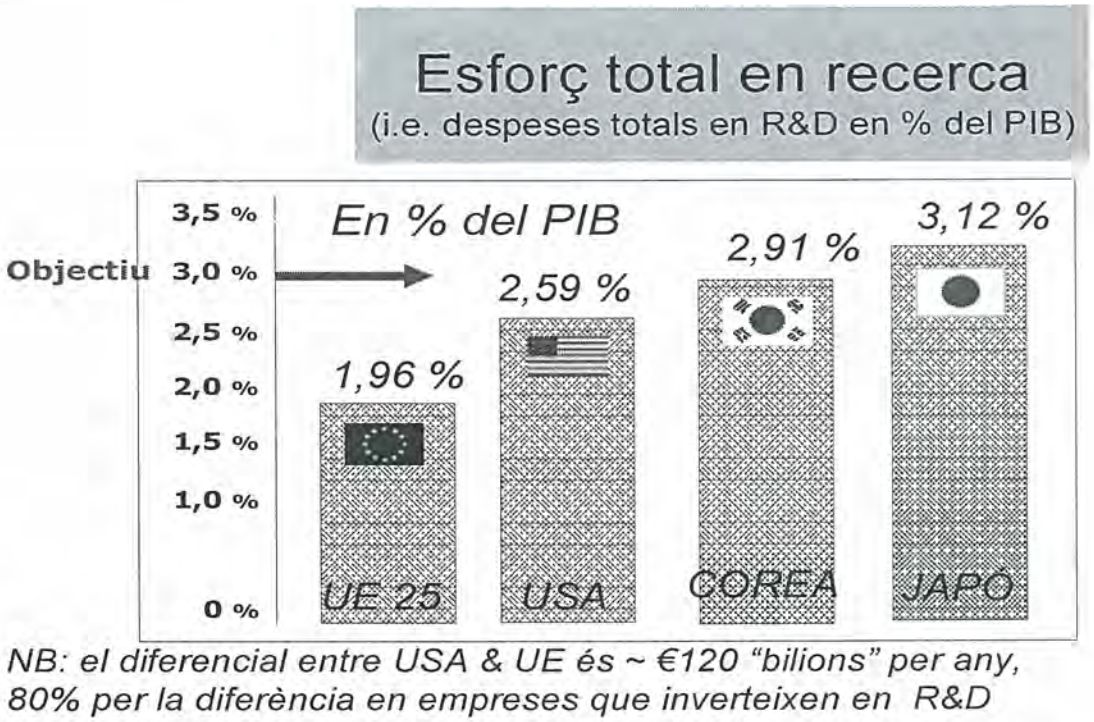


Figura 1. Comparació dels esforços de recerca als USA, Europa, Corea i Japó i objectiu de la UE (modificat de la Comissió Europea, 2005).

LA DEPURACIÓ ACTUAL A EUROPA. ASPECTES TECNOLÒGICS DE LA DEPURACIÓ I LA REGENERACIÓ

Podem considerar dos grans tipus de depuradores, les intensives i les extensives. Per diverses circumstàncies, hi ha un fort moviment per tal de potenciar allà on sigui possible les depuradores toves. En aquest sentit, com a exemple, s'han desenvolupat molt a Europa les tecnologies de zones humides, tan verticals com de flux horitzontal; mentre que les de llacunatge experimenten una revifada, ja sigui perquè s'estan tornant a estudiar els mecanismes associats o perquè estem assistint a nous desenvolupaments d'aquesta tecnologia, com són els filtres de grava horitzontals (Alcalde *et al.*, 2004) o la incorporació en sèrie de la Infiltració-Percolació per tal de reduir el nombre d'algues de l'efluent final (Torrens *et al.*, 2004). També podríem incloure aquí l'aplicació a Europa d'una vella iniciativa d'Israel, com són els estanys d'emmagatzematge interestacional, que apart de permetre l'estalvi d'aigua poden contribuir a la depuració (Cirelli, 2003).

No cal oblidar aquí el transport de recursos d'aigua regenerada a grans distàncies, com succeeix a Tenerife a les Illes Canàries (Delgado *et al.* 1999) o al Negev, a Israel (Oron, 1998).

En general, podem afirmar que pels grans sistemes les depuradores convencionals o dures són essencials; mentre que per les depuradores petites o mitjanes poden ser adients els sistemes

extensius o tous. En regeneració es pot establir un compromís similar, depenent de l'espai disponible.

Els sistemes tous depenen de l'energia solar i en algun cas del vent i, molt curiosament, estan molt més implantats al centre i el nord d'Europa, mentre que al sud tenen poca presència, malgrat els esforços de diferents grups de recerca, el que no és fàcilment explicable per raons tècniques. En els darrers anys sembla que aquesta circumstància s'està corregint.

En aquests moments es pot dir que s'estan estudiant i implantant diverses tecnologies de regeneració; començant per les tecnologies toves per a instal·lacions fins a una certa mida, i seguint per les tecnologies de membrana tant en secundari (BRM) com en terciari (UF, OI). Algunes tecnologies de membrana tenen l'avantatge d'eliminar les sals i moltes molècules perilloses al mateix temps que els microorganismes patògens.

NORMATIVA

En l'actualitat no hi ha legislació europea sobre reutilització, i la única referència legal a nivell europeu és l'article 12 de la Directiva sobre tractament d'aigües residuals (91/271/CEE) que indica que "l'aigua residual tractada serà reutilitzada quan sigui apropiat". No obstant, no s'especifica què és "apropiat".

En general, podem dir que la legislació sobre reutilització pot aparèixer com a resultat de la voluntat del legislador de regular una pràctica associada a perills sanitaris. En aquest moment hi haurà una anticipació a un activitat de la societat, però el més habitual és que el legislador vagi darrera la realitat, i que la legislació segueixi una activitat ja instaurada.

En certa manera això va succeir a Catalunya, i per extensió a la major part dels països mediterranis. En aquest sentit, han estat paradigmàtics els casos d'Espanya i Itàlia, com explicarem tot seguit.

A Espanya ja hem vist un munt d'esborranys de Reial Decret sobre reutilització des que el 1986 va aparèixer una Llei d'Aigües que ja ha canviat, indicant que el Govern havia de desenvolupar la normativa de reutilització. Va semblar que amb el denominat esborrany CEDEX s'havia avançat prou i que aviat hi hauria normativa nacional. Per causes misterioses, que ni es coneixien en el Ministeri, el R.D. es va perdre en algun passadís i tan sols va ressuscitar el passat més de juny (2005) amb una reunió, si més no improvisada, a Madrid. En aquesta reunió es va presentar un nou esborrany, denominat AEAS 2005, amb relativament poques diferències de qualitat respecte a l'anterior.

El més curiós d'aquesta reunió a Madrid fou que es van escoltar diverses intervencions indicant que al país les depuradores no funcionaven bé, amb l'escàndol immediat dels representants de Sanitat, que van amenaçar amb ser molt estrictes en la futura normativa.

Cal assenyalar que per iniciativa del Ministeri de Medi Ambient, AEAS, ACA, ACOSOL, AMB, Fundació AGBAR, Fundación del Canal de Isabel II, Fundación EMASESA i la Universitat de Barcelona; s'està desenvolupant un Manual de Bones Pràctiques en Reutilització. El grup de treball de risc de l'AEAS està fent una anàlisi d'una possible aplicació pràctica dels sistemes APCPC (Anàlisi de Perills i Control de Punts Crítics) en reutilització.

A Itàlia, després de molts anys i de normatives regionals diverses, va publicar-se el 2003 una normativa (Decret Ministerial del 12 de juny de 2003: D.M. 185/03) tremendament restrictiva, amb 54 paràmetres a determinar i uns continguts de CF prou baixos. En aquest cas, la norma no es segueix, el que és un bon exemple d'aplicació pràctica de les lleis. Segons indiquen Barbagallo *et al.* (2005) es tracta d'uns estàndards que exigeixen pràcticament la mateixa qualitat que per l'aigua potable. Les anàlisis s'han de fer amb una freqüència notable, el que fa difícil i cara qualsevol iniciativa de reutilització tot fent-la inviable per a les petites comunitats. Es destaca que no es fa cap distinció entre els diferents conreus que es regaran i tampoc en els diferents tipus de reg a l'hora d'establir els diferents riscs sanitaris.

A Grècia i Portugal, les circumstàncies no són massa diferents, i ens trobem que a la Mediterrània la reutilització és en certa manera alegal, per no dir que és il·legal. Tan a França com a Espanya, les autoritats sanitàries tenen el que podríem denominar la darrera paraula sobre l'autorització d'un expedient de reutilització

A França, s'ha estat treballant en una revisió dels criteris que el CSHPF (Consell Superior d'Higiene Pública de França) va emetre el 1991. De moment no s'han publicat i no sembla que això s'hagi de fer immediatament. En tot cas, la política d'analitzar les sol·licituds cas per cas segueix aplicant-se.

En d'altres llocs de la Mediterrània de la Unió Europea també s'ha estudiat la possibilitat de reutilitzar l'aigua residual, amb més o menys aplicació pràctica, com és per exemple el cas de Malta (Angelakis, 2003).

QUALITAT DE L'AIGUA REGENERADA

La qualitat de l'aigua regenerada que s'ha de reutilitzar ve marcada normalment pels estàndards existents. Aquesta qualitat d'aigua es pot aconseguir sense gaire problemes amb les tecnologies disponibles actualment, tal com hem indicat.

El problema actual és més aviat definir quins han de ser els paràmetres que permetin definir la qualitat desitjada i no excessivament cara.

En principi, es parla de dos tipus de paràmetres: els biològics i els químics; encara que darrerament s'estan introduint amb força els paràmetres integradors, com són els índexs biològics, descrits per exemple a Puig (1999). En aquest sentit és força interessant l'aproximació de Seager (2001) quan ens diu que fins a l'actualitat, el desenvolupament dels indicadors s'ha basat en fer el millor ús possible de la informació disponible, però que el que en realitat es necessita no és la "millor informació disponible", sinó la "millor informació necessària".

El nombre de paràmetres a determinar té una relació clara amb els mecanismes de control i els preus; així com amb la capacitat de reacció de l'explotació. La major part de tècniques analítiques actuals estan pensades per donar resposta (els resultats) al cap d'un cert nombre de dies. Això no deixa pràcticament capacitat de resposta immediata.

D'altra banda, la major part d'estàndards es refien d'un nombre molt limitat de paràmetres, principalment els biològics (*E coli* o Coliformes fecals) que cal recordar que només són indicadors. No es pot dir que l'epidemiologia hagi estat una eina en la reutilització, per la qual cosa, moltes de les dades sanitàries que es tenen actualment són indirectes.

En aquest marc sanitari, s'està començant a plantejar l'ús d'indicadors de virus (els bacteriòfags) i ja fa temps que s'estan fent servir els ous de nematode, encara que amb certes discussions pel que fa a la necessitat o no de fer-los servir.

En molt pocs casos es demanen paràmetres químics més enllà de la conductivitat i el pH o bé ocasionalment alguns metalls pesants. Si pensem en d'altres compostos químics presents en l'aigua residual, el buit és gairebé absolut.

Tot això deixa en una indefinició molt important l'anàlisi de perill associat a la reutilització que en els darrers anys està convertint-se en una de les eines recomanades per a estudiar la reutilització. D'altra part, tornem a recordar que actualment ja hi ha queixes pel que fa a la quantitat i preu de les anàlisis que es practiquen.

Cal trobar nous paràmetres o eines de control i de reducció del perill / risc. En aquest sentit, el desenvolupament de les bones pràctiques o de l'anàlisi del risc poden facilitar la tasca.

No cal oblidar que s'han estat fent servir eines de qualitat d'aigua potable (els coliformes) per a analitzar les aigües residuals regenerades; i no tan sols les aigües sinó el mateix procés de regeneració. En principi, els coliformes no haurien de ser una eina per a determinar l'efectivitat dels tractaments de l'aigua residual; però de moment no sembla que n'hi hagi de millors.

En tot cas, per tal d'obtenir el màxim de beneficis dels recursos de control limitats de que disposem, necessitem eliminar les redundàncies actuals i reenfocar els programes per tal que ens donin les informacions prioritàries necessàries (Seager, 2001).

ECONOMIA

Pel que acabem d'indicar, es pot treure la conclusió que el mercat expulsarà de la reutilització als petits usuaris, que no tenen la capacitat econòmica o tècnica per a fer front al nivell de tractament de regeneració demanat o al nombre de controls exigit. És possible que aquesta afirmació sigui certa, i que molt sovint el petit usuari es trobi davant de situacions que no semblen tenir solució. Hi ha, però, alternatives vàlides com són les agrupacions d'usuaris o be fer servir l'aigua regenerada per a usos menys exigents en qualitat. De tota manera, aquesta circumstància – la dels petits usuaris - ha de ser considerada curosament.

D'altra banda, s'està començant a plantejar el paper de l'aigua regenerada com a aigua de substitució de cabals concedits. En aquest camí, el del bescanvi d'aigua, cal negociar des d'una certa posició i aconseguir que qui fa el canvi (l'administració) garanteixi les demandes de la mateixa administració (en el mateix o en d'altres departaments o ministeris).

No obstant, i tal com hem comentat, el camí que ha endegat l'administració catalana, el de l'autocontrol, no sembla quadrar amb el que acabem de dir. L'autocontrol es basa en permetre que sigui l'explotador o l'usuari el que practiqui els controls i l'administració ha de vetllar per tot el procés; el pes del control no ha de recaure en els cossos oficials d'inspecció que quedaven sovint desbordats.

Pel que fa a l'economia, cal que establim una diferència entre el que costa la regeneració i el que costa la reutilització. Si considerem tots els aspectes implicats, es fa difícil establir un

càlcul real del cost i de fet les dades que es poden consultar presenten variacions molt importants d'ordre de magnitud.

