

La reutilització planificada de l'aigua: de l'eficiència a l'autosuficiència

Rafael Mujeriego

Universitat Politècnica de Catalunya

1

Introducció

La reutilització de l'aigua és un component intrínsec del seu cicle natural. Mitjançant l'abocament d'efluents depurats als cursos d'aigua i la seva dilució amb el cabal circulant, les aigües residuals depurades s'han reutilitzat incidentalment en punts aigües avall dels cursos naturals d'aigua per a aprofitaments urbans, agrícoles i industrials. La reutilització directa o planificada de l'aigua a gran escala té un origen més recent (meitat del segle xx) i suposa l'aprofitament directe d'efluents, amb més o menys grau de regeneració, transportant-los fins al punt d'utilització a través d'un conducte específic, sense que hi hagi un abocament o una dilució en un curs natural d'aigua.

El notable desenvolupament assolit per la reutilització planificada de l'aigua, especialment en països amb recursos hídrics suficients, s'ha degut fonamentalment a dues causes: 1) la necessitat d'ampliar els abastaments d'aigua i 2) la necessitat de millorar les

formes de gestió dels abocaments d'aigües depurades. L'increment registrat per les dotacions d'aigua d'abastament, junt amb l'augment de població experimentat per nombroses zones urbanes, i la major sensibilitat ambiental respecte als cursos naturals d'aigua han fet que les fonts d'abastament tradicionals siguin insuficients per atendre les demandes actuals. Les distàncies creixents entre les noves fonts d'abastament i els nuclis urbans, les limitacions ambientals per construir nous embassaments i les sequeres plurianuals han fet que nombroses poblacions es plantegin la utilització d'aigües regenerades com a font addicional d'aigua per a aprofitaments que no requereixin una qualitat d'aigua potable. D'altra banda, les creixents exigències sanitàries i ambientals sobre la qualitat de les aigües continentals i marines, junt amb els requisits d'ubicació i els nivells de tractament cada vegada més estrictes imposats als abocaments d'aigües depurades, han fet que l'aigua regenerada es converteixi en una font alternativa d'abastament, econòmica i segura tant des del punt de vista sanitari com ambiental.

L'objectiu d'aquest article és analitzar el paper que la regeneració i la reutilització planificada d'efluents tenen en la gestió integrada dels recursos hídrics, especialment en relació amb la seva capacitat per promoure l'autosuficiència de recursos hídrics en zones semiàrides i amb dèficits crònics, com les conques internes de Catalunya i especialment l'Àrea Metropolitana de Barcelona. Els objectius específics de l'article són els següents: 1) descriure el marc conceptual de la reutilització planificada, 2) analitzar els beneficis i les exigències de la reutilització planificada, 3) presentar els diferents usos de l'aigua regenerada i els processos de tractament utilitzats per a la regeneració bàsica i avançada de l'aigua, 4) valorar el cost de la reutilització planificada en la gestió integrada dels recursos hídrics a Espanya, 5) analitzar els condicionants socioeconòmics de la reutilització planificada a Espanya, 6) descriure les iniciatives pioneres i innovadores sobre la reutilització potable indirecta i 7) formular diverses aplicacions pràctiques per potenciar el paper de la reutilització planificada en la gestió integrada de l'aigua.

2

La reutilització planificada

El procés de tractament necessari perquè una aigua depurada es pugui reutilitzar generalment s'anomena regeneració i el resultat del procés aigua regenerada. D'acord amb el seu significat etimològic, la regeneració de l'aigua consisteix a tornar-li, parcialment o totalment, el nivell de qualitat que tenia abans de ser utilitzada, d'igual manera que la regeneració de terres i la regeneració de platges tracten de restaurar l'estat i la forma que aquestes tenien en el passat (Asano i col., 2006; Mujeriego, 1990 i 2007).

La implantació d'un projecte de regeneració d'aigua té dos requisits essencials i complementaris: 1) definir els nivells de qualitat aplicables a cada un dels possibles usos que es pensi donar a l'aigua i 2) identificar els processos de tractament recomanats per assolir els nivells de qualitat aplicables a cada un dels usos previstos.

L'elaboració i l'aprovació d'aquests dos aspectes tècnics de la regeneració d'aigua constitueixen generalment la faceta més discutida de qualsevol programa de reutilització, a causa de la dificultat d'establir una relació causal entre la qualitat de l'aigua regenerada i els possibles efectes sobre la salut pública i el medi ambient. En són una prova la diversitat i l'heterogeneïtat dels criteris i les normes de qualitat establertes per diversos països i organitzacions internacionals sobre la reutilització de l'aigua (USEPA, 2004; OMS, 1989; OMS, 2006).

La reutilització d'aigua regenerada consisteix a posar-la a disposició de l'usuari perquè la pugui aprofitar de la manera que ho necessiti. L'aprofitament d'aigua regenerada requereix normalment tres elements: 1) transportar l'aigua regenerada des de la planta de regeneració fins al lloc d'utilització, 2) emmagatzemar-la o regular-la temporalment per adequar el cabal subministrat per la planta de regeneració als cabals consumits per l'usuari i 3) definir unes normes d'utilització de l'aigua (bones pràctiques d'ús) que permetin minimitzar els possibles riscos directes o indirectes per al medi ambient, les persones que la utilitzen, la població circumdant al lloc d'ús i els consumidors de qualsevol producte conreat amb l'aigua regenerada. Aquests tres elements tècnics constitueixen el nucli central d'un programa de reutilització planificada de l'aigua.

3

Beneficis de la reutilització planificada

El balanç hídric d'una zona geogràfica s'obté com a diferència entre l'aportament anual d'aigua, constituït per les precipitacions i les aportacions dels rius, aqüífers i transvasaments d'altres conques, i les pèrdues anuals d'aigua, o pèrdues irrecuperables, la destinació de les quals és l'atmosfera o el mar. Qualsevol actuació destinada a conservar aigua i que aconseguixi reduir aquestes pèrdues irrecuperables millorarà la disponibilitat d'aigua per aprofitar-la al llarg de l'any. Per aquest motiu, la regeneració i la reutilització de l'aigua únicament donaran un increment real

dels recursos hídrics aprofitables en una zona si aquestes aigües es perden actualment de forma irrecuperable, mitjançant l'abocament al mar des d'una població costanera o a través de l'evapotranspiració en zones de l'interior (Pettygrove i Asano, 1984; Mujeriego, 1990).

Encara que la reutilització de l'aigua en zones de l'interior no permet la creació neta de nous recursos hídrics, sí que ofereix la possibilitat d'una millor gestió de l'aigua, mitjançant la substitució d'aigua prepotable de consum públic per aigua regenerada per a aquells usos que no requereixin aigua de qualitat prepotable. La gestió integrada dels recursos hídrics permet utilitzar l'aigua regenerada de formes molt diverses: 1) per reduir els consums de recursos convencionals, 2) per substituir els consums de recursos convencionals i 3) per ampliar la disponibilitat dels recursos convencionals que es vénen utilitzant. La designació de l'aigua regenerada com a recurs no convencional, alternatiu o nou recurs (*Ne Water*) tracten d'emfatitzar una o algunes d'aquestes possibles formes de gestió de l'aigua regenerada.

La reutilització planificada de l'aigua pot tenir molts beneficis, entre els quals es poden destacar els següents:

1. Oferir una nova font de subministrament d'aigua, capaç d'aportar recursos hídrics addicionals, en forma de recursos nets o de recursos alternatius que permeten alliberar recursos d'aigua de millor qualitat i destinar-los a usos més exigents, com l'abastament públic.
2. Disminuir els costos de tractament i d'abocament de l'aigua depurada.
3. Reduir l'aportament de contaminants als cursos naturals d'aigua, en particular quan la reutilització s'efectua mitjançant reg agrícola, de jardineria o forestal.
4. Ajourar, reduir o fins i tot suprimir instal·lacions addicionals de tractament d'aigua d'abastament.
5. Un estalvi energètic perquè evita la necessitat d'aportaments addicionals d'aigua des de zones més allunyades a la de la planta de regeneració d'aigua.

6. Reduir les aportacions de diòxid de carboni a l'atmosfera, a causa dels menors consums energètics.
7. Aprofitar els elements nutritius continguts en l'aigua, especialment quan l'aigua regenerada s'utilitza per a reg agrícola i de jardineria.
8. Augmentar la garantia de subministrament. Els fluxos d'aigua depurada tenen més garantia que la majoria de les fonts naturals d'aigua, especialment en zones semiàrides com les mediterrànies espanyoles.

En definitiva, la reutilització planificada de l'aigua ofereix una garantia de subministrament molt superior a la de les fonts convencionals, assegura la disponibilitat de cabals especialment durant la temporada estival i permet un aprofitament dels nutrients (nitrogen i fòsfor) continguts en l'aigua regenerada i potencia una gestió més eficient dels recursos hídrics, que fa possible que les aigües de qualitat prepotable es puguin utilitzar per a l'abastament públic. La proximitat d'aquests cabals d'aigua regenerada als nuclis urbans ofereix una possibilitat d'abastament local i fiable amb el qual es pot augmentar el grau d'autosuficiència hídrica i, d'aquesta manera, reduir la seva dependència de transvasaments d'aigua des de conques externes, tant si aquests transvasaments són tradicionals com si són nous.

La reutilització planificada de l'aigua constitueix, junt amb la regulació en embassaments de derivació i en aqüífers subterranis i l'ús eficient de l'aigua, un dels elements bàsics de la gestió integrada dels recursos en zones semiàrides com les del sud de Califòrnia (Mujeriego, 2004).

4

Exigències de la reutilització planificada

Un dels factors determinants de la implantació i el desenvolupament de la reutilització planificada de l'aigua és establir unes normes de qualitat de l'aigua regenerada per a cada un dels possibles tipus d'apro-

fitaments que es prevegin. L'aprovació del RD 1620/2007, pel qual s'estableix el règim jurídic de la reutilització de l'aigua i les normes de qualitat relatives aplicables a l'aigua regenerada, constitueix un element essencial per al desenvolupament coordinat d'aquesta activitat a Espanya. Mentre que el règim jurídic aplicable a la gestió de l'aigua regenerada s'emmarca en un context d'organisme de conca com el que requereix la Directiva marc de l'aigua (les confederacions hidrogràfiques actuals), els límits de qualitat aplicables a l'aigua regenerada per als possibles aprofitaments s'inspiren bàsicament en les recomanacions de l'Organització Mundial de la Salut i de l'Agència de Protecció Mediambiental dels EUA, que ja havien adoptat i ja aplicaven diverses comunitats autònomes com Catalunya, País Basc, les Balears i Andalusia, durant la implantació de projectes de reutilització al llarg de les dues últimes dècades.

El transport de l'aigua regenerada des de la planta de tractament fins al punt de reutilització és sens dubte la principal exigència de qualsevol projecte de reutilització. Això requereix amb freqüència la construcció d'un emissari terrestre i d'una xarxa de distribució nova o una de doble, especialment quan es tracta de reutilitzar aigua en zones que no disposen d'una xarxa de reg específica. Per motius econòmics, la implantació d'aquesta xarxa de distribució de l'aigua regenerada se sol fer de manera progressiva, començant pels grups d'usuaris amb més consum total d'aigua i estenent-la després a noves zones urbanes o amb consums d'aigua inferiors.

Les normes d'utilització de l'aigua regenerada són un component essencial de qualsevol estratègia de protecció de la qualitat ambiental i de la salut pública. En general, si hi ha menys restriccions imposades a l'ús de l'aigua, referides al possible contacte amb persones, animals o productes comestibles, augmentarà el nivell de qualitat exigida a l'aigua regenerada. D'aquesta manera, mentre que la utilització d'aigua regenerada per a reg de jardineria per aspersió en zones d'ús públic sol exigir una filtració i una desinfecció de l'efluent secundari, el reg agrícola mitjançant emissors

enterrats es pot fer amb aigua depurada sotmesa únicament a un tractament mecànic, suficient per evitar l'obturació freqüent dels orificis (comptagotes) de sortida de l'aigua.

Les autoritats sanitàries dediquen una atenció especial a definir les normes d'utilització de l'aigua regenerada, com per exemple 1) la senyalització mitjançant cartells ben visibles que indiquin el tipus d'aigua utilitzada, 2) l'adopció normalitzada del color morat per a les conduccions i els dispositius de control, 3) la instal·lació de dispositius antiretorn, 4) les inspeccions de les connexions a la xarxa d'aigua regenerada, 5) l'exigència de determinats horaris de reg i de tipus d'aspersors, 6) la prohibició d'instal·lar aixetes exteriors i 7) la utilització de mides de conducció i de boques de connexió de mànegues diferents de les utilitzades per a les aigües d'abastament públic. L'aparició progressiva de comptadors en el punt de connexió de l'aigua regenerada constitueix una indicació clara de l'objectiu essencial d'aquests sistemes de distribució: l'optimització de l'aprofitament de l'aigua en lloc d'evacuar-la i abocar-la mitjançant el reg. La senyalització utilitzada actualment en estats com Califòrnia i Florida transmet una percepció molt positiva i quotidiana de la reutilització, mitjançant anuncis com ara "Aquest sistema de reg (o de fluxors als lavabos) utilitza aigua regenerada per tal d'estalviar-ne".

5

Fiabilitat del procés de regeneració

Una exigència característica dels projectes de regeneració d'aigua és la necessitat d'assegurar una fiabilitat notable del procés de tractament i una gestió adequada del sistema de reutilització de l'aigua. El fet que la reutilització de l'aigua moltes vegades es plantegi com l'única font alternativa, sense la protecció que pugui oferir la dilució amb aigua de més bona qualitat, però, sobretot, el fet que la reutilització d'una aigua sol comportar en molts casos la possibilitat d'un contacte directe amb persones, animals o plantes, la salut o el desenvolupament dels quals es poden veure

afectats, fan que la fiabilitat de les plantes de regeneració d'aigua hagi de ser elevada i constitueixi un element essencial tant de la seva concepció com de la seva explotació i manteniment.

La fiabilitat dels processos de tractament constitueix un element essencial de la concepció i l'explotació del sistema de reutilització, que té prioritat sobre el rendiment i l'eficàcia dels propis processos, que han de satisfer els límits de qualitat establerts per a l'efluent. En definitiva, la regeneració de l'aigua es concep actualment com un procés destinat a obtenir un producte de qualitat, de manera molt similar al que s'adapta a les instal·lacions de potabilització d'aigua d'abastament públic. La producció i la distribució d'aquest producte s'han de plantejar en un marc més ampli que el tradicional de lluita contra la contaminació, i amb una nova mentalitat en la concepció i l'explotació dels processos de regeneració, diferent de l'adoptada generalment en la depuració de l'aigua residual, el resultat final de la qual se sol considerar un residu líquid o sòlid. Aquesta nova forma de plantejar la regeneració de l'aigua ha fet que la reutilització planificada de l'aigua hagi passat a ser un element essencial de la gestió integrada dels recursos hídrics.

La creixent sensibilitat ambiental i sobretot la sensibilitat sanitària de les poblacions en possible contacte amb l'aigua regenerada propicia que la qualitat sanitària de l'aigua regenerada s'acosti cada vegada més, especialment en zones desenvolupades, a la "qualitat analítica" d'una aigua potable, encara que això no impliqui el consum humà de l'aigua regenerada. Aquesta tendència fa que la producció d'aigua regenerada es plantegi com una activitat assimilable a la producció d'aliments (aigua potable en aquest cas), tant per la qualitat de les instal·lacions de producció com per la formació, les responsabilitats dels operaris i els controls de qualitat aplicables al procés de regeneració. Aquesta adaptació és especialment evident en els projectes pioners de reutilització potable indirecta, en els quals l'aigua regenerada es torna al medi natural (mantenint els seus nivells de qualitat) perquè posteriorment es pugui utilitzar com a matèria primera en la producció d'aigua potable.

6

Tipus de reutilització

L'aigua regenerada té molts usos, entre els quals es pot destacar els següents: 1) els usos urbans (jardineria, incendis, rentat de carrers i automòbils); 2) els usos industrials (refrigeració, rentat de vagons de ferrocarril); 3) el reg agrícola, de jardineria i forestal; 4) els usos ornamentals i recreatius; 5) la millora i la preservació del medi natural i 6) la recàrrega d'aquífers. La reutilització agrícola i de jardineria constitueix l'aprofitament més estès de l'aigua regenerada, tant per a cultiu hortícola (consum directe) com per a cultius amb un processament posterior, cereals, cítrics i vinyes, i mitjançant reg per aspersió, microaspersió i degoteig com per reg per inundació.

Pel que fa al possible contacte o ingestió de l'aigua regenerada per part de les persones, la reutilització es classifica en reutilització per a ús potable i reutilització per a ús no potable. La primera categoria inclou les utilitzacions en què les persones en algun moment poden ingerir l'aigua regenerada i la segona inclou totes les altres. És important assenyalar que, fins al moment, els projectes de regeneració per a usos no potables són els que s'han desenvolupat més a nombroses parts del món, on han assolit unes excel·lents cotes de fiabilitat i d'acceptació per part dels usuaris i del públic en general. Això és especialment aplicable en zones semiàrides desenvolupades, on els recursos hídrics són cada vegada més limitats i irregulars i on la protecció ambiental és una prioritat cada vegada més destacada.