A partir d'aquestes consideracions, cal preguntar-se qui ha de fer-se càrrec de les despeses associades a la regeneració i reutilització. Hi ha una política clara de la Unió Europea que indica que tots els costos associats al cicle antròpic de l'aigua s'han de reflectir en el que paga l'usuari. Si s'intenta aplicar aquest criteri a la regeneració i reutilització serà molt difícil que s'implanti, almenys a Espanya, ja que els usuaris més importants no estan acostumats a pagar l'aigua i no acceptaran fàcilment el canvi.

ASPECTES SOCIALS

Les polítiques de comunicació són eines bàsiques per a potenciar la reutilització. És absolutament necessària una bona presència en els medis, amb una visió contrastada i ben explicada del que és la reutilització. Cal tenir ben clara la línia d'actuació, no tan sols pel que fa a les polítiques de comunicació, sinó també en el moment de convèncer als qui tenen les concessions d'aigua perquè hi renunciïn temporal o definitivament. Això s'hauria de fer abans de construir les instal·lacions de regeneració i de distribució de l'aigua regenerada, ja que d'altra manera es malmeten molts recursos i les instal·lacions no funcionen a plena capacitat, si és que arriben a funcionar. Això és dolent tant des del punt de vista social com econòmic, ja que el preu de l'aigua regenerada augmenta en proporció a la capacitat de tractament no emprada.

Com ja hem indicat, la política de suport a la recerca de la Unió Europea es basa en un participació molt més directa de les empreses; no tan sols a l'hora de donar suport a la recerca, sinó també en el moment de l'aplicació de les troballes dels científics o tecnòlegs. Per això s'encoratja des de la Comissió que en tots els projectes que es presenten hi hagi participació directa dels empresaris, especialment de les PIME. Hem de pensar com es pot traduir això en el món de la reutilització.

Hi ha també d'altres actors que han de participar en la reutilització com són els municipis i els agricultors. Els municipis pel fet que cada cop es discuteix més l'aigua que fan servir per a moltes de les seves necessitats, en una societat amb moltes contradiccions pel que fa a l'ús "públic" de l'aigua. Els agricultors perquè segueixen sent els actors principals de la reutilització. Les indústries ja fa temps que van començar a reciclar, per la via del convenciment, per la de reduir els impostos que paguen o per reduir costos associats a la captació i tractament d'aigües.

Ara com ara, hi ha molt poca aposta real per part dels actors de l'aigua per la reutilització. En general, el suport a la implantació o la recerca en reutilització és escàs, llevat d'algunes excepcions honorables, com és el cas de l'organitzador d'aquestes jornades. És molt més senzill trobar finançament europeu per a estudis de reutilització que finançament nacional, autonòmic o local. De tota manera, això hauria d'anar lligat a fer recerca en necessitats reals i no en elucubracions acadèmiques poc útils finalment.

Pel que fa al suport econòmic a la reutilització en si, ha estat escadusser i poc planificat, el que no deixa de ser sorprenent en un país escàs d'aigua.

POSSIBILITATS DE REUTILITZACIÓ

Com hem vist en estudiar les normatives, la major part de casos de reutilització descrits i legislats, pràcticament en tot el món, s'han limitat a l'ús en agricultura. En els darrers anys, han aparegut moltes altres possibilitats, i es plantegen molts altres usos, pràcticament tants com en el cas de l'aigua potable (Taula 2). En tots els casos hi ha unes limitacions lògiques o unes conseqüències que es resumeixen en la mateixa Taula 2.

En tot cas, en intentar traduir la taula a la realitat, podem observar que el nombre més gran de reutilitzacions continua sent per reg, encara que els camps de golf han entrat amb força en aquest apartat. La resta de casos a Europa són força anecdòtics des del punt de vista de cabals emprats, com per exemple els usos urbans o de recàrrega planificada.

Taula 2. Tipus de reutilització de l'aigua regenerada i problemes / limitacions potencials (modificat de Salgot i Angelakis, 2001).

Possibilitats de reutilització de l'aigua regenerada	Problemes/Limitacions
Reg d'agricultura i paisatge • Conreus • Vivers comercials • Parcs • Patis d'escola • Mitjanes d'autopista • Camps de golf • Cementiris • Zones verdes • Zones residencials • Tallavents • Cinturons verds	(1) Contaminació d'aigües superficials i subterrànies si no hi ha una bona gestió, (2) Acceptació pública i venda de conreus, (3) efectes de la qualitat de l'aigua, en especial de les sals, en sòls i conreus, (4) problemes de salut pública relacionats con els patògens (bacteris, virus, i paràsits), (5) ús per control de la zona de reutilització, incloent una àrea tampó, (6) les despeses poden ser molt altes costes.
Reciclatge i reutilització industrial • Aigua de refrigeració • Alimentació de calderes • Aigua de processos • Construcció pesant • Transport de materials	(1) Constituents de l'aigua regenerada que poden causar incrustació, corrosió, creixement biològic, i "fouling", (2) problemes de salut pública, especialment transmissió d'aerosols amb l'aigua de refrigeració.
Recàrrega d'aigües subterrànies • Recàrrega d'aqüífers • Control d'intrusió d'aigua salada • Control de subsidència • Emmagatzematge de recursos • Transport de l'aigua	(1) Compostos químics en l'aigua regenerada i els seus efectes tòxics, (2) sòlids totals dissolts, nitrats, i patògens en l'aigua regenerada.
Usos de lleure/ambientals • Llacs i estanys • Aigua per marenys i zones humides • Augment de cabals de corrents i d'altres masses d'aigua • "Fabricació" de neu • Basses de reserva d'aigua (incendis forestals) • Recuperació de sistemes naturals	(1) Problemes sanitaris derivats de bacteris i virus, (2) eutrofització per nitrogen (N) i fòsfor (P) en l'aigua receptora, (3) problemes per fauna i flora salvatges, (4) relació amb els aqüífers

Generació d'organismes vius • Aqüicultura (peixos) • Ramaderia convencional • Biomassa/fusta/farratge • Material de suport per a compostatge • Cultius d'algues • Producció de biofuel	(1) Toxicitat per a la vida aquàtica, animals o vegetals cultivats, (2) toxicitats en organismes consumidors, (3) límits d'espai, (4) concentració d'organismes.
Usos urbans • Lluita contra el foc • Aire condicionat • Neteja d'inodors • Neteja de vehicles • Neteja d'embarcacions • Rentat de carrers • Gestió de clavegueram • Estanys i corrents d'aigua urbans	Problemes diversos, des de (1) *Legionella* en aparells d'aire condicionat, (2) aerosols, (3) a toxicitat i problemes sanitaris en peixos.
Reutilització potable • Mescla amb l'aigua convencional • Subministrament canonada a canonada	(1) Components de l'aigua regenerada, especialment compostos orgànics traça i els seus efectes tòxics, (2) estètica i acceptació pública, (3) problemes sanitaris de transmissió de patògens, especialment virus.
Usos varis • Control de pols en obres • Control de pols en camins • Construcció	(1) aerosolització, (2) olors

NOTA: alguns usos es poden descriure en més d'un apartat, pel que hi ha certes repeticions a la taula.

En el moment de plantejar uns estàndards que regulin la reutilització es poden definir en funció dels usos (una qualitat per a cada ús) o bé a l'inrevés, definir unes qualitats i fixar per a quins usos es poden emprar les aigües. Des del punt de vista administratiu potser sigui més senzilla la primera aproximació, mentre que des del punt de vista tècnic i tecnològic és més senzilla la segona opció. En general, les normatives acostumen a escollir la segona opció. En tot cas, la manca d'aquesta legislació ha entorpit l'aplicació pràctica de l'ús de l'aigua regenerada.

Molts dels usos que s'han plantejat darrerament generen més risc que els clàssics de reg; en augmentar les possibilitats de contacte entre l'aigua i les persones; d'aquí que cada cop més siguin imprescindibles els estudis de risc i les bones pràctiques.

DISCUSSIÓ

Encara que sigui fer prospectiva o recerca-ficció (no direm ciència-ficció), podem aventurar el que segueix:

Es poden fer diverses consideracions sobre quin pot ser el futur europeu pel que fa a la reutilització de les aigües residuals. La Comissió Europea ha signat diversos contractes de recerca amb grups europeus per tal de fer recerca sobre reutilització d'aigües residuals (e.g. AQUAREC, AQUASTRESS, RECLAIM) i entre els objectius es fixaven els estudis sobre

legislació al respecte. En general, les conclusions són que els estàndards són una eina útil, però cal fer una aproximació molt més completa i integrada, basada en d'altres eines, com acabem de dir. Podríem indicar que caldria fer un tractament molt més "industrial" de l'activitat de la reutilització.

En aquest sentit, i en general, sembla que els darrers desenvolupaments es basen en treballar simultàniament en tres grans eixos complementaris:

a) Els estàndards

Hi ha un cert nombre de tendències prou diferents. D'una banda hi ha els defensors de les normes de Califòrnia (*Title 22*); d'altra els que donen suport a les recomanacions de l'OMS del 1989. També s'han obert d'altres vies diferents, com la italiana, en la que es demana un nombre exagerat de paràmetres.

El retret més gran que es fa a uns i altres, com també hem dit, és el nombre i preu de les analítiques, que suposadament expulsen del "mercat" els petits usuaris.

També cal indicar que tan pel que fa a Califòrnia com a OMS, el nombre de paràmetres és prou reduït i no es pot garantir així un risc raonable associat a la reutilització.

Molt possiblement, apareguin les determinacions de bacteriòfags com a nous indicadors de qualitat microbiològica de les aigües regenerades.

Pel que fa als estàndards relacionats amb la química, no es veu ara per ara una voluntat d'implantar-ne cap, llevat potser de límits per alguns metalls pesants.

b) Les normes de bon ús de l'aigua regenerada o bones pràctiques de reutilització (BPR)

Uns bons estàndards sense una bona aplicació de l'aigua residual no serveixen de gaire. De la mateixa manera que s'ha fet en diverses indústries, es planteja l'aplicació de sistemes de bona "manufactura" als processos de regeneració i de bona aplicació als de reutilització.

Podríem dir que les BPR defineixen la manera correcta de fer servir les aigües residuals, tot tenint en compte diverses circumstàncies internes (e.g. qualitat temporal de l'aigua) o externes (e.g. climatologia).

c) Les anàlisis de perill / risc

El perill és inherent a la reutilització per les característiques de l'aigua residual sense tractar i la fiabilitat relativa de qualsevol procés creat per l'home. En quantificar el perill, parlem de risc. Cal recordar que el risc zero no existeix, i que sempre ens hem de referir a un risc acceptable associat a les pràctiques de regeneració i reutilització.

Qualsevol aplicació pràctica d'una anàlisi de risc consta de tres fases:

- Determinació
- Gestió
- Comunicació

Cadascuna d'elles és prou important, i permet treballar per tal d'assegurar l'èxit de la reutilització.

Pel que hem sentit recentment (Kamizoulis, 2005) la nova política de l'OMS es basa en fer servir eines de risc com a substituts dels estàndards. En el moment d'escriure això, no es coneix massa bé la nova aproximació de l'organització, però sembla que la idea principal es treballar amb eines relacionades amb la determinació i gestió del risc.

Aquest mètode emprat en les recomanacions de l'OMS pot permetre avançar cap a un consens europeu. Es basa en l'elecció d'un valor de risc acceptable, en aquest cas pràcticament igual al de l'aigua potable de la mateixa OMS ($<10^{-6}$ DALY). Com se sap, es basa en els estudis de risc i l'avaluació quantitativa de l'efecte d'una sèrie de mesures que es poden implantar per tal de controlar el risc. Val a dir que manquen resultats de paràmetres, relativament poc coneguts, però això permet establir un mètode ben definit i unes passes coherents per assolir conclusions.

En tot el sud de la Mediterrània es fa imprescindible comptar amb l'aigua regenerada per tal de plantejar una gestió integrada dels recursos hídrics i afavorir el desenvolupament econòmic no tan sols de l'agricultura sinó també de la indústria i del turisme.

CONCLUSIONS

Cada cop més sembla important procedir a una planificació adient de la reutilització, ja sigui a nivell nacional, de regió o de comarca. En tot cas, l'aigua regenerada ha de ser part integrant dels recursos que són gestionats de manera integrada.

Hem assistit en els darrers anys a actituds de refús a l'aigua regenerada, amb l'argument d'una qualitat deficient des del punt de vista dels contaminants químics (salinitat, tòxics). En aquest punt, cal expressar preocupació per un tema que en la legislatura catalana anterior havia semblat tractat exageradament i que en els moments de sequera presents sembla haver-se oblidat, com és la salinitat. Per definició, les aigües residuals són com a mínim una mica més salines que les corresponents aigües originals, i això pot arribar a demanar, en casos concrets, un tractament diferenciat pel que fa a l'aplicació o les plantes que es poden conrear.

Sanitàriament es pot garantir - sempre dins un marc de relativitat - que l'aigua regenerada té una qualitat prou bona per a ser emprada en els diversos usos autoritzats. Hi ha tecnologies adients per a cada qualitat, encara que el límit l'estableixi el cost.

No sembla senzill tractar amb fonamentalismes tècnics, com són les exigències de determinar una munió de compostos potencialment tòxics que es troben en quantitats ínfimes en l'aigua regenerada, i molt possiblement estiguin presents en concentracions més importants en algunes aigües naturals del país.

L'analítica segueix sent un dels punts febles en la regeneració i reutilització d'aigües residuals. Al mateix temps, això no permet aclarir totalment la fiabilitat de molts dels tractaments de depuració i regeneració existents, si més no en temps real.

D'altra banda, el fonamentalisme administratiu que pot arrossegar l'aigua regenerada no és pas una bona eina per a afavorir aquest pràctica.