Com a exemples il·lustratius de la capacitat de regeneració i dels cabals regenerats (absoluts i relatius) actualment en diverses zones del món, podem esmentar que la reutilització planificada d'aigua en el Consorci de la Costa Brava durant l'any 2007 va ser de 5,5 hm³/any, que va representar un 18% dels 30 hm³ d'aigua depurada a les seves instal·lacions. La reutilització planificada d'aigua a Califòrnia el juny de 2003 va assolir un cabal de 670 hm³/any (495 hm³/any el 2000 i 330 hm³/any el 1987). Florida disposa d'una

capacitat de regeneració d'aigua de 1.900 hm³/any i el 2006 va assolir un nivell de reutilització de 915 hm³/any (810 hm³/any el 2001). Com es pot observar, els cabals d'aigua regenerada reutilitzats anualment en aquestes zones són importants. Encara que els percentatges de reutilització en tot l'estat de Califòrnia se situen a l'entorn del 10%, els percentatges en àmbits regionals més restringits arriben a superar el 30%, especialment a les zones semiàrides del sud de Califòrnia. En aquest context, el percentatge del 18% assolit pel Consorci de la Costa Brava destaca per la seva posició en la part alta d'aquest interval.

7

Processos de regeneració

El procés necessari per obtenir una aigua regenerada que satisfaci uns criteris de qualitat similars als proposats per l'USEPA (2004) o el Reial decret 1620/2007 per al reg de jardineria de zones públiques, sense cap tipus de restricció quant a exposició i contacte del públic amb l'aigua regenerada, consta fonamentalment de quatre elements:

1. La implantació d'un control d'abocaments a la xarxa de sanejament que assegurï l'absència de contaminants que puguin hipotecar o impedir la reutilització de l'aigua regenerada.
2. Un tractament biològic secundari capaç de produir un efluent concorde als límits de qualitat establerts a la Directiva 91/271, amb un contingut de matèria en suspensió inferior a 35 mg MES/l i a 25 mg/l de DBO₅.
3. Un tractament terciari destinat a eliminar la matèria en suspensió de l'afluent secundari i desinfectar completament l'efluent. Aquest procés constitueix pròpiament la fase de regeneració de l'aigua, procés que pot adoptar alternatives que inclouen des de processos naturals fins a processos convencionals i tecnificats, i que es poden implantar en instal·lacions centralitzades o en altres de descentralitzades i pròximes al punt d'ús.

4. Un dipòsit regulador dels cabals d'aigua regenerada, a fi d'equilibrar la producció de la planta de regeneració respecte a la demanda d'ús i assegurar així una certa reserva d'aigua regenerada.

Aquest procés de regeneració, que podem designar com a “regeneració bàsica” per a reutilització no potable, es pot complementar amb altres processos de tractament de l'aigua, més sofisticats i específics, tant de tipus mecànic-convencional com de tipus natural, quan es tracta de fer la reutilització potable indirecta. A aquest conjunt coordinat de processos addicionals se sol anomenar “regeneració avançada”. L'objectiu principal de la regeneració avançada sol ser disminuir el contingut de matèria orgànica dissolta (de la qual formen part nombrosos contaminants emergents d'interès com els antibiòtics, els disruptors endocrins, els productes d'higiene personal i els compostos orgànics indesitjables) i de microorganismes patògens com els virus. La utilització de membranes d'osmosi inversa, com a forma de reduir el contingut d'aquests contaminants fins a nivells gairebé imperceptibles, comporta necessàriament la disminució de sals dissoltes i la millora de la qualitat inorgànica de l'aigua. No obstant això, convé ressaltar que la desmineralització de l'aigua és el mitjà elegit actualment per regenerar-la, encara que el contingut salí sovint no sigui la principal preocupació del tractament aplicat. Es pot pensar en un futur en què es disposarà de mitjans eficaços per reduir el contingut d'aquests contaminants emergents sense haver de desmineralitzar necessàriament l'aigua.

En general, les plantes de regeneració d'aigua que utilitzen efluents municipals i el producte de les quals està destinat a usos municipals (reg agrícola i de jardineria) i fins i tot industrial (refrigeració) les solen explotar els propis municipis, directament o a través d'una empresa de serveis. Aquestes plantes de regeneració són molt semblants a les plantes potabilitzadores d'aigua, ja que tot el personal està mentalitzat sobre la necessitat de produir una aigua de qualitat satisfactòria i d'aplicar mesures correctores urgents davant de qualsevol alteració del procés per evitar que

una aigua amb una qualitat insuficient pugui sortir de la planta de regeneració.

Generalment, els municipis són els encarregats de distribuir i gestionar l'aigua regenerada, directament o mitjançant la delegació a una companyia privada, que esdevé un nou servei públic de qualitat. La coordinació i comunicació amb els usuaris, tant individuals com col·lectius (comunitats de regants, urbanitzacions, camps de golf), és molt directa i cordial per tal de detectar qualsevol possible incident i dissipar qualsevol dubte que pugui sorgir. D'altra banda, la gestió diferenciada entre l'entitat responsable de la depuració de les aigües residuals i l'entitat responsable de la regeneració de l'aigua ha proporcionat una solució ben acceptada i molt favorable en el projecte de reutilització d'aigua de Vitòria-Gasteiz (Del Río i col., 1996; comunicació personal, 2006).

8

Cost de la reutilització planificada a Espanya

L'entrada en funcionament de diversos projectes de reutilització per a reg de jardineria i agrícola a la Costa Brava, promogudes pel Consorci de la Costa Brava des de 1985, i de la planta de regeneració d'aigua de Vitòria-Gasteiz el 1995, promoguda per la Comunitat de Regants Arrato i finançada per la Diputació Foral d'Àlaba, van marcar la primera dècada del procés d'implantació de la reutilització planificada a Espanya. L'èxit principal d'aquella etapa va ser documentar la capacitat personal i tecnològica de les nostres instal·lacions per obtenir una aigua regenerada de qualitat comparable a altres països pioners, i d'utilitzar-la de forma eficient per al reg de jardineria i de cultius de consum directe i industrials.

L'acabament l'any 2004 del primer embassament regulador d'aigües regenerades, com a part del mateix projecte de gestió integral de l'aigua de Vitòria-Gasteiz, i l'expansió de diversos projectes de reutilització a la Costa Brava i altres zones espanyoles van marcar una segona dècada d'aquest procés de desenvolupament de la reutilització planificada. La fita més destacada

d'aquesta segona fase va ser documentar el cost real de la regeneració i la reutilització de l'aigua a un nivell de qualitat i de gestió integrada comparable al dels països líders en aquest camp. Les dades més recents facilitades pels responsables de l'explotació de la planta de regeneració d'aigua de Vitòria-Gasteiz (Julio López, comunicació personal, 2006) confirmen els valors de referència inicials per al cost de l'aigua regenerada a Espanya en 0,06 euros/m³. Aquest valor és similar al que s'aplica actualment en diverses comunitats autònomes, com indica la seva inclusió en els pressuposts de l'Entitat Pública de Sanejament d'Aigües Residuals de la Generalitat Valenciana (EPSAR, 2005). D'altra banda, l'embassament regulador de Vitòria-Gasteiz, amb capacitat per a 7 hm³, va representar una inversió de la Diputació Foral d'Àlaba d'11,8 milions d'euros, equivalents a 1,7 euros/m³ (Mujeriego i López, 2008).

El pla de reutilització integral de Vitòria-Gasteiz ofereix un marc de referència ideal per avaluar les implicacions econòmiques que comporta la reutilització planificada de l'aigua:

1. Una inversió de 3,25 milions d'euros per construir la planta de regeneració bàsica d'aigua, amb una capacitat de 35.000 m³/dia (400 l/s).
2. Uns costos anuals d'explotació i manteniment de la planta de regeneració de 0,4 milions d'euros, per produir 12,5 hm³ anuals d'aigua regenerada amb qualitat adequada per a reg sense restriccions.
3. Una inversió de 28 milions d'euros per sufragar la construcció d'una xarxa de reg de nova planta per poder distribuir l'aigua en 10.000 ha, incloent els bombatges i un embassament regulador de 7 hm³ (inversió específica d'11,8 milions d'euros) per emmagatzemar aigua regenerada durant l'hivern amb la qual poder regar durant l'estiu.