De tota manera, calen estudis planificats, detallats i subvencionats d'estudis de risc, a tots nivells, regional, nacional i europeu; així com l'ús d'indicadors millors i realment útils tan per la reutilització com per a la regeneració.

Val a dir que estem sentint que a Catalunya cal reutilitzar l'aigua regenerada per a molts usos. Això és primera plana de molts medis de comunicació, però quan comença a ploure, la tinta és fàcilment arrossegada per la pluja i sembla tinta simpàtica, que reapareix a la següent sequera. Seguim esperant que les bones paraules siguin aquest cop certes i que la sequera hagi estat prou important com per a acabar les infrastructures necessàries per a la regeneració i reutilització en un temps prudencial.

En tot cas, sembla que els aspectes socials i econòmics de la reutilització estan assolint cada vegada més importància, no tan sols pel que fa a l'acceptació del recurs, sinó també per l'economia del procés entesa no únicament com a sustentabilitat (ecològica i material) sinó també com a pràctica que ha de donar un rendiment, és a dir una relació cost/benefici adient.

Per últim, cal assenyalar que la reutilització no és, en cap cas, una panacea que alleugi tots els mals de manca d'aigua del país. És tan sols un eina important que cal emprar conjuntament amb totes les altres, sense despreciar-ne cap, fins i tot els transvasaments.

Des del punt de vista industrial, hi ha una bona oportunitat per les empreses europees per desenvolupar eines tecnològiques aplicades a la reutilització, des de processos avançats de regeneració fins a sistemes d'aplicació d'aigua i de control dels impactes de l'aigua regenerada en el medi i en l'home. Les transferències de *know-how* poden ser importants cap al nord d'Àfrica i Iberoamèrica.

Finalment, cal dir que, encara que faci por, calen unes normes europees de reutilització. Si més no poden ser útils per a plantejar la qualitat de productes agrícoles procedents de tercers països on es faci servir l'aigua regenerada com a aigua de reg.

REFERÈNCIES

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.; i 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, i C. Nurizzo (2005). La reutilització d'aigües residuals a Itàlia. Treball no publicat.

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. Ministeri de Sanitat, Paris, 40 p.

Delgado, S.; Alvarez, M.; Rodríguez-Gómez, L.E.; y Aguiar, E. (1999). H_2S generation in a reclaimed urban wastewater pipe. Case study: Tenerife (Spain). *Water Research* 33 (2): 539-547

Durham, B. (2005). Comunicació personal als membres del grup de reutilització d'EUREAU.

Kamizoulis (2005). Seminari sobre el R.D. de reutilització. Ministerio de Medio Ambiente. Juny 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. i Angelakis, N. (2001). Guidelines and regulations on wastewater reuse. Capítol 23 a: *Decentralised Sanitation and Reuse. Concepts, systems and implementation*. Lens, P.; Zeeman, G. Y Lettinga, G. IWA, Londres.

Torrens, A.; Boutin, C., i Meauxsoone, D. (2004) Station d'Aurignac. Informe intern del CEMAGREF, no publicat.

Jornades Tècniques: La integració de l'aigua regenerada en la gestió dels recursos
Jornadas Técnicas: La integración del agua regenerada en la gestión de los recursos
Technical Workshop: The integration of reclaimed water in water resource management
Lloret de Mar, Costa Brava, Girona, Octubre 2005

OVERVIEW AND BACKGROUND OF WATER REUSE PRACTICE IN FLANDERS, BELGIUM

C. Thoeye[1], J. Cauwenberghs[1], T. Wintgens[2], E. Van Houtte[3], D. Bixio[1]. G. De Gueldre[1]

[1]Aquafin NV
Dijkstraat 8
2630 Aartselaar
Belgium
E-mail: chris.thoeye@aquafin.be

[2] Institut für Verfahrenstechnik, RWTH
Turmstrasse 46
52056 Aachen
Germany
E-mail: Thomas.Wintgens@post.rwth-aachen.de

[3] Intercommunale Waterleidingmaatschappij Veurne-Ambacht
Doompanne 1
8670 Koksijde
Belgium
E-mail: emmanuel.vanhoutte@iwva.be

SUMMARY

The reclamation of effluent from wastewater treatment plants to be applied as an alternative water source is usually linked to reasons of water scarcity in the sense of unmatched temporary or structural water demand. Uneven spatial distribution and seasonal variations in water demand and in the hydrological cycle make the semi-arid coastal planes and islands of the Mediterranean particularly indicated for the use of reclaimed water as a useful drought-proof conservation measure. In the moderate climates of northern Europe, however, at first sight, one may think that there should be sufficient amounts of water available to support all possible water uses. However, the reuse of water in northern Europe can be an important asset to preserve or improve the quality of the existing water bodies. In simplified terms, 'reuse' of water in Northern Europe is dictated by quality aspects rather than by quantity. The main reason for the use of reclaimed water today is to conserve good quality (ground)water resources to applications requiring high-quality water such as the make-up of potable water. The water management in Flanders, the northern region of Belgium, is a good example of this situation, and will be discussed in the following paper.

Keywords: domestic waste water; cooling water; water reuse.

INTRODUCTION

In the 'First Water Management Brief', issued by the Flemish Coordination Commission on Integrated Water Management (2005), and supported by the Regional Minister of Environment, we can read the following:

"A conclusive supply management

Water supplies are extremely valuable for our society. To restore the water balance it is of the utmost importance we handle the existing supplies economically. The basic rule is that water of a high quality is only used for applications that require this quality: this is what we call diversification of the water source. Reuse and the use of alternative water sources are cornerstones of this approach. (……) In industry the use of greywater (rainwater and treated effluent water) as an alternative to groundwater will be encouraged. Therefore the Flemish government plans to subsidize the construction of greywater circuits in regions where the aquifers are threatened."

The reasons why the aquifers in Flanders are threatened can be explained as follows:

- High population density: Population distribution and density are key factors influencing the availability of water resources. Increased urbanization concentrates water demand and can lead to the overexploitation of local water resources. Belgium is one of the most densely populated areas in Europe, as can be seen from Table 1. Flanders, the northern part of Belgium, with its 434 inhabitants per km² is even the most densely populated area in Europe.

Table 1. Population density in Europe (1996)

Country or region	Density Inhabitants /km²
Spain	78
Belgium	332
Flanders (Belgium)	434
Denmark	122
Germany	229
Greece	79
France	107
Ireland	51
Italy	190
Luxemburg	160
The Netherlands	373
Austria	96
Portugal	108
Finland	15
Sweden	20
United Kingdom	240
Eur 15	**115**

Source: *http://www.kuleuven.ac.be/facdep/social/soc/Belgodata/ebevolking.html*

- Scattered dwellings: In Flanders, 18% of the land surface is used for buildings or building related activities. Housing and small agricultural areas are distributed evenly throughout the country. As a consequence, diffuse pollution is substantial.

- Still low waste water treatment percentage: In 1990, only 28 % of the domestic waste water was treated in WWTP's. Today, this amounts up to 65 %. In 2008, still 20 %, mainly disperse pollutant sources in rural areas, will remain untreated.

- Low water availability and high renewable water resource exploitation: The water availability in Belgium is one of the lowest in Europe, less than 2.000 m³/inhabitant/year. The Renewable water resource exploitation is one of the highest in Europe (see Figure 1). 75 % of the renewable water resources are withdrawn annually.

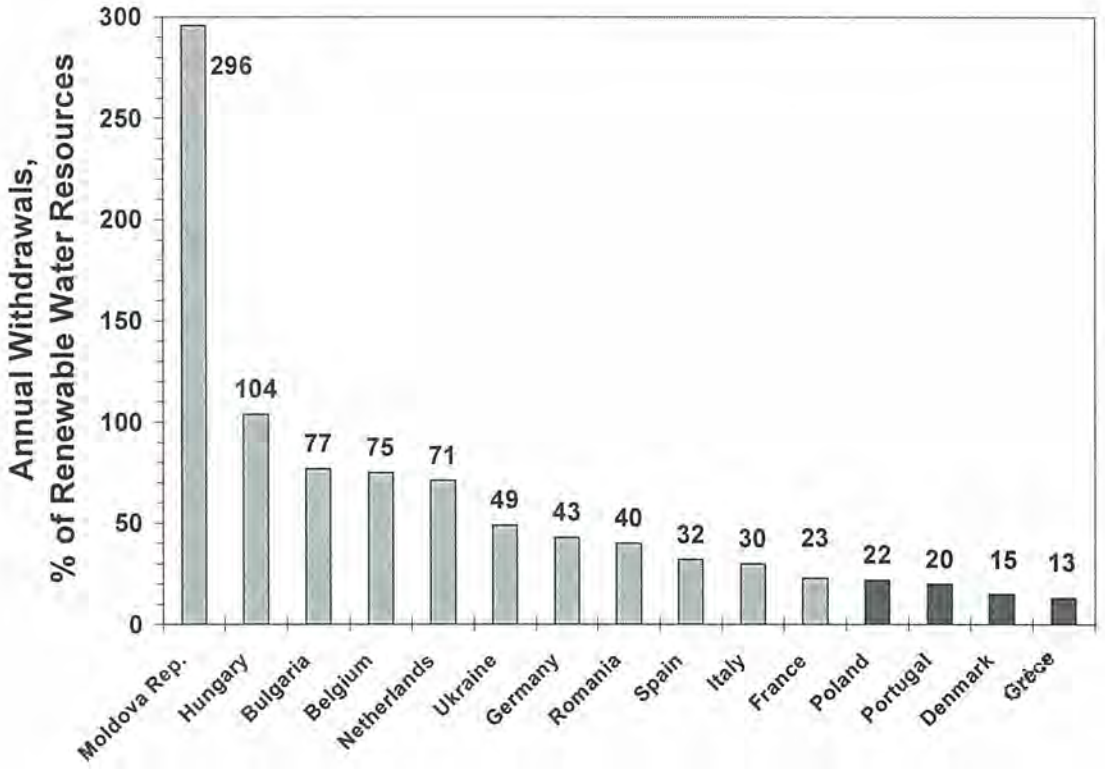


Figure 1. Renewable water resource exploitation in European countries (Angelakis, 2003).

On top of that, Flanders is highly industrialized and its agriculture is intensive, putting a severe stress on ground and surface waters. The pressure on the environment can be demonstrated further by e.g. indicators such as 'ecological footprint' or 'ecological deficit'. The ecological deficit of a country measures the amount by which their footprint exceeds the locally available ecological capacity. It is calculated by subtracting the footprint from the available ecological capacity. Negative numbers indicate a deficit, positive numbers show the still existing remaining ecological capacity. (M. Wackernagel et al.1997). From Figure 2, it can be concluded that the overall stress on the environment in Belgium is significant.

SECTORAL WATER USE AND REUSE

There is a clear difference in sectoral water use when comparing different regions in Europe. Whereas the main water use in Western Central Europe is for energy, in Western Southern Europe, the main water use is in agriculture. The amount of water used for irrigation in Italy and Spain is about 10 times higher than in the central EU countries combined. (UNEP/DEWA/GRID-Europe 1998-2005).

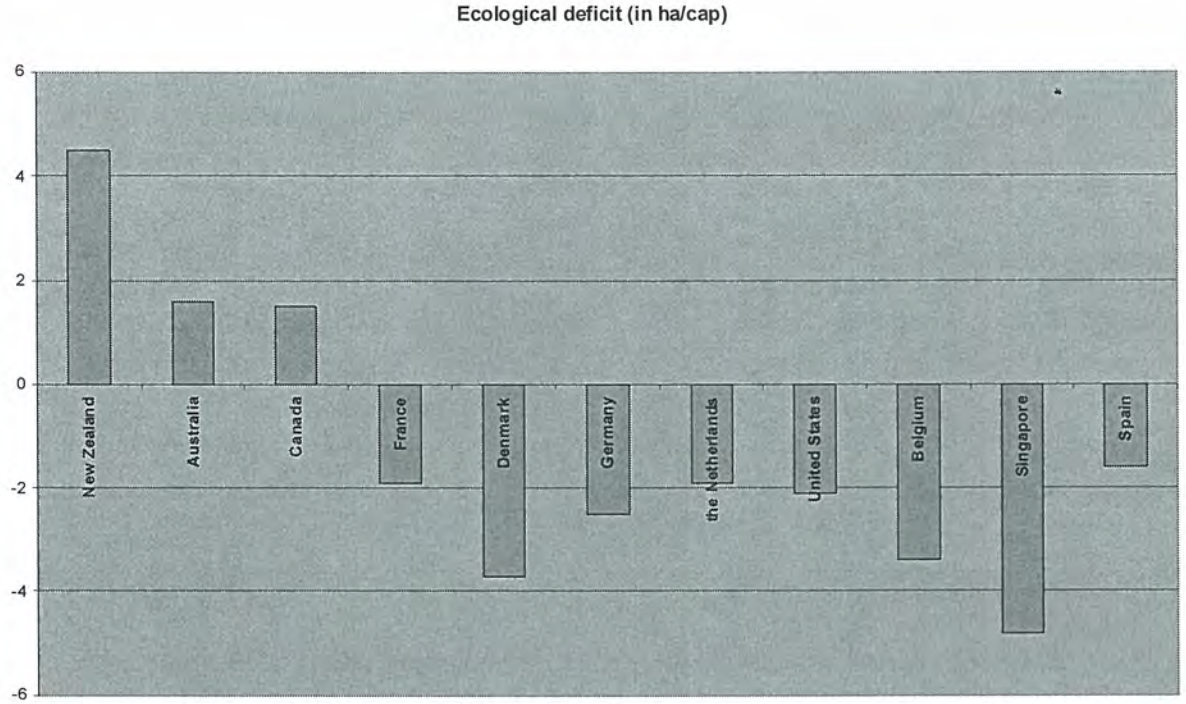


Figure 2. The ecological deficit for a selection of nations (M. Wackernagel et al., 1997)

Cooling water make-up is one of the largest water demands in the European Union. In some countries such as France and Germany, cooling water accounts for over 60 % of the national demand; in Belgium and the Netherlands, it reaches over 80 % (Bertini, A., 2005). If the pressure on the water resources is to be alleviated by water reuse, it is obvious that this would have more impact when applied in irrigation in Southern Europe, but rather in cooling or industrial applications in the Northern European regions. This is reflected in Figures 3 and 4, showing the water use and reuse practice in Europe, divided by sector, respectively.

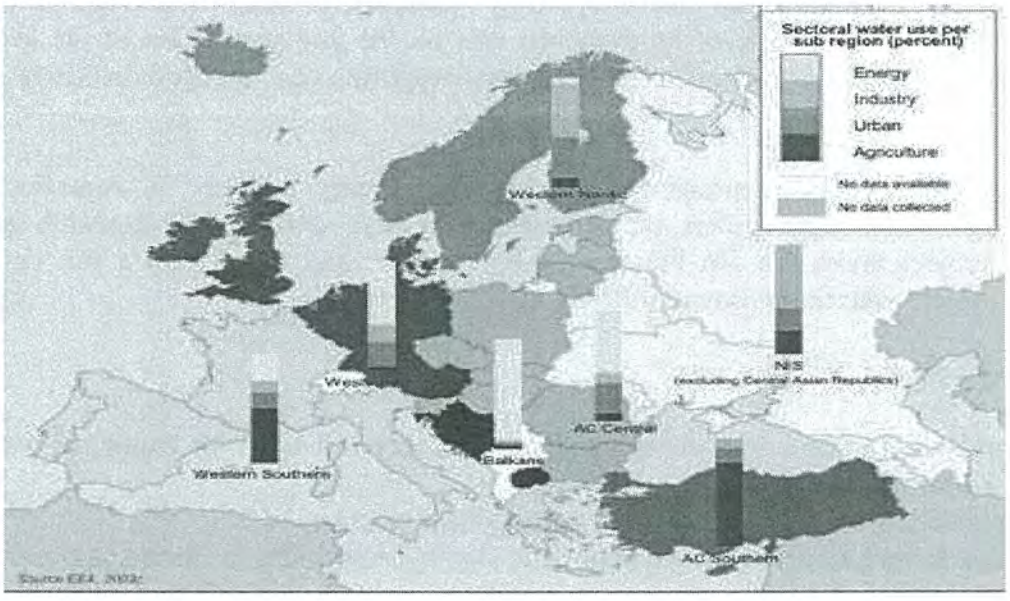


Figure 3. Sectoral water use by sub region (source: (http://www.grid.unep.ch/product/publication/freshwater_europe/consumption.php)



Figure 4. Sectoral water use for conventional water (EEA, 1999) and distribution of reclaimed water projects in Western Europe according to the Aquarec mapping study (Bixio and Thoeye, 2005)

WATER REUSE IN FLANDERS

In 1990 the Flemish government established the utility company Aquafin to accelerate the realisation and operation of the sewage treatment infrastructure in Flanders. To date, 65 % of the domestic waste water is treated and after completion of the investment programme in 2008, 80 % will be treated. The majority of the plants are designed for nutrient removal, as the whole area of Flanders was designated sensitive area under the Urban Waste Water Treatment Directive.

Reuse practice in Flanders has been adopted by Aquafin ever since its start-up. However, as the focus in the first decade of its existence was on the implementation of the investment plans, reuse was rather the result of occasional opportunities, than of dedicated targeted prospecting .

The interest in reuse as a means of upgrading the primary 'product' of Aquafin, purified water, resulted in amongst others, the participation in AQUAREC, a DG Research sponsored research project under the 5th Framework Programme, and recently in a 6th Framework research project with the acronym of RECLAIM WATER.

The objectives of AQUAREC are:

- The provision of policy guidelines and water quality standards for municipal wastewater reclamation and reuse.
- The collection and validation of best management practices
- The development of reference manuals and step by step guides for future end-users
- The evaluation, selection and standardisation of technological concepts and components for
- Wastewater recycling
- The integration of various activities towards sustainable wastewater recycling world-wide

The project RECLAIM WATER aims at developing hazard mitigation technologies for water reclamation, providing safe and cost effective routes for artificial groundwater recharge. The project will assess new and improved water reclamation and re-use technologies for the removal of microbial and chemical contaminants. New analytical methods to monitor emerging chemical contaminants and pathogens will be developed. Knowledge, concepts and models for the natural processes occurring in subsurface systems will be generated.

ECONOMIC CONSIDERATIONS

In many cases, the decision to change to alternative water resources is dictated by economic considerations. Therefore it is important to highlight the financial driving forces concerning water (re)use :

Levies for groundwater, surface water and effluent abstraction

The levies for groundwater abstraction are often higher than the cost for effluent reuse. This is the consequence of the regional water management policy: The levies for effluent reuse are comparable to the ones charged for surface water abstraction. The levies for groundwater abstraction increase with increasing abstraction volumes, defavourising large groundwater consumers. (see Figure 5). In addition, if abstracted water, be it surface water or recycled water, is returned at 100 % to the surface water, only 75 % of the levies are charged. This in order to prevent local depletion of surface waters as a result of evaporation through cooling.

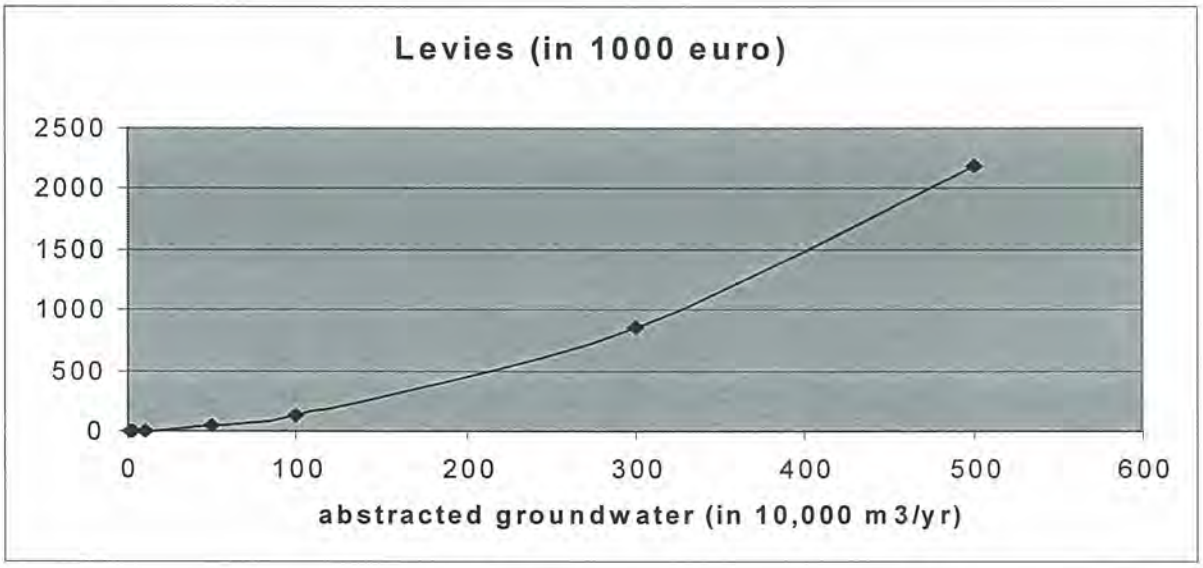


Figure 5. Levies charged for groundwater abstraction

Price Calculations

Until now, no active prospecting has been done for the promotion of the reuse of WWTP effluent. The reuse projects so far have been realised in response of spontaneous demands from customers. Lately, this demand is increasing, mainly because of the favourable price/quality ratio in comparison to the alternatives: groundwater, potable water and surface water. The price calculation for the supply of effluent is based on the following:

1) a compensation for the "tapping" of the effluent. This compensation is now set equal to the abstraction fee for surface water, and is transferred to the government
2) A compensation for "extra costs" and "possible risks"

Extra costs derive from investment and operation costs. On these costs, a case specific margin is added. Possible risks can result from e.g. non-compliance with standards or specifications, from insurance costs, from unpaid invoices or other possible risks. The risks are budgeted differently whether untreated effluent is supplied or further treatment to particular specifications is needed, and they are calculated case by case.

DOMESTIC WASTE WATER REUSE PROJECTS IN FLANDERS

Following the demographic characteristics of Flanders, the Flemish treatment plants are widely scattered. At the end of 2004, Aquafin was responsible for the operation of 202 wastewater treatment plants (WWTPs), 832 pumping stations and 3810 km of sewerage. The medium plant size is around 20,000 p.e. Figure 6 shows the location of the WWTP's in Flanders.

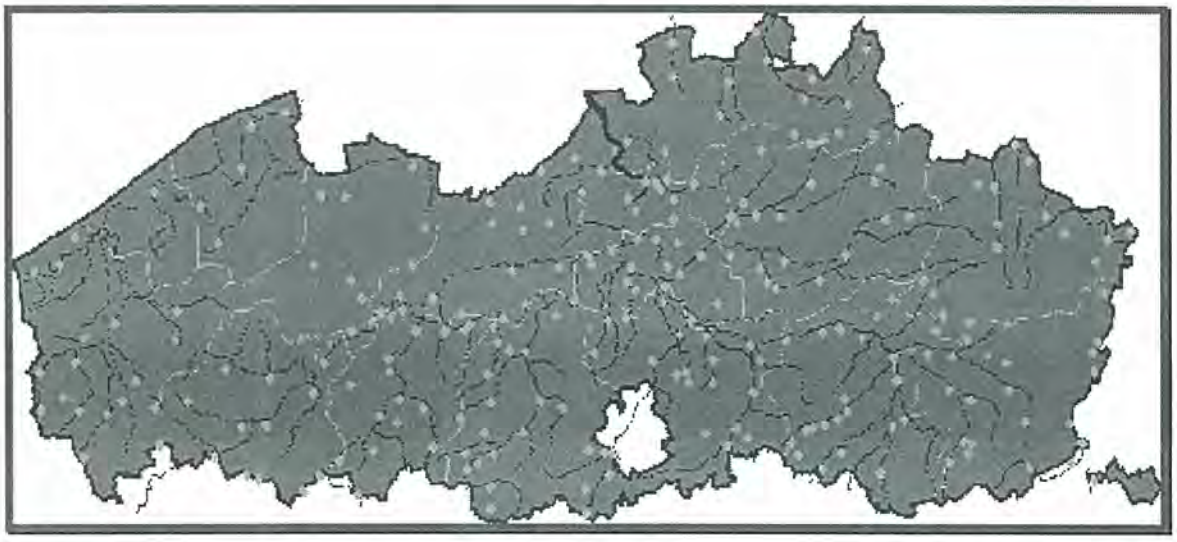


Figure 6. Wastewater treatment installations in Flanders

In the above, a framework is developed in which we can situate the reuse projects in Flanders:

- Water use in Flanders is most intensive in industry, and more in particular in cooling water
- For cooling water, there is a demand for continuity of supply of often large amounts of water of relatively low quality
- WWTP's can offer large volumes of water with a relatively low but constant quality
- There are relatively large WWTP's distributed throughout the Flemish region, offering the opportunity of a nearby alternative water resource
- If needed, more advanced treatment can be provided and included in the ongoing investment and operation programmes.

The reuse projects of domestic WWTP effluent in Flanders are listed in Table 2.

Table 2. Municipal wastewater reuse projects in Belgium

End-use	Size (m^3/yr)	Start-up
Nature enhancement/recreational (bird watching)	11,979,000	1999
Drinking water aquifer recharge	2,500,000	2001
Industrial cooling water	2,500,000	2003
Industrial cooling water	340,000	2000
Industrial cooling water	80,000	1997
Industrial cooling water	70,000	2004
Industrial cooling water	35,000	2003
Industrial washing	5,000	2004
Polder irrigation	Different plants	? - occasionally

Project A: Industrial Cooling

In this project, 2,500,000 m^3/yr, almost the entire effluent flow, is reused for industrial cooling in a nearby factory. The secondary effluent of a nutrient removal WWTP is treated with ozonation for disinfection and prevention of regrowth in the cooling circuit. If needed, sand filtration was considered as an option for further treatment. Reuse practice has been operational since 2003, and until now sand filtration was not necessary, as the levels of suspended solids appear to be low enough to avoid clogging problems. Alternatives for the use of effluent were either groundwater or surface water.

Surface water as an alternative was studied and rejected because:

- In comparison to effluent, surface water had a lower and less constant quality, in particular concerning suspended solids and nutrients
- In drier periods, the possibility exists that no permit for surface water abstraction can be obtained, because of the relatively low flow.

Groundwater was rejected as an option because the levies for groundwater are higher than the cost for effluent use, and the pumping costs for groundwater would even increase this cost. Under the circumstances described above, the choice for effluent use seemed the most economical.

Project B: Industrial cooling

This project concerns the use of 70,000 m^3/yr of effluent of the nearby 80,000 p.e. WWTP as cooling water. Until recently, groundwater was used, but the cost for groundwater abstraction increases as a result of increasing levies and because the groundwater at lower depths contains too much iron, necessitating deeper wells. Surface water in this case is more expensive, because of the longer distance to the extraction point, and it is of lesser quality. The cost for the reuse water is based on the levies for surface water abstraction, but increased with a risk factor, investment and operation costs.

Tank Cleaning

The use of effluent for tank-cleaning is another "logical" application. This effluent is sometimes transported by containers to the tank-cleaning facility. In one case, the transport is replaced by a supply through fixed pipes. In the past, tap water was used for this low-quality application, making the choice for effluent as an alternative obvious. Risks for e.g.

contamination through aerosols are deemed less important, considering that those tank cleaning companies mostly transport septic material. This is a growing market which will be consolidated in the near future.