Com il·lustren aquestes xifres, les exigències econòmiques més importants estan associades a la reutilització de l'aigua (distribució a l'usuari), mentre que el cost de la planta de regeneració i sobretot els costos d'explotació i manteniment (la regeneració de l'aigua)

són comparativament inferiors. Aquesta reflexió permet anticipar que les millores en la qualitat de l'aigua regenerada, fins a assolir uns nivells que permetin el reg sense restricció, són d'una significació relativa escassa quan es planteja un projecte de reutilització planificada amb una certa visió de futur, d'acord amb els nivells de protecció ambiental i de salut pública propis d'una societat del segle XXI a Espanya.

Convé ressaltar que la pràctica totalitat dels projectes de reutilització planificada de l'aigua que s'han anat implantant al territori peninsular han estat promoguts pels propis usuaris, motivats per la necessitat conjuntural d'aigua. Tots aquests projectes es van fer sense tenir un marc regulador que definís la titularitat del recurs, el règim econòmic i financer (ajuts i cànon), les responsabilitats contractuals, la fiabilitat del procés i la qualitat de l'aigua exigible per a cada aprofitament, per l'absència de criteris oficials de qualitat i de requisits d'ús. No obstant això, la precaució i la responsabilitat dels promotors i el suport tècnic de les entitats responsables de la tutela del recurs han permès implantar uns sistemes de regeneració i reutilització d'una gran qualitat i fiabilitat, que han servit per desenvolupar un saber fer autòcton i propiciar estudis específics sobre l'eficàcia i la fiabilitat dels processos, especialment relatius a la desinfecció de l'aigua regenerada, utilitzant diversos desinfectants i indicadors de qualitat sanitària tant de tipus bacterià com de tipus víric (Consorti de la Costa Brava, www.ccbgi-org).

Al marge de l'èxit assolit, el factor limitant de l'expansió d'aquests projectes ha estat precisament l'absència d'un marc de gestió integrada, que permeti considerar conjuntament els costos del procés i els beneficis directes i indirectes (externalitats) que comporta. No hi ha dubte que molts d'aquests projectes han assolit una acceptació molt positiva entre els usuaris i una percepció pública molt favorable, especialment per al reg de jardineria, de camps de golf i de protecció ambiental. És evident que l'objectiu per a la tercera dècada que es va iniciar el 2005 ha de ser aconseguir que la reutilització planificada es converteixi realment en un element més de la gestió integrada

dels recursos hídrics, mitjançant acords entre usuaris urbans, agrícoles i de lleure.

El quadre 1 resumeix els costos d'inversió i de consum energètic que comporten actualment la regeneració d'aigua, la regulació en embassaments de derivació i la dessalació d'aigua salobre i marina. Els valors indicats per a la regeneració d'aigua corresponen a uns nivells de qualitat adequats per utilitzar-la en reg agrícola i de jardineria, amb una qualitat suficient per assegurar uns nivells de protecció ambiental i de salut pública comparables als associats a l'ús d'aigua potable i, per tant, que es poden utilitzar sense restricció pel possible contacte de l'aigua amb el públic i els cultius. Els valors indicats per a la desmineralització d'aigües salobres es corresponen amb els costos associats a la regeneració avançada de l'aigua per reutilitzar-la indirectament com a potable.

El quadre 1 mostra l'increment dels costos d'inversió a mesura que es passa de la regeneració a la regulació i a la desmineralització. Si s'hi afegeix el període d'amortització, resulta clar que els costos unitaris de la regulació són els més petits de tots, seguits pels de la regeneració i els de la dessalació. Òbviament, la valoració completa de la reutilització requereix tenir en compte els costos d'inversió de la xarxa de distribució que pugui ser necessària. Per aquest motiu, els projectes de reutilització se solen plantejar de forma progressiva, en forma de "taca d'oli", atenent inicialment els grups d'usuaris amb més capacitat d'ús o els més pròxims a la planta de regeneració.

El consum energètic d'aquestes tres alternatives marca igualment una clara distinció entre elles. Mentre que la regeneració bàsica té uns consums unitaris inferiors a 1 kWh/m³, la desmineralització d'aigua salobre i d'aigua marina assoleix normalment valors pròxims a 1 i a 4 kWh/m³, respectivament. Al marge del cost econòmic que això representa, convé tenir en compte també l'impacte ambiental que aquests nivells de consum elèctric comporta. Considerant que l'aportació mitjana de diòxid de carboni se situa a l'entorn de 460 g/kWh produït a Espanya i que el dret d'emissió de diòxid de carboni se situa aproximadament en uns 20 euros per tona, cada kWh consumit a Espanya

Quadre 1

Costos d'inversió i d'energia de diverses alternatives de gestió			
Alternativa	Inversió, euros/m ³ anual	Amortització, anys	Energia, kWh/m ³
Regeneració (reg sense restricció)	0,26 (Vitòria, 1995)	15-25	0,001-0,73 (Sala i Serra, 2004)
Regulació (de derivació)	1,7 (Vitòria, 2004)	> 100	
(en aqüífer)	2,0 \$ (Califòrnia, 2000)	> 100	–
	0,86 \$ (Califòrnia, 2005)	25	
Transvasament Roine (ATLL, 1999)	2,8 (900 M€; 325 hm ³)	50	1,7-2,0
(Estimació actual)	3,9 (1.270 M€; 325 hm ³)		
Dessalar aigua salobre	0,9 (Màlaga, 2005-2006)	5 (membranes)	0,8
Regeneració potable	2,4 € (Bèlgica)	15-20 (obres i equips)	–
Regeneració potable	3,4 \$ (2,6 €) (OCWD, 2008)		–
Dessalar aigua de mar (Blanes, Barcelona, Mallorca, Taibilla)	3,0-4,0	5 (membranes)	3,5-4,0

ConSORCI Costa Brava, Vitòria, ATLL, Palma de Mallorca, C. Taibilla, Màlaga, Bèlgica, Califòrnia.

afegeix un cost ambiental addicional de fins a 0,01 euros/m³ a l'aigua regenerada (bàsica i avançada) i de 0,04 euros/m³ a l'aigua marina dessalada.

9

Gestió socioeconòmica de la reutilització

Els episodis de sequera plantegen amb freqüència fortes tensions entre els diversos usuaris dels recursos hídrics, alhora que potencien l'interès de tots ells per fonts d'aigua no convencionals que puguin aportar solucions molt més fiables a la falta de recursos convencionals. La prioritat que la reglamentació espanyola assigna al consum humà sobre altres usos va fer que la gestió de les mesures per mitigar els efectes de les sequeres registrades durant els anys 2005 i 2008 a Espanya, i particularment en determinades comunitats autònomes com Catalunya, València, Múrcia, Andalusia i Madrid, suscités intensos debats entre els usuaris urbans i agrícoles de l'aigua, i propiciés un renovat interès per la reutilització planificada de l'aigua com a sistema per resoldre els dèficits conjunturals o permanents d'aquest recurs.

Establir el preu i el cost de l'aigua regenerada és un procés determinant de l'operativitat i de l'èxit de qualsevol programa de reutilització planificada. Aquest procés és complex, fonamentalment pel fet que sol ser més costós subministrar aigua regenerada que mantenir un subministrament d'aigua potable, malgrat que l'aigua regenerada bàsica té una qualitat inferior a la de l'aigua potable (Cuthbert i Hajnosz, 1999). Mentre que els costos d'abastament d'aigua potable se solen basar en inversions passades, i en gran part amortitzades, els projectes de subministrament d'aigua regenerada han d'enfrontar-se a unes inversions i a un règim d'explotació i manteniment que, d'acord amb els mètodes tradicionals d'assignació de costos, fan que el cost de l'aigua regenerada sigui igual o fins i tot superior al de l'aigua de subministrament públic.

En aquests casos el dilema és evident: si l'aigua regenerada es factura al preu real de cost, els usuaris no tindran generalment prou incentiu per utilitzar-la; d'altra banda, si l'aigua regenerada es factura a un preu inferior al cost de producció serà necessari obtenir una compensació amb altres fonts d'ingressos. La qüestió que sorgeix en aquest cas és determinar qui s'ha de

fer càrrec d'aquestes despeses i quina ha de ser la quantitat. Malgrat això, els beneficis aportats a llarg termini per la utilització de l'aigua regenerada han fet que nombrosos serveis públics que proveeixen aigua potable i aigua de reg promoguin la utilització d'aigua regenerada.

La gestió econòmica de la reutilització planificada és especialment complexa i difícil en poblacions com les dels Estats Units d'Amèrica, on és comú que la gestió del cicle de l'aigua la realitzin separatament dues institucions amb objectius independents: 1) entitats dedicades a proveir aigua (Water District), l'objectiu de les quals és promoure nous recursos, i 2) entitats dedicades al sanejament de l'aigua (Sanitation District), l'objectiu de les quals és gestionar la depuració i l'abocament dels efluents.

La reutilització planificada de l'aigua adquireix una nova dimensió quan es mira des d'un punt de vista més ampli que el tradicional (entitats diferents que gestionen una part del cicle de l'aigua), de manera que sigui possible evidenciar-ne el potencial per, d'una banda, evitar l'augment de costos de noves fonts d'abastament d'aigua potable, sempre que aquestes siguin realment possibles, i, d'altra banda, evitar l'augment de costos que poden representar les millores en la depuració i l'abocament que requereixen noves limitacions sanitàries i ambientals. Un exemple emblemàtic d'aquesta situació és el projecte Groundwater Replenishment System, promogut a parts iguals per l'Orange County Water District i l'Orange County Sanitation District, per tal de regenerar i reutilitzar 90 hm³ d'aigua anualment que, amb un pressupost total de 427 milions de dòlars, es va iniciar l'any 2003 i va entrar en servei a començament de 2008 (www.gwrssystem.com).

Mitjançant aquest projecte compartit, l'OCWD ha desenvolupat uns recursos d'aigua realment addicionals i difícils d'obtenir de fonts convencionals (transvasaments del riu Sacramento o del riu Colorado) i l'OCSD ha evitat el cost d'ampliació de l'emissari submarí necessari per disposar els seus efluents depurats a l'oceà Pacífic. Ambdues institucions públiques en surten beneficiades, ja que assoleixen els objectius a canvi d'un cost inferior al que haurien

hagut de fer front per aconseguir els seus objectius separatament.

La gestió del cicle de l'aigua en el context d'una conca hidrogràfica, tal com s'ha vingut aplicant tradicionalment a Espanya i com la Directiva marc de l'aigua propugna a Europa, ofereix un marc excel·lent i molt més favorable per dur a terme una gestió integrada o sistèmica dels recursos hídrics, en la qual els requisits econòmics i financers de la reutilització planificada són un element més que cal tenir en compte dins del balanç general de costos i beneficis de la conca. La creació dels organismes de conca, com a responsables de la gestió integrada dels recursos, permet que els projectes de reutilització planificada es puguin beneficiar dels estalvis i fins i tot dels beneficis derivats de no haver de recórrer a fonts d'abastament d'aigua potable noves i costoses. El desenvolupament reglamentari del domini públic hidràulic i la implantació d'instruments de gestió per a l'intercanvi de drets d'ús de l'aigua ofereixen grans possibilitats per a una millor gestió dels recursos i possibiliten la incorporació de l'aigua regenerada com un nou element dinamitzador del sistema.

Entre els beneficis més destacables de la reutilització planificada es pot destacar l'augment de la disponibilitat d'aigua prepotable que comporta, quan se substitueix per aigua regenerada, i la major garantia dels subministraments d'aigua regenerada, que permet mitigar o suprimir les restriccions que s'haurien d'aplicar durant períodes secs, que eviten les enormes pèrdues que els períodes de sequera meteorològica comporten usualment. Si hi afegim les possibilitats de coordinació entre recursos superficials i recursos subterranis, especialment per les possibilitats de regulació que aquests últims ofereixen, així com els estalvis i l'ús eficient de l'aigua en usos agrícoles, es pot concloure que la gestió integrada permet millorar substancialment la disponibilitat de recursos per als diferents usuaris i tenir més garanties d'aquests recursos.

En realitat, els intercanvis de recursos entre usuaris tenen lloc en zones mediterrànies espanyoles des de temps immemorial, encara que les sequeres recents

i l'augment dels consums urbans i agrícoles de les últimes dècades els hagin fet més freqüents. Aquestes cessions de recursos entre usuaris agrícoles, i entre usuaris agrícoles i urbans, vénen propiciades per la seva capacitat de mantenir inalterats els drets de concessió i d'aportar beneficis a tots els partícips. Per tant, es pot pensar que si els instruments de gestió per a l'intercanvi de drets d'ús de l'aigua permeten establir formes contractuals que responguin de forma adequada a aquestes dues inquietuds dels usuaris, els intercanvis seran una realitat cada vegada més freqüent i més ben planificada.

10

Reutilització potable indirecta

El debat tècnic sobre l'abast i el futur de la reutilització planificada, i consegüentment dels mitjans tècnics per a la regeneració d'aigua en països amb destacades realitzacions en aquest camp, se centra en aquests moments entre la conveniència d'impulsar la reutilització indirecta per a usos potables o la precaució de restringir l'abast de la reutilització als usos no potables que s'han vingut desenvolupant des de fa diverses dècades. Aquest debat tècnic, i necessàriament polític en molts casos pràctics, fa oblidar amb freqüència una realitat incontestable: el gran èxit assolit per la reutilització per a usos no potables a nombrosos països del món i especialment en estats amb un gran nombre i diversitat de projectes com Califòrnia i Florida i en zones com la Costa Brava (Girona), la ciutat de Vitòria (Àlaba) o les Illes Canàries, en les quals la reutilització planificada ha progressat de forma molt destacada des de la dècada dels vuitanta.

La creixent necessitat d'aigua per a abastament urbà, junt amb la disponibilitat física i administrativa de creixents cabals d'efluents depurats en zones urbanes molt pròximes als punts d'ús, i la disponibilitat de processos de tractament d'aigua amb capacitat contrastada per eliminar pràcticament la totalitat de contaminants coneguts i perceptibles en les aigües de subministrament han propiciat que els efluents depu-

rats es considerin com a matèria primera per produir aigua regenerada de qualitat pràcticament equivalent a la millor aigua superficial o subterrània disponible, i amb un cost comparable al de les fonts d'aigua convencionals. L'aplicació d'aquests processos de regeneració avançada, mitjançant la filtració amb membranes de desmineralització d'aigua i la desinfecció amb biocides d'efecte complementari com la llum ultraviolada, el clor, l'aigua oxigenada i l'ozó, permeten obtenir una aigua final d'una gran qualitat química i sanitària, superior en molts casos a les millors aigües superficials disponibles en aquestes zones.

Les dues estratègies fonamentals adoptades per impulsar la reutilització potable indirecta són 1) la informació i la participació del públic, mitjançant processos ben organitzats, sistemàtics i prolongats, i 2) la utilització del medi ambient natural com un ingredient imprescindible del procés de reutilització de l'aigua regenerada. La implantació progressiva de les instal·lacions, mitjançant projectes de demostració en els quals el públic pugui consultar i comprovar els èxits, sistemàtics i contrastats, de les solucions proposades, ha estat un element argumental definitiu en molts casos. La consideració del medi natural (un llac, un embassament, un aquífer) com a forma d'incorporar l'aigua regenerada al cicle natural dels recursos és un element determinant de l'acceptació reglamentària i pública dels projectes de reutilització potable indirecta. L'aigua regenerada es retorna al medi natural (conferint-li així "un toc de naturalitat"), perquè estigui durant un temps de forma controlada i mantingui els seus nivells de qualitat inicials, abans de ser captada i enviada a una planta de potabilització d'aigua, on se la sotmet a un procés idèntic al que s'aplica comunament a les aigües superficials de fonts convencionals.

Aquest concepte innovador s'aplica des de fa uns anys en llocs del món pioners, entre els quals es poden destacar els següents: 1) el projecte Groundwater Replenishment System (www.gwrsystem.com) de l'Orange County Water District del sud de Califòrnia, iniciat el gener de 2008, després de més de 30 anys d'estudis i demostracions prèvies; 2) el projecte de recàrrega de

dunes costaneres de Wulpen, a Bèlgica (www.iwva.be/docs/torrelee_en.pdf); 3) el projecte NeWater de Singapur (www.pub.gov.sg/newater/Pages/default.aspx) i 4) el projecte Western Corridor de Southeast Queensland, a Austràlia (www.westerncorridor.com.au). Tots aquests projectes tenen un objectiu comú: generar una nova font d'aigua d'abastament públic més fiable davant la irregularitat meteorològica. Per això, utilitzen processos de regeneració avançada gairebé idèntics: membranes de microfiltració o ultrafiltració, seguides de membranes d'osmosi inversa i una desinfecció final. Tots aquests projectes fan ús d'una de les dues opcions de "naturalitat" possibles: un aquífer costaner en el cas de l'Orange County i de Wulpen, i un embassament de regulació en el cas de Southeast Queensland i de Singapur.