Domestic Waste Incinerators

A popular and one of the earliest applications of effluent in Flanders was the use for direct cooling of the incinerator's ashes in waste incinerators. This is a straightforward application of secondary effluent without extra treatment. In one case, 340 000 m³/yr effluent from a 600 000 p.e. WWTP is used for the wet gas scrubbing of the nearby incinerator. In the past canal water was used , but for quality reasons, in particular heavy metals, the discharge of the cooling water was prohibited. The non-evaporated cooling water is now discharged in the sewer back to the WWTP.

Truck Cleaning

A composting and waste management facility uses effluent after chemical disinfection for truck cleaning, because the effluent is more nearby than the alternative surface water.

Irrigation

In Bruges, as well as in some other WWTP's near the coast, effluent is regularly used to control the surface water level in the wet "polder" area, for reason of irrigation and to provide water for the livestock.

Indirect Potable Reuse

At the Belgian coast, the Intermunicipal Water Company of the Veurne region (IWVA) is responsible for the potable water production and supply in the area; the source for the potable water production was the sandy aquifer in the dunes near the coast. The largely varying water demand as a result of tourism during summer and saline intrusion was threatening the sustainability of the potable water production. In 2002 the Intermunicipal Water Company of the Veurne region (IWVA) started artificial recharge of an unconfined aquifer in its dune water catchment St-André. Wastewater effluent was used as the source for the production of infiltration water. This plant, with a production capacity of 2,500,000 m^3/year, combined membrane filtration techniques to achieve the stringent standards set for the quality of the infiltration water. The whole project was developed to create a sustainable groundwater management; the natural groundwater extraction was reduced from 3,700,000 m^3/year to 2,700,000 m^3/year. By 2010 another 500,000 m^3/year will be saved (E. Van Houtte and J. Verbauwhede, 2005). Saline intrusion was gradually prevented and the sustainability of the water production was increased. The treatment scheme is presented in Figure 7.

Initially the infiltration water was composed of 90 % RO filtrate and 10 % MF filtrate In May 2004 it was decided to no longer use UF filtrate as part of the infiltration water. The RO filtrate was re-mineralised using sodium hydroxide. Since then the infiltration contained less organics and the nutrient content was lower, which should benefit the infiltration. On one exception for diuron (0,016 µg/l), pesticides were not detected in the infiltration water. As the RO removed all bacteria and viruses, the UV installation could be stopped. Table 3 displays the quality of the reclaimed water produced.

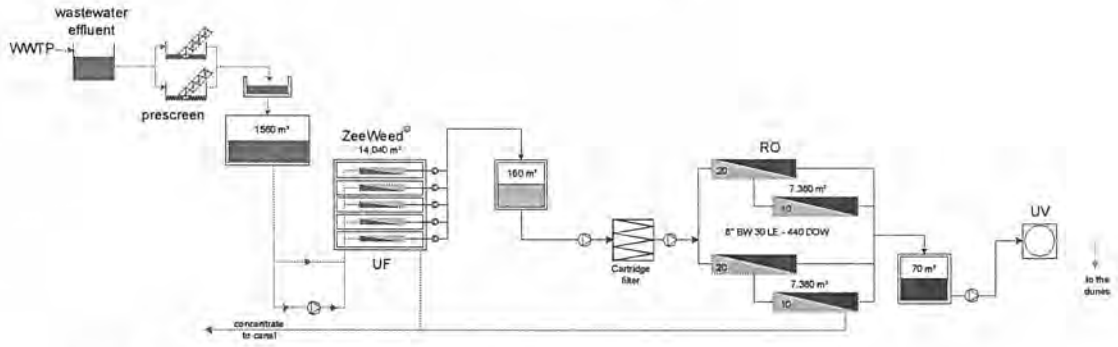


Figure 7. Treatmen scheme St-André aquifer recharge project (IWVA)

Table 3. Quality of infiltration water procuced at the "Torreele" plant. Mean value with minimum and maximum between brackets (E. Van Houtte and J. Verbauwhede, 2005)

Parameter	Infiltration water (July 2002 – May 2004)	Infiltration water (May 2004 – May 2005)	Infiltration water standards
pH	5,70 – 7,67	6,05 – 7,16	>6,5 and <9,2
Conductivity (µS/cm)	150 (35 – 262)	48 (22 – 73)	1000
Chloride (mg Cl/l)	22 (2 – 36)	2,5 (1 – 4)	250
Sulphate (mg SO4/l)	10 (6 – 17)	<1	250
Sodium (mg Na/l)	18 (5 – 30)	11 (5 – 16)	150
Total hardness (°F)	3,6 (1,8 – 5,8)	<1	40
Nitrate (mg NO3/l)	6,9 (1 – 16)	2,1 (<1 – 3,6)	15
Ammonia (mg NH4/l)	0,31 (<0,05 – 0,84)	0,19 (<0,05 – 0,61)	1,5
Total phosphorous (mg P/l)	0,1 (<0,1 – 0,3)	<0,1	0,4
Total Organic Carbon	0,9 (0,5 – 2)	<0,2	-

Nature enhancement/recreational

The use of "natural systems" for tertiary treatment is increasingly gaining interest in Flanders. The possibility of these systems for, on the one hand, adding some additional treatment to secondary effluent, and on the other hand, improving the ecological value of the natural surroundings, are largely valued and under investigation. The incorporation of wetlands in the treatment scheme is seen as a possibility to help in complying with the Water Framework Directive, basically to help in achieving a good ecological status in the receiving watercourse. With well designed 'free water surface' systems, amongst others, diurnal oxygen patterns can be induced in the effluent before discharging to surface waters, and fish spawning areas can be provided.

This concept is studied at length in the 'Waterharmonica' project. (REF Increasing the natural values of treated wastewater,the Waterharmonica: the missing link to transfer treated waste water into a usable surface water (Ruud Kampf et al.). An example in Spain can be found at the Empuriabrava WWTP.

In Flanders, the effluent from the 70,000 p.e. WWTP of Liedekerke is fed into a 1.66 km long, 2.5 m wide free water surface wetland followed by a lagoon. The water level in this lagoon can be manually adjusted in order to decrease the retention capacity. As such an average additional retention volume of 40,000 m³ is created. Originally this wetland was constructed to serve as a buffer area for flooding. The design is following the principles of ecological engineering (see Figure 8).

During the last 4 years birds were monitored on an irregular basis. A significant number of endangered species were observed. This is merely due to the fact that this wetland covers an important area in comparison to the little natural areas of the nature reserves in the surroundings/neighbourhood. In order to meet the desires of the local birdwatchers an observation point was installed on site.

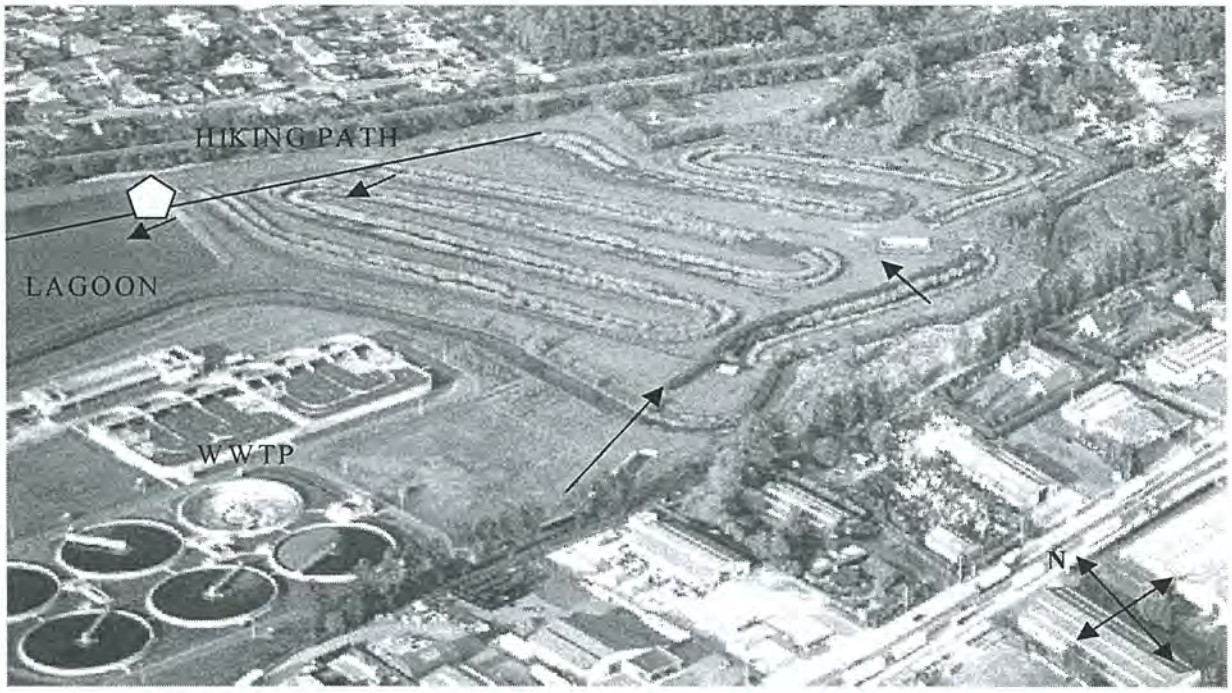


Figure 8. Aerial view of the free water system at Liedekerke.

THE FUTURE

As 80 % of the water use in Belgium is used for cooling, in 2005, a study was conducted to evaluate the potential of effluent use for cooling water applications. (A. Bertini 2005).

Forty-one case studies from around the world and a survey on cooling water applications in Flanders provided valuable information for the preparation of guidelines and showed a great interest from the end-users for this study. The results from the comparative analysis between surface water and WWTP effluent indicate that the level of chemical water quality of the secondary treated effluent is comparable to that of surface water.

On the other hand, the secondary treated effluent needs to be disinfected to meet the microbiological water standards for cooling water, while surface water does not need it. This study showed that the reuse of effluent as cooling water has a big potential, but some work still remains to be done, in particular, guidelines have to be developed and risks have to be quantified and controlled.

The major impediment for further reuse of reclaimed water as coolant in Flanders is certainly the policy on water tariffs. Under the present pricing policy, effluent is still a factor 1,5 to 2 times more expensive than surface water. Table 4 shows the results of a SWOT analysis of the use of effluent as industrial coolant.

Table 4. SWOT Analysis for the use of effluent as industrial coolant

Strenghts	Weakness
Minimum water quantity can be guaranteed *Low BOD5* *Low SS* *Successful case studies*	*Higher price of WWTP effluent* *Low microbiological quality*
Opportunities	Threats
Water conservation policy *Increasing industrial needs* *Public perception and acceptance of industrial reuse* *Increasing drought period*	*Lack in legislation* *Surface water quality is getting better*

CONCLUSION

Although the climate in Flanders is much different from the Mediterranean climate, and water is used mainly for industrial (cooling) purposes, as opposed to agricultural use in the Mediterranean, water reuse gradually increases also in Flanders. The main application is and will be in coolant make-up, but some bottlenecks have still to be tackled, such as water pricing policy and the development of guidelines.

Through the years, reuse practice has been demonstrated and confidence is gained. Reuse schemes vary from very basic treatment technology, over natural systems, to high-tech applications. Together with the political will to increase the sustainability of the local water management, this will undoubtedly increase the number of water reuse projects in Flanders.
In particular the Water Framework Directive can offer possibilities to integrate water reuse in standard integrated water management approach. Natural systems deserve special attention as a "reuse technology", for they combine additional treatment with valuation of the effluent through nature enhancement and recreation.

ACKNOWLEDGEMENTS

The authors wish to thank T. Melin, L. Sala, M. Serra, R. Kampf and T. Claassen for their continuous support and their pioneer work in water management and reuse.

REFERENCES

Angelakis, A.N., L. Bontoux, and V. Lazarova (2003); Main Challenges and Prospectives for WaterRecycling and Reuse in EU Countries; *Wat. Sci. Tech., Wat. Supply*; 3(4): 59-68

AQUAREC, R. Hochstrat and T. Wintgens (Ed.), Report on Milestone M 3.1. *Draft of Water Reuse Potential Estimation,* interim Report, (2003)

Bertini, A. (2005), *Municipal Wastewater Reuse for Cooling Water Makeup: Background Study*, Università degli studi di Firenze, Tesi di laurea

Bixio, D. and Thoeye, C. (2005), *Distribution of reclaimed water projects in Western Europe according to the Aquarec mapping study.*

EEA (1999), *Sectoral water use for conventional water.*

Flemish Coordination Commission on Integrated Water Management (2005). '*First Water Management Brief*'; ("De eerste waterbeleidsnota"); in Dutch.