L'Àrea Metropolitana de Barcelona disposa d'un projecte de demostració per regenerar aigua destinada a la recàrrega d'una barrera contra la intrusió salina al delta del riu Llobregat (Mujeriego i col., 2008). Aquest projecte és un complement d'un sistema molt més ampli (amb una capacitat de 100 hm³/any) de regeneració bàsica d'aigua per proveir zones humides, reg agrícola i cabals ambientals del riu Llobregat. El projecte de demostració de reutilització potable indirecta té una capacitat de 5.000 m³/dia i s'està ampliant per produir fins a 15.000 m³/dia, per alimentar els nous pous amb què estarà dotada la barrera contra la intrusió salina. Els processos adoptats per a la regeneració avançada de l'aigua són els mateixos que els dels projectes internacionals abans esmentats: ultrafiltració, osmosi inversa i desinfecció amb llum ultraviolada.

Aquestes infraestructures de regeneració avançada ofereixen un punt de referència inigualable per implantar un ambiciós programa de seguiment i investigació de la seva capacitat tècnica per respondre les inquietuds sanitàries, ambientals i socials que puguin plantejar les autoritats sanitàries i el públic en general. Els resultats d'un programa com aquest permetrien, junt amb campanyes d'informació, divulgació i participació del públic i de tots els agents socials, consolidar un referent molt sòlid sobre el qual plan-

tejar-se el desenvolupament de la reutilització potable indirecta a la zona metropolitana de Barcelona, i generar una competència científica i tècnica internacional en un camp tant rellevant com la gestió dels recursos hídrics.

Convé ressaltar que els reptes de la reutilització potable indirecta són sens dubte molt diferents i addicionals als que ha ofert la reutilització directa no potable fins al moment, i fan referència a l'acceptació social i legal de les alternatives, mitjançant formes noves de comunicació, d'informació i de participació, que permetin adoptar nous sistemes de gestió dels recursos hídrics, més diversos i més àgils que els que s'utilitzaven en el passat. El gran repte d'aquests projectes ha estat i continua sent l'acceptació per part del públic; un adequat procés d'informació i de demostració a Orange County ha permès obtenir l'aprovació i l'impuls de la població, davant d'una iniciativa que objectivament supera les millores de qualitat de l'aigua que s'aconsegueixen exclusivament amb els processos de depuració i dilució en els mitjans hídrics naturals.

La trajectòria seguida per aquests projectes emblemàtics ha de servir per identificar els elements essencials del seu desenvolupament i aprovació: mentre que el projecte de Wulpen a Bèlgica ha tingut una projecció limitada en els mitjans de comunicació, possiblement perquè té una dimensió limitada (7.000 m³/dia d'aigua regenerada, que representa un 45% de l'aigua infiltrada) i per la participació activa de grups ambientalistes per promoure la incorporació en el projecte de zones naturals amb accés del públic, el projecte de Singapur té una intensa projecció mediàtica i tècnica internacional, que ha aconseguit popularitzar a escala mundial la proposta de reutilització potable indirecta, quan en realitat només un 1% de l'aigua regenerada s'incorpora en els embassaments, i la resta es dedica a usos industrials i urbans. D'altra banda, el projecte Western Corridor d'Austràlia registra un notable rebuig per una part de la població, que expressa el seu temor davant de l'exposició a contaminants perillosos i el rebuig a una decisió que prèviament havia estat denegada per referèndum. El Groundwater

Replenishment System de l'Orange County és realment l'únic projecte d'unes dimensions considerables (90 hm³/any), que ha sabut obtenir l'acceptació incontestable de la població (en un territori on totes les altres propostes similars han fracassat fins al moment) mitjançant un programa sistemàtic de demostració, d'informació i de participació del públic.

En aquest context de lideratge internacional en noves formes de gestió dels recursos hídrics i davant de l'escassa fiabilitat dels recursos utilitzats per a l'abastament de l'Àrea Metropolitana de Barcelona (490 hm³/any), com va quedar patent durant els últims mesos de l'episodi de sequera (maig de 2008), sembla raonable plantejar-se l'opció d'iniciar una nova fase, si més no exploratòria, sobre el potencial que la reutilització potable indirecta té per aportar recursos nous i fiables a l'Àrea Metropolitana de Barcelona. El caràcter exploratori vindria justificat pel temps necessari per desenvolupar aquests conceptes i sobretot per presentar-los i demostrar-los davant de la població i les autoritats sanitàries, de manera que es puguin implantar, si s'accepten, abans dels nous episodis de sequera que les previsions climatològiques anticipen per a les pròximes dècades (Mujeriego, 2008).

Els efluents secundaris de les estacions depuradores del Prat de Llobregat (100 hm³/any) i del Besòs (160 hm³/any) ofereixen matèria primera per poder obtenir uns 210 hm³/anuals d'aigua d'una gran qualitat (mitjançant la filtració amb membranes d'osmosi inversa i la desinfecció amb llum ultraviolada i hipoclorit), que es podria incorporar a les masses d'aigua superficials i subterrànies de l'Àrea Metropolitana, i així passaria a formar part de les futures fonts de subministrament i alliberaria cabals de les fonts des d'on ara s'importa aigua. Un projecte com aquest contribuiria considerablement a millorar la garantia de subministrament a l'àrea que serveix l'empresa pública Aigües Ter-Llobregat, i col·locaria Barcelona i Catalunya a l'avantguarda de les noves formes de gestió dels recursos hídrics, més adequades a les sequeres climatològiques que s'anticipen i molt més respectuosa amb el medi ambient i els usuaris de la conca fluvial del riu Ter des d'on es capta aigua en

aquests moments. El Groundwater Replenishment System de l'Orange County és sens dubte la referència més emblemàtica, tant tècnicament com sociològicament, que es podria utilitzar per impulsar a Catalunya una iniciativa avantguardista per a la gestió de l'aigua.

11

Aplicacions pràctiques de l'aigua regenerada

Els projectes de reutilització implantats en la geografia espanyola han permès fer una valoració econòmica cada vegada més precisa de la regeneració i de la reutilització de l'aigua. Aquesta valoració s'ha plantejat fonamentalment des de dos punts de vista: 1) el cost de produir l'aigua regenerada i 2) el cost de posar-la a disposició de l'usuari, com elements bàsics per a l'assignació de costos als futurs beneficiaris del recurs. No obstant això, aquest enfocament purament econòmic es correspon molt amb la perspectiva de societats on el recurs és generalment de propietat privada o el gestionen dues entitats diferents: una d'abastament i una altra de sanejament. Tanmateix, en un context europeu, on l'aigua és un recurs públic tutelat i gestionat per l'administració i on la gestió es planteja en el marc d'una conca hidrogràfica, la correcta assignació del cost de l'aigua s'ha de plantejar en un marc de gestió integrada, de manera similar a com es fa quan es plantegen noves aportacions mitjançant extraccions des d'aqüífers, transvasaments de conques o dessalació d'aigua de mar. L'experiència obtinguda en diversos projectes de regeneració i de reutilització d'aigua a Espanya mostra clarament els beneficis ambientals i econòmics a vegades poc evidents i que convé tenir en compte perquè són molt rellevants.

L'article 7 del Reial decret 1620/2007 estableix un procediment per a la reutilització d'aigües a través d'iniciatives o plans de les administracions públiques, i ofereix la possibilitat que les administracions públiques estatal, autonòmica o local, en l'àmbit de les respectives competències, puguin dur a terme plans

i programes de reutilització d'aigües, amb la finalitat de fomentar-ne la reutilització i un ús més eficient dels recursos hídrics. El Programa de reutilització d'aigua a Catalunya, que actualment redacta l'Agència Catalana de l'Aigua, inclou una previsió similar ja que té en compte la possibilitat de promoció "pública" d'aquest recurs nou o addicional, mitjançant aportacions econòmiques públiques, com les que se solen establir quan es planteja un transvasament o una planta desalinitzadora d'aigua.

Entre les aplicacions pràctiques en què la reutilització de l'aigua pot contribuir a millorar la gestió integrada dels recursos, oferint una major garantia de subministrament als usuaris, un cost global més reduït i una major protecció ambiental, es poden esmentar les següents:

1. *La substitució d'aigües prepotables utilitzades per a reg per aigües regenerades.* Tenint en compte que el cost marginal de les aigües prepotables en un context de dèficit sol ser considerablement superior al de l'aigua regenerada, i també al de l'aigua prepotable disponible convencionalment, es pot plantejar un intercanvi, prenent com referència el cost de l'aigua prepotable que s'allibera, de manera que el concessionari inicial pugui implantar el reg amb aigua regenerada (producció i distribució) sense costos addicionals. En general, el cost marginal considerablement superior de les aigües prepotables alliberades permetria sufragar els costos de producció i de connexió a la xarxa de reg existent.
2. *L'aportació d'aigua regenerada per a regadius infra-dotats o nous regadius agrícoles o de jardineria.* El règim econòmic i financer d'aquestes concessions es pot plantejar en el marc general de les alternatives disponibles, de manera que el beneficiari sufragui el cost del projecte, seguint unes pautes similars a les aplicades als usuaris de recursos convencionals. Encara que el cost de producció de l'aigua regenerada és generalment inferior al de l'aigua potable convencional, la implantació d'un conducte específic per transportar-la fins al punt d'ús pot representar un cost addicional im-

portant. No obstant això, si la xarxa de distribució ja existeix, n'hi haurà prou a sufragar les instal·lacions de connexió entre la planta de regeneració i la xarxa de distribució d'aigua de reg.

3. *La substitució de cabals ambientals mitjançant aigua regenerada de gran qualitat just aigües avall d'on es produeix la captació per a abastament, especialment si aquest punt d'extracció és un embassament regulador.* La disposició d'aigua regenerada en el punt de desembassament es pot convertir en una reducció dels cabals de servitud per mantenir cabals circulants al riu, i en definitiva esdevé una "aportació virtual" (o una extracció menor) d'aigua a l'embassament, amb el que comporta de modificació de les corbes de garantia de l'embassament i les possibilitats d'utilització de l'aigua embassada. El cas de Vitòria-Gasteiz, a Àlaba, és un dels més emblemàtics i il·lustratius d'aquesta situació (Mujeriego i López, 2006), en què s'estima que cada metre cúbic disposat al riu Zadorra, aigües avall del desembassament de l'embassament Urrunaga-Ullibarri, permet disposar de fins a 2 metres cúbics d'aigua de l'embassament per a altres usos.
4. *El subministrament d'aigua regenerada per al manteniment ambiental, quan la font d'abastament ha d'atendre simultàniament usuaris urbans i un ecosistema aquàtic natural.* El projecte d'abastament d'aigua regenerada per al Parc Natural dels Aiguamolls de l'Empordà, patrocinat pel Consorci de la Costa Brava el 1998 amb l'ajut de fons europeus, il·lustra el gran potencial que la regeneració i la reutilització de l'aigua tenen per preservar un medi natural que d'una altra manera quedaria desproveït de la seva font natural d'aigua durant l'estiu, a causa de la prioritat d'abastir la urbanització Empuriabrava, amb una població màxima estimada de 45.000 habitants. Aquest exemple de reutilització per a usos ambientals il·lustra de forma emblemàtica la necessitat de plantejar-se la recuperació de costos de forma diferent de la de pagament per part de l'usuari final: la flora i la fauna del parc natural. El cost

d'aquesta actuació s'ha "integrat" al balanç global de gestió dels recursos de la zona, de manera que pugui ser sufragada per la població beneficiària dels recursos aquàtics naturals.

5. *La producció d'aigües regenerades, en lloc de les aigües depurades que s'aboquen en alguns cursos de riu, per disminuir els cabals desembassats amb l'objectiu principal de diluir aquests abocaments.* L'abocament a cursos fluvials d'efluents depurats, amb nivells de qualitat com els exigits per la Directiva 91/271, pot obligar a una aportació de cabals circulants la missió principal de la qual sigui diluir aquests abocaments i assegurar així la qualitat ambiental en els trams fluvials situats aigües avall de l'abocament. La disposició d'aigües regenerades, en el punt d'abocament original o fins i tot en punts aigües munt d'aquests abocaments, permet aconseguir aquests mateixos objectius de qualitat, però utilitzant uns cabals de desembassament menors. Aquestes servituds de dilució modifiquen les corbes de garantia dels embassaments, i ofereixen més possibilitats de gestió i sobretot una major fiabilitat i disponibilitat del recurs per a tots els usos possibles.
6. *El subministrament d'aigua regenerada com a alternativa a extraccions d'aigües subterrànies en règim de sobreexplotació.* Iniciatives com les plantejades recentment en l'Àrea Metropolitana de Barcelona han de permetre que membres de la Comunitat d'Usuaris de l'Aqüífer del Delta del Llobregat puguin rebre aigües regenerades de gran qualitat per a usos industrials (que se sotmeten a tractaments addicionals de desmineralització) a canvi d'interrompre les seves extraccions de l'aqüífer sobreexplotat. La firma d'un acord, en el qual es manté la titularitat de la concessió encara que no se'n faci ús, permet que els usuaris disposin d'una aigua de millor qualitat (menys salinitat) que la que s'obté del propi aqüífer, amb el que significa d'estalvi en processos de desmineralització posterior; d'altra banda, permet que l'aqüífer es recuperi progressivament per mitjans naturals, mitgant la intrusió salina

i constituint una reserva estratègica d'aigua de qualitat creixent. Aquesta aigua subterrània es pot utilitzar de forma eficient en moments d'escassetat per a usos tan diversos com abastament, reg o manteniment ambiental.

7. *La recàrrega artificial d'aqüífers amb aigües regenerades.* El Groundwater Replenishment System de l'Orange County Water District i l'Orange County Sanitation District representa el projecte més emblemàtic i de més envergadura del món, amb una producció anual de 90 hm³ d'aigua, dels quals 47 hm³/any es dediquen a la recàrrega d'un aqüífer potable, mentre que els 43 hm³/any restants s'utilitzen per alimentar la barrera contra la intrusió salina d'aquest mateix aqüífer. El cost de l'aigua regenerada en els punts d'infiltració i injecció és aproximadament de 0,65 dòlars/m³, que es redueix a 0,40 dòlars/m³ després d'aplicar les subvencions d'organismes federals, estatals i de la Metropolitan Water District del sud de Califòrnia (proveïdor en alta de 18 milions d'habitants), com a reconeixement per l'aportació de recursos addicionals. L'últim preu és el màxim que actualment paguen els proveïdors en baixa per obtenir cabals d'aigües superficials disponibles en aquesta zona amb destinació al subministrament urbà.

La consecució d'un gran acord marc entre els usuaris urbans i els agrícoles, industrials i de lleure, en un context de gestió integrada de l'aigua com el que ofereixen els Organismos de Cuenca, mitjançant instruments de gestió per a l'intercanvi de drets d'ús de l'aigua, o d'altres de similars que es puguin establir, constitueix una via molt favorable per satisfer les necessitats d'aigua prepotable per als abastaments públics i d'aigua de reg per a l'agricultura i la jardineria.

La implantació d'acords contractuals per a la utilització d'aigües regenerades que responguin a les inquietuds de qualitat i de garantia de subministrament de l'aigua de reg i de l'aigua industrial, com també als interessos econòmics dels concessionaris, ofereix a l'agricultura, a la jardineria i a la indústria una alter-

nativa pràctica molt interessant per resoldre els reptes que se'ls plantegen davant del dèficit de recursos, especialment a les zones costaneres, i assegura un suport reglamentari davant de les exigències de qualitat dels productes que es conreen amb aquestes aigües.

Totes aquestes consideracions han d'impulsar el notable salt qualitatiu que convindrà plantejar-se a l'hora d'analitzar l'economia de l'aigua regenerada: no solament se n'ha de quantificar el cost, sinó sobretot estimar-ne el valor. Els costos reals d'opcions alternatives, com els transvasaments i la dessalació, i especialment les mesures d'urgència per pal·liar les sequeres hidrològiques com les adoptades a Catalunya el 2008, posen de manifest el gran avantatge econòmic de la reutilització i la regeneració. Les recents iniciatives de recuperació de cabals ambientals i sobretot de mitigació de les irregularitats meteorològiques, tant per a abastament com per a preservació del medi natural, fan que l'aigua regenerada i la reutilització de l'aigua apareguin com a elements determinants per augmentar el valor de l'aigua, en les seves múltiples facetes i usos.

La situació econòmica i financera d'aquesta primera dècada del segle XXI i la creixent sensibilitat ambiental de les últimes dècades propicien sens dubte noves formes de plantejar els projectes de regeneració i de reutilització, i promouen una valoració més detallada i crítica dels costos econòmics d'altres fonts, que encara que són elevats semblaven justificables, i fan ressaltar l'avantatge econòmic i el major valor de l'aigua que poden aportar la regeneració i la reutilització de l'aigua.

Els coneixements i l'experiència acumulats durant els últims 25 anys, en concret en zones com el Consorci de la Costa Brava i altres punts de Catalunya i d'Espanya, posen de manifest que sabem regenerar i reutilitzar l'aigua, que en sabem quantificar els costos econòmics, tant d'inversió com d'explotació i de manteniment. El repte més immediat és que la regeneració i la reutilització siguin un element més de la gestió integrada dels recursos, sobretot tenint en compte el valor de l'aigua i no solament el cost econòmic de produir-la i utilitzar-la; un valor que sol ser, sens dub-

te, àmpliament superior al cost de regenerar-la i reutilitzar-la.