Kampf R. et al. *Increasing the natural values of treated wastewater. The Waterharmonica: the missing link to transfer treated waste water into a usable surface water*

United Nations Environment Programme - Division of Early Warning and Assessment (DEWA) - Global Resource Information Database (GRID) – Europe (2004); *Freshwater in Europe – Water Consumption*;
http://www.grid.unep.ch/product/publication/freshwater_europe/consumption.php

Van Houtte, E., Verbauwhede J. (2005). *Artificial recharge of treated wastewater effluent enables sustainable groundwater management of a dune aquifer in Flanders, Belgium*; 5th International Symposium on Management of Aquifer Recharge,Berlin, Germany

Wackernagel, M. et al (1997). *Ecological Footprints of Nations*, Centro de Estudios para la Sustentabilidad, Universidad Anáhuac de Xalapa México
http://www.ecouncil.ac.cr/rio/focus/report/english/footprint/introduction.htm

Jornades Tècniques: La integració de l'aigua regenerada en la gestió dels recursos
Jornadas Técnicas: La integración del agua regenerada en la gestión de los recursos
Technical Workshop: The integration of reclaimed water in water resource management
Lloret de Mar, Costa Brava, Girona, Octubre 2005

WATER RECYCLING AND REUSE IN EUREAU* COUNTRIES. TRENDS AND CHALLENGES

B. Durham[1], A. N. Angelakis[2], T. Wintgens[3], C. Thoeye[4] and L.Sala[5]

[1] Technical Secretary - Corresponding author
EUREAU Water Recycling and Reuse Working Group and Veolia Water
52 rue d'Anjou
75384 Paris
E-mail: bruce.durham@veoliawater.com

[2] Hellenic Union of Municipal Enter. for Water Supply and Sewerage
41200 Larissa
and National Foundation for Agricultural Research
Institute of Iraklio, 711 10 Iraklio
Greece
E-mail: angelak2@otenet.gr

[3] RWTH Aachen University
Department of Chemical Engineering
Turmstrasse 46
52056 Aachen
Germany
E-mail: Thomas.Wintgens@post.rwth-aachen.de

[4] Aquafin NV
Dijkstraat 8
Aartselaar 2630
Belgium
E-mail: chris.thoeye@aquafin.be

[5] Consorci de la Costa Brava
Plaça Josep Pla, 4, 3r.1ª
17001 Girona
Spain
E-mail: lsala@ccbgi.org

* EUREAU members include all EU member states + EFTA countries [EUREAU]

ABSTRACT

Europe depends on appropriately treated wastewater to protect the environment and ensure that freshwater is available for all applications. Water recycling and reuse through surface and groundwater bodies is common practice and public health is protected through potable water standards. The reuse of water for non potable applications or potable substitution has been proven internationally in water stressed regions to be a drought proof source of water and one of the most effective water scarcity solutions.

This paper considers

- the status of water reuse in Europe,
- the challenges
- what should happen in the future
- examples of successful regions and not so successful regions in Europe

Key Words: water reclamation, drought proof, potable substitution

INTRODUCTION

Water reuse or recycling is of vital importance to Europe because it:

1. increases the water resource available
2. reduces eutrophication
3. can reduce cost and lower energy demand (subject to application)

Water reuse is a water scarcity solution and the issues above are some of the biggest drivers in the Water Framework Directive. Perhaps the problem is that water reuse is one on the most misunderstood water applications just in the same way that the anthropogenic water cycle is not well understood? Perhaps we are not communicating well enough?

UN Agenda 21 states that we need to "maximise environmentally sound waste reuse and recycling"

The Bureau of International Recycling (BIR) states that the world is moving steadily into the age of conservation with recycling as an integral part. And yet recycling is not new. Without recycling, the circle merely becomes a series of events without a logical resolution. Potentially useful materials become a hazard rather than being retained as a resource.

Recycling conserves raw materials. It also saves energy and protects the environment. The BIR web site confirms their industry has:

- 1.5 million employees in more than 50 countries
- an annual turnover exceeding 160 billion US dollars
- the industry processes over 600 million tonnes of commodities

The paper industry is a major water user and they state that recycled paper has a 64% lower energy demand compared to primary production. Producing from recycled paper means 35% less water pollution and 74% less air pollution. [BIR]

Unfortunately water is not part of BIR recycling interest. Perhaps we could learn from their communications so that we can clearly demonstrate what water reuse is and why it's important.

Water Scarcity

We take water for granted until the tap is dry. The dry winter of 2004, the dry spring and summer of 2005 is highlighting the dramatic impact of drought and the need for a European Drought management strategy. The impact of drought can be greatly exacerbated by the inefficient use of water, inadequacies in infrastructure, water use, demand management and in legislative frameworks and regulatory mechanisms. The economic impact of droughts has been approximately 25 billion Euros over the last 30 years and was nearly 12 billion in 2003. Research has shown that the worst drought in the USA was more than twice the cost of the worst flood [EURAQUA]

Water stress is also increasing due to population density, diffused pollution and short-term seasonal population increases due to tourism and increased demand for irrigation to improve agricultural productivity. At the same time, the Water Framework Directive requests an analysis of water use, which in some regions or basins could lead to a reduction of 15 to 20% of abstraction licenses, in order to protect surface and groundwater quality and quantity. The need for alternative sources of water was emphasized by the 2003 drought which resulted in a 30% reduction in agricultural production. This drought was a dramatic example of the measured 20% reduction in annual precipitation from 1900 to 2000.

The Water Directors who represent each of member states of Europe and decide on European water priorities recognise the importance of drought. As a result a "Best practices on water scarcity" document is being prepared by a team being led by the French, Italian governments with co drafters from the EU member states, Mediterranean and non EU countries (Egypt & Tunisia) as well as DG Research, DG JRC, ARID cluster, EUREAU and the WWF. Water reuse as a well proven, if not well understood, water scarcity solution was raised under any other business at the last Water Directors meeting in Luxemburg and water reuse is on the agenda for the next Water Directors meeting in November 2005 in London. **This is probably the greatest opportunity for Europe to start to understand and benefit from water reuse that we have had in the last ten years.**

WATER REUSE STATUS IN EUROPE

Although treated wastewater has been an important means of augmenting river flows in Europe and the subsequent use of such water for a range of purposes constitutes indirect reuse of wastewater, it is becoming increasingly attractive to use reclaimed or treated wastewater more directly. In addition, reclamation of wastewater is attractive in terms of sustainability since wastewater requires disposal if it is not to be reclaimed (UKWIR 2004). There are several cities in northern Europe that rely on indirect potable reuse for 70% of their potable resource during dry summer conditions.

The Aquarec project has identified over 200 water reuse projects in Europe out of 3,300 water reclamation projects globally. The review considered seven geographical regions: a) North and b) Latin America, c) Europe, d) Mediterranean Region and Middle East, e) Sub-Saharan Africa, f) Oceania and g) Japan. Japan has the largest number of reuse project (over 1,800), followed by the USA (over 800), which is the largest producer, with a volume of reused water estimated at close to 6.5 Mm^3/d. Almost 100 sites were identified in the Mediterranean and

Middle East area, with more than 50 in Latin America and 20 in Sub-Saharan Africa (Bixio et al. 2005).

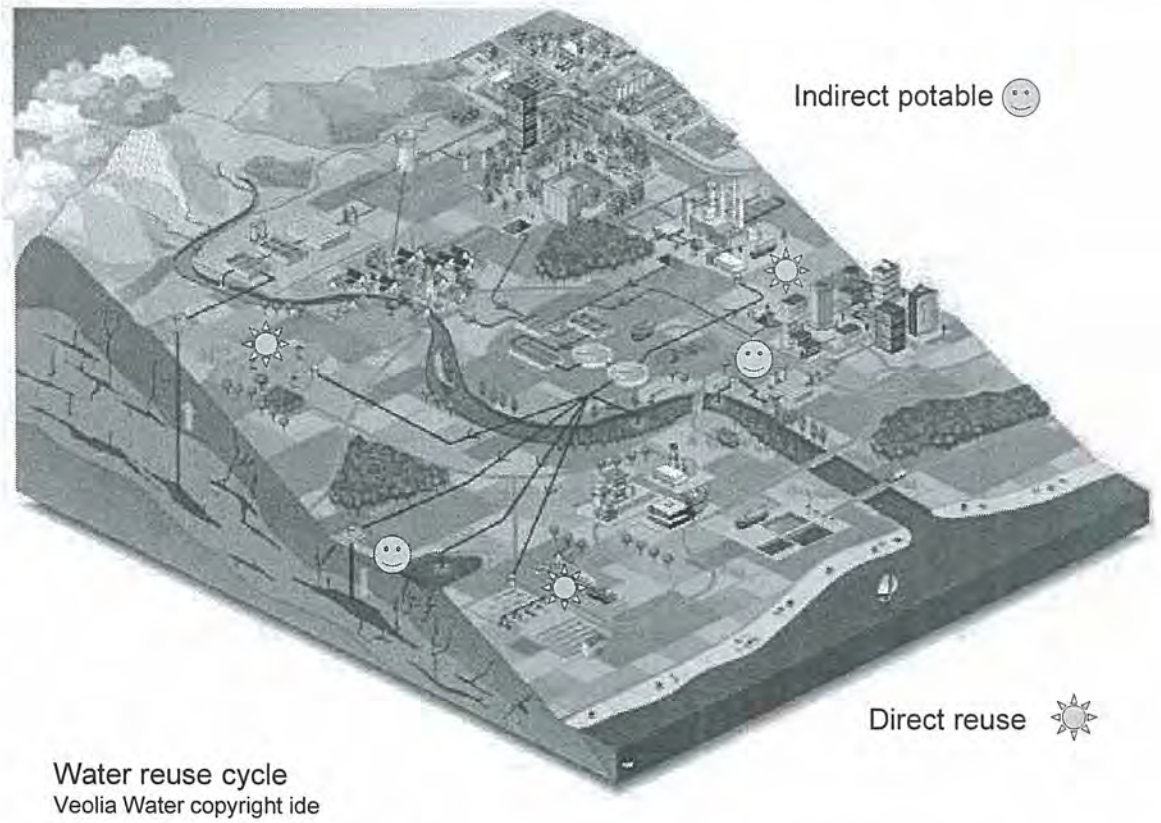


Figure 1 Reuse water cycle diagram. (Veolia Water. copyright idé communications agency)

The number of municipal water reclamation facilities identified throughout the world – sorted by application – is shown in Figure 2. The applications are split in five categories: a) agricultural irrigation; b) urban, recreational and environmental uses, including aquifer recharge; c) process water for industry; d) direct and indirect potable water production; e) combinations of the above (mixed).

Note that these numbers are destined to become quickly outdated as many projects were identified at an advanced planning phase.

In 2004 it is estimated that 700 Mm^3/yr of water was reused in Europe which is less than a fifth of the estimated potential for water reuse. The AQUAREC project developed a model-based approach which is able to quantitatively assess the potential for wastewater reuse using effluents from wastewater treatment plants. The approach was applied to quantify the European water reuse potential and compared well to existing estimates.

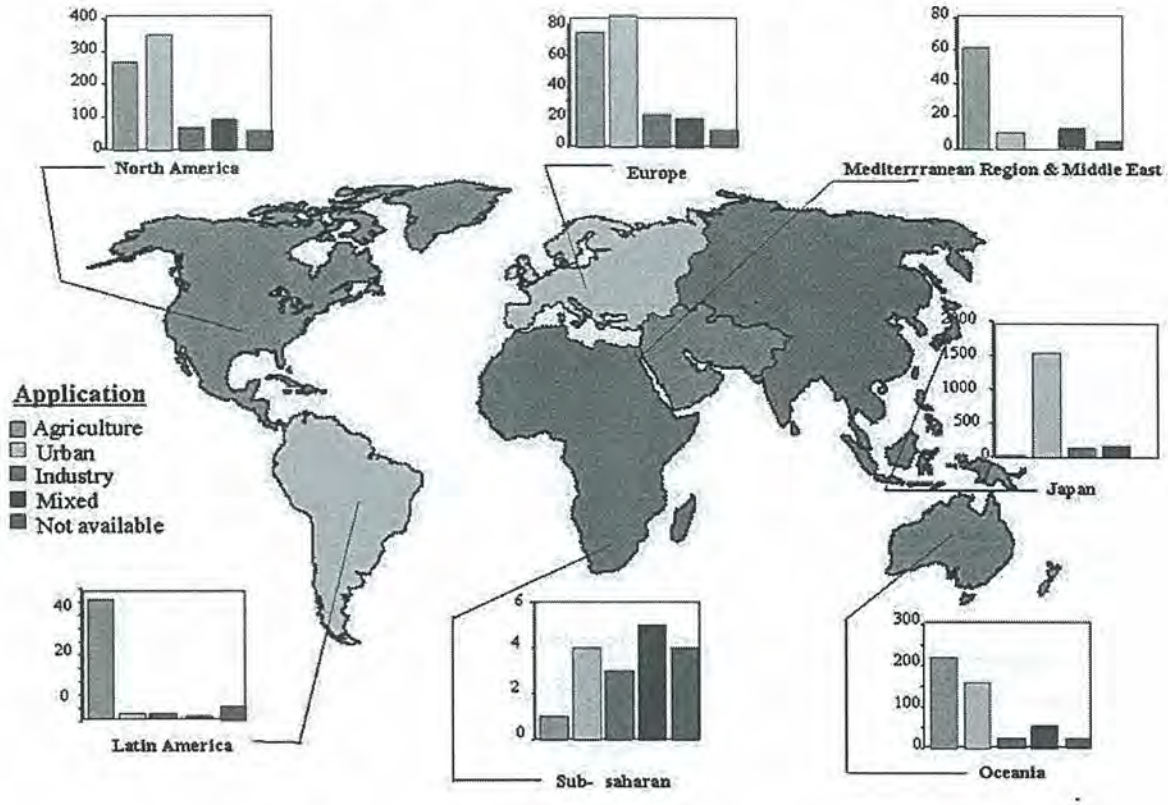


Figure 2. Number of water reuse projects distributed according to their application (adapted from Bixio et al. 2005a).