12

Conclusions

L'anàlisi feta en els apartats precedents permet formular les conclusions següents:

1. La reutilització planificada de l'aigua constitueix un component essencial de la gestió integrada dels recursos hídrics, especialment en zones costaneres, on pot contribuir de forma significativa a l'augment net dels esmentats recursos.
2. El progrés de la regeneració i la reutilització planificada de l'aigua no depèn únicament dels avenços tecnològics. L'existència d'un marc legal i reglamentari sòlid i d'una voluntat política decidida són factors determinants del desenvolupament de la reutilització.
3. La reutilització planificada de l'aigua ofereix una garantia de subministrament molt superior a la de les fonts convencionals, assegura la disponibilitat de cabals especialment durant la temporada estival, i fa possible que les aigües de qualitat prepotable es puguin utilitzar per a l'abastament públic i el manteniment ambiental.
4. La gestió del cicle de l'aigua en el context d'una conca hidrogràfica ofereix un marc excel·lent i molt favorable per implantar una gestió integrada dels recursos hídrics, en la qual els requisits econòmics i financers de la reutilització planificada són un element del balanç de costos i beneficis de la conca. Hi ha nombroses opcions de gestió en què la reutilització planificada pot contribuir a una millor gestió integrada de l'aigua.
5. La reutilització potable indirecta s'aplica des de fa uns anys com a concepte innovador en alguns llocs del món, entre els quals es pot destacar el sud de Califòrnia, Bèlgica, Singapur i el sud-est d'Austràlia. Tots aquests projectes tenen un objectiu comú: generar una nova font d'aigua d'abastament públic, més fiable davant la irregu-

laritat meteorològica, utilitzant processos de regeneració avançada gairebé idèntics i usant una de les dues opcions de “naturalitat” possibles, un aquífer costaner o un embassament de regulació.

6. Les infraestructures de regeneració avançada disponibles en l'Àrea Metropolitana de Barcelona ofereixen un punt de referència inigualable per implantar un ambiciós programa de seguiment i investigació de la seva capacitat tècnica per respondre a les inquietuds sanitàries, ambientals i socials que puguin plantejar les autoritats sanitàries i el públic en general. Aquest programa oferiria un referent sòlid per impulsar l'autosuficiència de la zona metropolitana de Barcelona i per generar una competència científica i tècnica internacional en un camp tant rellevant com la gestió dels recursos hídrics.
7. La consecució d'un gran acord marc entre els usuaris urbans, agrícoles, industrials i de lleure, en un context de gestió integrada de l'aigua com el que ofereixen els organismes de conca, constitueix una via molt favorable per satisfer les necessitats d'aigua prepotable per als abastaments públics i d'aigua per al manteniment ambiental, el regadiu i la indústria.
8. Convé plantejar-se un salt qualitatiu en la gestió de l'economia de l'aigua regenerada: estimar-ne el valor en lloc de limitar-se a quantificar-ne el cost. Els costos reals d'opcions alternatives, com els transvasaments i l'eixalada, i especialment les mesures d'urgència per pal·liar les sequeres hidrològiques com les adoptades a Catalunya el 2008, han posat clarament de manifest l'avançatge econòmic tan considerable de la regeneració i la reutilització.

13

Agraïments

Els estudis i experiències documentats en aquest article han estat possibles gràcies a la col·laboració i el

suport econòmic que diverses institucions públiques ens han brindat des de 1985, entre les quals hi ha el Consorci de la Costa Brava, l'antiga Junta de Sanejament de la Generalitat de Catalunya, l'Agència Catalana de l'Aigua, la Diputació Foral d'Àlaba, la Comunitat de Regants Arrato, el Ministeri d'Educació i Ciència, el Ministeri de Medi Ambient, Medi Rural i Marí, la Fundació de l'Institut Euromediterrani d'Hidrotècnia, i el Programa d'Estudis Catalans Gaspar de Portolà del Departament d'Universitats, Recerca i Societat de la Informació de la Generalitat de Catalunya. L'acollida de la Universitat de Califòrnia a Davis i de l'Orange County Water District entre març de 2002 i gener de 2003 va ser determinant per conèixer i accedir tant a les seves instal·lacions com a nombroses altres iniciatives de regeneració i reutilització bàsica i avançada de l'aigua.

14

Referències

ASANO, T.; BURTON, F.L.; LEVERENZ, H.L.; TSUCHIHASHI, R.; TCHOBANOGLOUS, G. (2006). *Water Reuse: Issues, Technologies, and Applications*. Metcalf and Eddy/AECOM. McGraw-Hill.

CUTHBERT, R.W.; HAJNOSZ, A.M. (1999). “Setting reclaimed water rates”. *Journal of the American Water Works Association*. Vol. 91, n. 8, pàg. 50-57.

DEL RÍO, F.; LÓPEZ, J.; DE JUANA, I. (1996). “Reutilización del agua residual, experiencias prácticas en Vitoria”. Comunicació presentada a la XVII Jornadas de la Asociación Española de Abastecimiento y Saneamiento.

DIARI OFICIAL DE LES COMUNITATS EUROPEES (1991). Directiva 91/271/CEE sobre el tractament de les aigües residuals urbanes. L135/40-52.

DIARI OFICIAL DE LES COMUNITATS EUROPEES (2000). Directiva 2000/60/CE del Parlament Europeu i del

Consell per la qual s'estableix un marc comunitari d'actuació en l'àmbit de la política d'aigües. L 327/1-71.

ENTITAT DE SANEJAMENT D'AIGÜES (2005). *Gestión actual y reutilización de las aguas residuales en la Comunidad Valenciana*. Curs d'Estiu de la Fundació Caixa de Castelló-Universitat Jaume I. Castelló.

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

MUJERIEGO, R. (2004). "La gestión del agua en el sur de California". *Ambienta*, n. 38, novembre de 2004, pàg. 31-38. Ministeri de Medi Ambient, Madrid. www.mma.es/publicacion/ambienta/

MUJERIEGO, R. (2007). "La reutilización, la regulación y la desalación en la gestión integrada del agua". *La Sequía en España: Directrices para Minimizar su Impacto*. Direcció General de l'Aigua, Ministeri de Medi Ambient, Madrid. 367 pàgines, ISBN 978-84-690-7328-5. Pàg. 155-202.

MUJERIEGO, R. (2008). Alternatives d'abastament d'aigua. Aigua: font de vida, font de risc. Informe 2008 de l'Observatori del Risc. Pàg. 74-101. Institut d'Estudis de la Seguretat, www.seguretat.org.

MUJERIEGO, R.; COMPTE, J.; CAZURRA, T.; GULLÓN, M. (2008). "The water reclamation and reuse project of El Prat de Llobregat, Barcelona, Spain". *Water Science & Technology*. Vol. 57, n. 4, pàg. 567-574.

MUJERIEGO, R.; LÓPEZ, J. (2006). "Azúa Valley Lake and integrated water resources management in Vitoria-

Gasteiz". *Dams and Reservoirs, Societies and Environment in the 21st Century*. Berga et al. (eds.), juny 2006, Barcelona. Taylor and Francis Group, London, Vol. 1, pàg. 117-124.

MUJERIEGO, R.; LÓPEZ, J. (2008). *Water reuse and integrated water resources management in Vitoria-Gasteiz, Spain*. *Water Practice and Technology*, Vol. 3, Issue 2. International Water Association Publishing 2008.

ORGANITZACIÓ MUNDIAL DE LA SALUT (1989). *Directrices Sanitarias sobre el Uso de Aguas Residuales en Agricultura y Acuicultura*. Sèrie d'informes tècnics 778. Ginebra, Suïssa.

ORGANITZACIÓ MUNDIAL DE LA SALUT (2006). *Guidelines for the Safe Use of Wastewater, Excreta and Greywater*. Quatre volums.

PETTYGROVE, G.S.; ASANO, T. (ed.) (1984). *Irrigation with Reclaimed Municipal Wastewater, A Guidance Manual*. California State Water Resources Control Board, report no. 84-1 wr. Publicat per Lewis Publisher, Inc. el 1985.

SALA, L.; SERRA, M. (2004). "Towards Sustainability in water recycling". *Water Science and Technology*, vol. 50, n. 2, 1-8.

UNITED STATES ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY AND UNITED STATES AGENCY FOR INTERNATIONAL DEVELOPMENT (2004). *Guidelines for Water Reuse*. EPA/625/R-04/108, setembre de 2004. Office of Water, Washington, D.C., i Office of Research and Development, Cincinnati, Ohio.