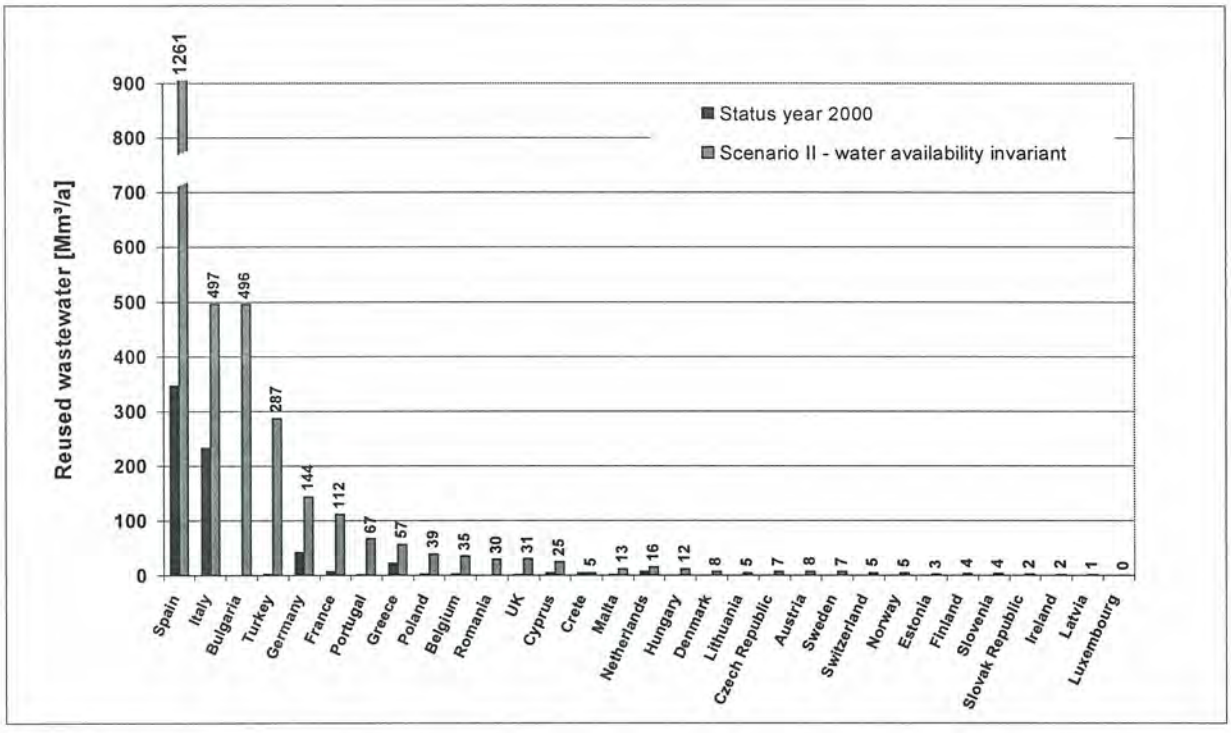


Figure 3. Model output for wastewater reuse potential of European countries; projection horizon 2025 (Hochstrat et al. 2005).

Figure 3 illustrates that Spain shows by far the highest reuse potential, the calculations suggesting a value of over 1,200 Mm³/yr. Italy and Bulgaria both exhibit estimated reuse potentials of approximately 500 Mm³/yr. Wastewater reuse appraisals for Turkey amount to

287 Mm^3/yr, whereas Germany and France are supposed to reuse 144 and 112 Mm^3/yr respectively. Portugal and Greece account for reuse potentials of less than 100 Mm^3/yr (67 and 57 Mm^3/yr). Overall, the estimates suggest a wastewater reuse potential of 3,222 Mm^3/yr (Hochstrat et al. 2005).

It is essential that the development of water reuse in agriculture and other sectors be based on scientific evidences of its effects on environment and public health. Although several studies have been conducted on wastewater quality and for different purposes, at this time, there are no guidelines, best practice or regulations of water reuse at an EU level other than the Urban Wastewater Directive which states that "treated wastewater shall be reused whenever appropriate". Further work is needed to develop the suitable guidelines and definition of "whenever appropriate". The valuable regional initiatives in Spain, France, Belgium, UK and other countries could be used as a base to develop water reuse guidelines.

The 15 European countries with the highest estimated increase in water demand include North Western, Central and Southern Europe. The conservative interim estimates of growth from 2000 to 2025 range from 1.3 to 14 fold increase in capacity with an average of 2 fold increase. This current and conservative estimate of water reuse activity in Europe emphasises the need for clarification of the appropriateness of water reuse through water quality and best practice guidelines (EUREAU 2004). Water reuse and potable substitution can increase the availability of water for public water supplies. This includes northern countries where authorities are also experiencing water stress. In London the population density and the rainfall of 690mm per year results in the water availability of only $265m^3$/capita/year demonstrating the need for alternative sources of water (Planet Water 2003).

The European water abstraction average data states that public water supply is 18%, agriculture 30%, industry 14% and electricity industry 38% (EEA 2000). However, if we agree that the majority of the electricity industry (cooling water) abstraction is returned rapidly to the surface water then the water abstraction for public water supply accounts for approximately 70% of the total water demand. Potable substitution through water reuse can potentially have an even greater impact on water resource availability if we consider the 70% of water abstracted for public water supply rather than the 18% normally considered. In southern Europe approximately 70% of the abstraction is for irrigation. This is a well proven potable substitution application that reduces the demand on freshwater that is treated for potable supplies.

The ARID CLUSTER water scarcity workshop in 12-13 May 2005 in Cyprus was titled "Coping with Drought and Water Deficiency: from research to policy making" presented the results of the EU research projects on integrated and sustainable water resource management. ARID is a cluster of EC under the FP5 projects dealing with water resources use and management in arid and semi-arid regions. The ARID cluster operates by linking thematically complementary projects via (a) project web pages; (b) cross-representation; (c) exchange of data; (d) joint meetings; and (e) workshops. (Arid Cluster 2005).

The ARID cluster includes three research projects on integrated and sustainable Water Resources Management:

- WaterStrategyMan (Developing Strategies for Regulating and Managing Water Resources and Demand in Water Deficient Regions)
- Medis (Towards Sustainable Water Use on Mediterranean Islands: Addressing Conflicting Demands and Varying Hydrological, Social and Economic Conditions)

- Aquadapt (Strategic Tools to Support Adaptive, Integrated Water Resource Management under Changing Utilisation Conditions at Catchment Level: A Coevolutionary Approach)

The EUREAU reuse group were asked to present a paper on "water recycling and reuse: a water scarcity best practice solution" at this workshop. This resulted in a request for a two page summary for the EU Water Scarcity group which highlighted the importance of water reuse as a water scarcity solution and the priorities for safe implementation. The second page of this summary stated the following:

What are the key priorities that will enable water reuse projects to be implemented safely in Europe?

1. Agreement of the need for reuse and the need for guidelines rather than regulation. (It has been argued that it is more important to create an environment to favour water reuse where some technology is needed, there is appropriate monitoring, user pays the production costs and the costs are transfer to the plant operator, etc. than simply having a set of regulations.)

2. Provide a comprehensive guidance document to ensure any risk is appropriately minimised and valuable knowledge is available to any organisation considering implementing a water reuse project

3. Society / stakeholders must be involved so that they understand and fully contribute to the decisions

4. Safety of the product and the systems has to be proven

5. The solutions must be justified and sustainable from environmental, economic and social aspects

How can this be achieved?

1. Guidance and best practice document on water reuse published as an appendix to the Urban Wastewater Directive and cross referenced in the other relevant parts of the Water Framework Directive and the Drinking Water Directive

2. Clear and accurate documents published on the anthropogenic water cycle to overcome the lack of understanding between drinking water, wastewater, water resource planners, environmental fraternities, politicians and the public.

What action is recommended?

1. A stakeholder technical committee should be created on water reuse by DG Environment to produce the guideline documents as an Annex to the Directive.

2. A workshop should be held to produce European guidelines based on the different water reuse initiatives that have been completed or are being researched across Europe. (DG Research AQUAREC and the other research projects on water reuse, EUREAU, UKWIR UK, AEAS Spain etc). The workshop should also identify gaps and research needs. The guidelines should:

a. Accurately describe the anthropogenic water cycle
b. Explain clearly the benefits and risks
c. Provide a framework for implementation
d. Highlight water safety planning and good practice experience in Europe and globally with links to other international guideline documents (USA, Australia, Singapore etc)
e. Clearly interpret the statement in the UWWTD that "treated wastewater shall be reused whenever appropriate"

3. The stakeholder technical committee should manage the liaison with other commissions in Europe such as Public Health and Agriculture.

4. Recommendations should be prepared on how to attract financial incentives to encourage member states to exploit water resources efficiently

5. The guidelines should be updated on a regular basis by an approved authority to ensure that the latest experience and scientific knowledge is available

6. The stakeholder technical committee should prepare an action plan to exploit the cohesion benefits of water reuse in Europe and the export of EU water reuse technology and expertise to support EU initiatives in developing and developed countries. (Durham B et al. 2005)

It is understood that a copy of this document is now with the UWWTD desk officer.

THE CHALLENGES IN EUROPE

The challenges need to be managed as opportunities to increase the efficient and sustainability of the anthropogenic water cycle.(economic, environmental and social)

Please consider the following challenges:

- A common lack of understanding of the anthropogenic water cycle?
- Emerging public health and environmental issues
- Water is not valued
- Water price is too low to justify treatment
- Water is disposable - use it once and throw it into the sea
- Sewage or wastewater is an effluent for disposal
- Confusion about water recycling and reuse
- A lack of understanding and sometimes competition between the cultures of potable water and wastewater
- Lack of water reuse quality guidelines and best practice in Europe
- Is the hard won experience in Europe is about to retire?
- How to build champions and capacity to overcome the internal and external "departments of no". Too busy, more important problem to solve, not enough experience to decide, too difficult, fear of risk, limited vision or leadership skills?
- How to implement a river basin management strategy without rivers?
- Regions without the experience of rivers have an irrational fear of aquifer recharge
- The need to consider surface and groundwater as the same water body unless it can be proven they are separate

- How to develop a multi-barrier water safety plan from "Source to Tap" and from "Tap to Source" with an explanation of how and when treated wastewater becomes freshwater again?
- Integrated water resource management and river basin management can imply a linear process whereas urban water is often cyclic
- Centralised wastewater treatment bypasses local rivers and aquifer recharge opportunity
- How to describe the real anthropogenic water cycle to our stakeholders without creating fear or risking brand value?

THE FUTURE IN EUROPE

The Water Supply and Sanitation Technology Platform (WSSTP) was set up within the European Environmental Technology Action Plan (ETAP) that was adopted by the European Commission in 2004. It is a European initiative, open to all stakeholders involved in European water supply, sanitation and major end-user groups. The participants in the platform are producing a common vision document for the whole European water industry together with a strategic research agenda and an implementation plan for the short (2010), medium (2020) and long term (2030). The WSSTP (WSSTP 2005) will contribute to:

- the competitiveness of the European water industry (Lisbon Strategy)
- solving the European water problems
- reaching the Millennium Development Goals (Johannesburg)

Approximately 300 specialists in Europe have contributed to the five working groups which include water resource management, water for people, water for industry, water for agriculture, and cross cutting issues/enabling factors. The draft merged strategic research agenda document that summarises the key issues raised by these five working groups, highlights the importance of managing the water cycle, closure of the water cycle and water reuse. The 19 page draft summary mentions water cycle 25 times and water reuse 11 times which perhaps demonstrates that the importance of water reuse is starting to be understood by the water and environment fraternity.

What will be the future for water reuse in Europe?

- Accurate anthropogenic water cycle educational material is available on the internet
- The need for water reuse and the benefits are comprehensively recognised as a normal water resource management practice and not just as a water scarcity solution
- Water quality guidelines and best practice are attached to the UWWTD. EU has in place the regulatory and institutional framework tailored to suit local needs to take advantage of the water recycling and reuse opportunities to safely maximise water efficiency. The framework includes a clear definition of the benefits for all segments of the anthropogenic water cycle. It proves that water reuse is a horizontal or cross cutting application that pulls together the normally segregated disciplines of potable water and wastewater treatment for public health and environmental protection. Case studies describe how water reuse reduces the competition for water between agriculture and public / industrial supplies by increasing the water resource available. The framework also shows how the European water reuse network and knowledge transfer has worked as a catalyst to increase European cohesion.

- New projects are being implemented using the guidelines and knowledge and experience from existing projects.

- The benefits of soil aquifer treatment (SAT) are accepted as a sustainable advanced wastewater treatment process that can play an important role in a multi-barrier indirect reuse system as demonstrated on three US projects which shows that the groundwater recharged with reclaimed water is of potable quality due to the SAT. [Amy G et al 2005].

- Project viability is based on clearly measurable environmental, social and economic benefits using whole life, sustainability and cost effectiveness tools that provide a fair way of evaluating the benefits. The EU WaterStrategyMan research project (EVK1-CT-2001-00098) [Arid Cluster 2005] has developed a manual for "valuing water in water shed in the absence of market prices: guidance for WFD Implementation". This shows the value of environmental benefits for all water bodies in England and Wales. The table below emphasises the importance of reuse for surface water and groundwater recharge. This could be expanded to include the value of soil protection, attracting local business due to the water resource available, creating an attractive habitat / sports facilities to reduce health costs in the community.

- Projects are taking advantage of financial incentives available to build skills and confidence in each country.

- Wastewater reclamation and reuse is embedded into the integrated management of the water cycle as a water resource solution. The investment costs are funded by the water resource agency rather than as part of the wastewater treatment budget. These water resource investments are included in the cost recovery policies that the EU member states are promoting to ensure adequate incentives for users to exploit water resources efficiently by 2010 and beyond.

- Innovative projects are encouraged to promote cohesion, international leadership and export opportunities.

- The EU is implementing water recycling and reuse projects with EU technology and expertise and satisfying export

Table 1. Water reuse benefits

1 - Decreases net water demand and adds value to water
2 - Potable substitution – keep potable water for drinking and reclaimed water for non potable use
3 - Lower energy costs compared to deep groundwater, importation or desalination
4 - Reduce manufacturing industries costs by using high quality reclaimed water
5 - Valuable & drought proof alternative water for industry & irrigation
6 - Reduce nutrient removal costs to protect the surface waters through irrigation
7 - Reduces nutrient discharge to the environment and loss of freshwater to the sea
8 - Increases land value when developing brown field sites and with drought proof irrigation
9 - Increase local ecological benefits, flood protection and tourism through the creation of wetlands, urban irrigation, bathing beach protection and reduces the need & cost of long sea outfalls
10 - Control the problems of over abstraction of surface & groundwater

SUCCESSFUL AND LESS SUCCESSFUL REGIONS IN EUROPE

Successful regions

Spain

There is more water reuse experience in Spain than any other region of Europe

- Canary Islands – driven by a high and perhaps more realistic value of water
- Murcia – by calculation that the economic impact to the agricultural industry of aquifer over abstraction, saline ingress and subsequent soil salinisation was 120 million US dollars per year [Latorre M 2002]
- Barcelona (Depurbaix) – probably the largest reuse project in the world with a visionary water resource management solution by combining direct aquifer recharge for control of seawater ingress with river, wetlands and irrigation to recharge the river basin aquifers.
- Costa Brava – a steady growth through a large network of water and wastewater utilities in the Consorci that have developed a large number of reuse projects in most applications by building local expertise and trust in the region.
- Vitoria – the greatest single agricultural reuse project in Europe for high-value crops with Title-22 treatment. 35,000 m^3/day were supplied for irrigation of 3,500 ha in the first phase (1995-2004), whereas in the second phase the irrigated surface will be expanded to other 6,500 ha thanks to the 7 million m^3 reservoir just for reclaimed water recently built and that will store the reclaimed water produced off the irrigation season.

Table 2. Types of benefits of water reuse and their estimated value (Koundouri, P. et al, 2005)

Type of Benefit	Millions of UK Pounds/ year
Ecosystems and natural habitats – rivers & lakes	189-405
Ecosystems and natural habitats – wetlands	16-38
Angling	26-27
Bathing	20
Amenity	19
Groundwater	13
Informal recreation	6-12
Total	289-535

Germany

Berlin has operated like many large cities / river basins with a partly closed water cycle for hundreds of years through a combination of careful wastewater treatment and the benefits of soil aquifer treatment through bank filtration to produce potable water from the aquifers. The NASRI research project (www.kompentenz-wasser.de) was set up to study the fate of pathogens and organics, geochemical processes and the hydraulics of bank filtration and artificial recharge systems at laboratory, semi technical and field scale. The outstanding feature of this project is the multi-stakeholder involvement which includes the water utility with local universities and the environmental regulator.

Belgium

The IWVA Torreele indirect potable water reuse through dune infiltration and aquifer recharge project is providing 40% of the potable water demand. This is an outstanding achievement for one of our smallest but highly innovative European water operators. The

unusual aspect of this project is their high level of communication and involvement with the community prior to, throughout the project and during the three years of operation. This has reinforced a high level of trust and acceptance of indirect potable reuse within the community. IWVA also have a commitment to search out international experience and share their experience at leading conferences in most parts of the world. (www.iwva.be).

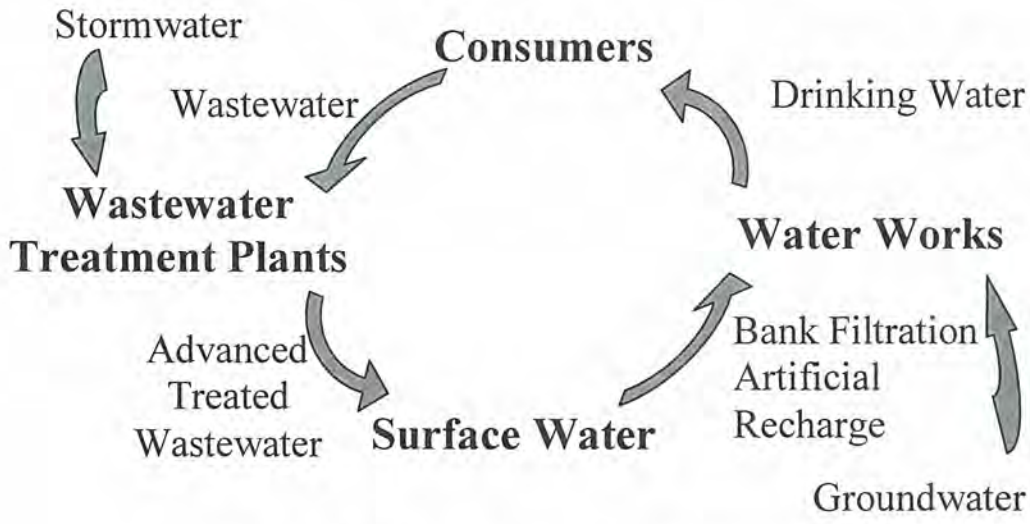


Figure 4. Schematic representation of the water cycle.

Less successful regions

Country A

Unfortunately the key government regulators do not seem to understand the anthropogenic water cycle and certainly do not understand water reuse. When key workshops are organised to develop water reuse guidelines no one from the environmental regulator could justify attending. Aquifer recharge is seldom permitted and then only with potable water even though the water resources depend on treated wastewater to recharge the rivers and groundwater. A large percentage of inland rivers depend on treated wastewater for 80% of their flow during dry weather conditions and these rivers help maintain the aquifers. Municipal wastewater reuse for industry can be very difficult due to debate over who owns the water and therefore who is allowed to reuse it. Innovative solutions have to be justified to the Government on lowest possible cost without seriously considering the environmental or social value. Water reuse is generally in the "too difficult box" even though water scarcity is a serious issue. Public perception problems with water reuse are frequently used as an excuse to avoid any constructive action. Important water scarcity and water resource planning meetings are not keen to discuss water reuse. It's probable that a crisis is needed to energise progress or the identification and development of champions with leadership skills.

Country B

Water scarcity resulted in the decision to build dams to maximise rainwater catchment. The government encouraged farmers to irrigate with groundwater which unfortunately was no longer being recharged by the rivers due to the dams. This has resulted in seawater ingress up to 5 km inland which will result in soil salination and the decline of the agricultural industry that the government wanted to protect. Groundwater recharge is not believed to be acceptable

due to public perception and health risks. The WFD is now being implemented with its river basin management plan with difficulty as most of the rivers have no flow.

CONCLUSIONS

The words we use and perhaps more importantly the pictures we paint to describe water reuse is perhaps the most important issue. We have to be open, honest and professional to build trust. How do we do that when our audience does not understand the anthropogenic water cycle let alone water reuse?

China is adopting an integrated water cycle management (IWCM) strategy having looked at the different approaches around the world. They say that they are also changing their institutional and regulatory framework to avoid overlapping regulation, confusion and to encourage IWCM to happen. One of the key parts of IWCM is water reuse.

We need to promote professional and clear communication documents. We must promote easy ways for guidelines and best practice to be added to the UWWTD without creating excessive workload or "too difficult" barrier. These guidelines must make it easier for the next important projects like Depurbaix in Barcelona or Torreele in Flanders to be implemented with the advantage of proven European best practice.

The greatest challenge we have is building a network of champions and Government capacity in the European market so that justifiable projects can be implemented. EUREAU were told that there would be no progress on reuse in Europe unless the Water Directors added reuse to their agenda. We know reuse has been added to the agenda for their November meeting in London. We need as many Water Directors as possible championing the benefits of water reuse at that meeting as we may not get this chance again.

Our challenge now is to decide how we most effectively communicate the importance and benefits of reuse to each of the Water Directors so that we do not waste this opportunity.

ACKNOWLEDGEMENTS

The European Commission is acknowledged for funding the AQUAREC project (EVK1-CT-2002-00130) which contributed to this paper.

REFERENCES

Amy G , A Sattler, J E Drewes. (2005) Fate of wastewater effluent organic matter (EfOM) through Soil Aquifer Treatment. *ISMAR 2005, 5th international symposium on management of aquifer recharge.* June 2005 Berlin.

Arid Cluster (2005) http://arid.chemeng.ntua.gr

BIR, Bureau of International Recycling. www.bir.org

D. Bixio, B. De heyder, H. Cikurel, M. Muston, V. Miska, D. Joksimovic, A.I. Schäfer, A. Ravazzini, A. Aharoni, D. Savic and C. Thoeye (2005). Municipal wastewater reclamation: where do we stand? An overview of treatment technology and management practice. *Wat. Sci. Tech.: Wat. Supply*, Vol 5 No. 1: pp 77-85.

Durham B., A. N. Angelakis, C. Thoeye, J. Fawell (2005). Water recycling and reuse: the priorities to enable safe implementation.

EEA (2000). Sustainable use of Europe's Water? Environmental assessment, series No7.

EURAQUA (2004). Towards a European Drought Strategy, www.euraqua.net

EUREAU. The European Union of national water suppliers and wastewater services. www.eureau.org. Member states Austria, Belgium, Czech Republic, Cyprus, Denmark, Estonia, Finland, Germany, Greece, France, Hungary, Ireland, Italy, Latvia, Lithuania, Luxembourg, Malta, Netherlands, Poland, Portugal, Slovak Republic, Slovenia, Spain, Sweden, United Kingdom. EFTA members: Norway and Switzerland.

EUREAU (2004) Why is water reuse so important to the European Union? and 2005 Wastewater recycling and reuse in EUREAU countries, Draft

Hochstrat R., T. Wintgens, T. Melin, P. Jeffrey (2005). Wastewater reclamation and reuse in Europe - a model-based potential estimation. *Water Supply*, Vol 5 No 1 pp 67–75, IWA Publishing

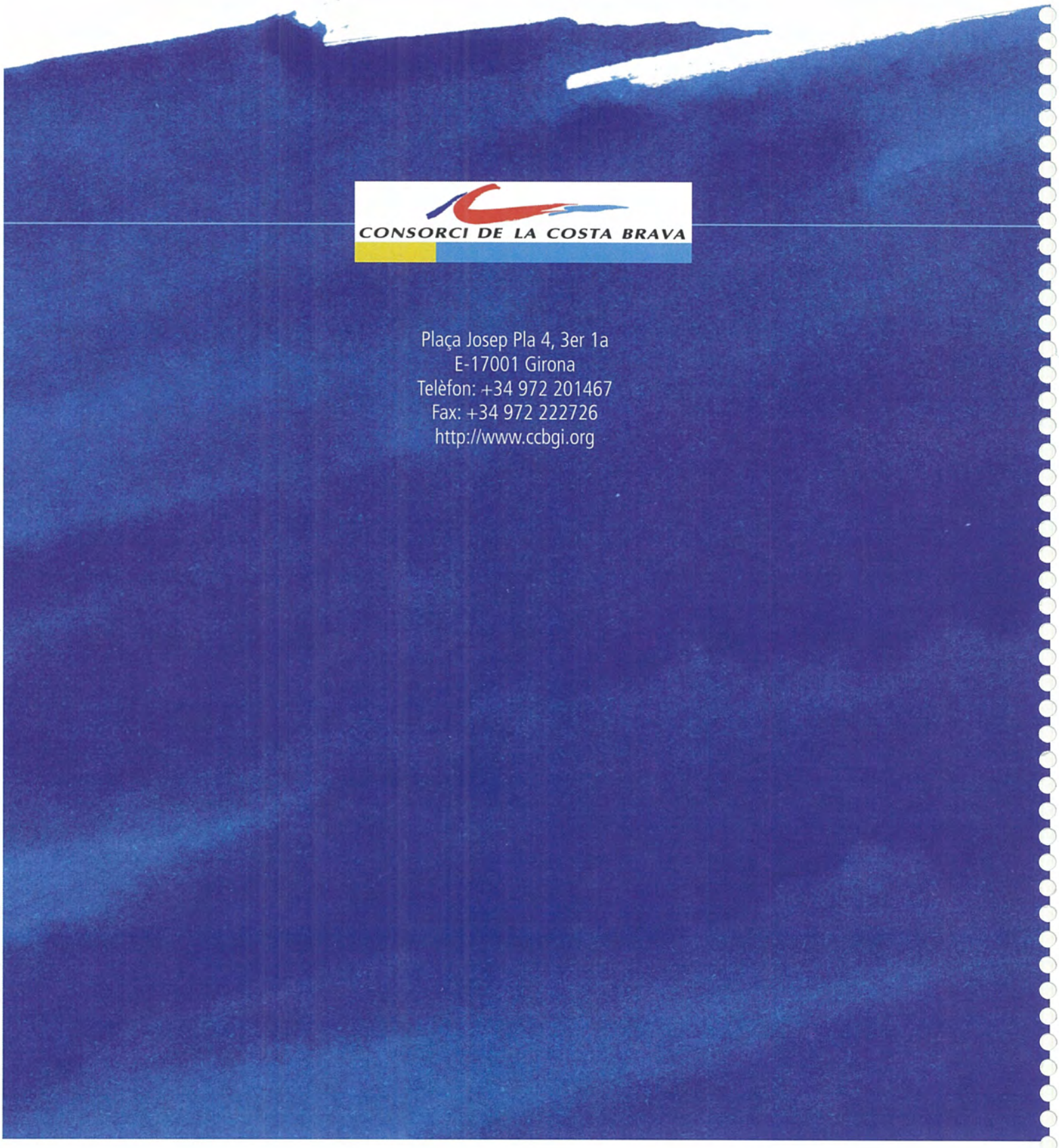
Koundouri, P. and K. Karousakis (2005). University College London. Arid Cluster. A manual for valuing water in water shed in the absence of market prices: guidance for WFD implementation

Latorre, M. (2002). Design optimization of SWRO plants for irrigation. IDA Bahrain.

Planet Water (2003), RWE Thames

UKWIR (2004) Framework for developing water reuse criteria with reference to drinking water supplies. UKWIR, WATEREUSE Foundation & AWWA Research Foundation. Draft *Report Ref. No. 05/WR/29/1*

WSSTP (2005) www.wwstp.org



CONSORCI DE LA COSTA BRAVA

Plaça Josep Pla 4, 3er 1a
E-17001 Girona
Telèfon: +34 972 201467
Fax: +34 972 222726
http://www.ccbgi.org