

L'aigua regenerada: un recurs fiable per promoure l'autosuficiència

Rafael Mujeriego Sahuquillo

1. Introducció	1
2. La reutilització planificada	2
3. Beneficis de la reutilització planificada	3
4. Exigències de la reutilització planificada	4
5. Fiabilitat del procés de regeneració	6
6. Tipus de reutilització	6
7. Cost de la reutilització planificada a Espanya	8
8. Gestió socioeconòmica de la reutilització	11
9. Reutilització potable indirecta	13
10. Aplicacions pràctiques de l'aigua regenerada	15
11. Conclusions	18
12. Agraïments	19

La **Fundació Agbar** té com a objectiu principal el foment dels valors diferenciats de la companyia Agbar, com són el compromís amb el medi ambient, la materialització dels màxims estàndards de qualitat, l'avenç tecnològic i la voluntat de servei. A través de l'educació, la conscienciació i el diàleg, servim de nexa amb la Societat en la transmissió d'una visió de l'aigua orientada cap al coneixement i cap al futur. Per això, la Fundació s'aproxima als usuaris i als ciutadans mitjançant la promoció del desenvolupament sostenible, la investigació, la reflexió i la difusió del coneixement sobre l'Aigua.

L'aigua regenerada: un recurs fiable per promoure l'autosuficiència

Rafael Mujeriego Sahuquillo Doctor en Enginyeria per la Universitat de Califòrnia a Berkeley (1976). Des del 1986 és catedràtic d'Enginyeria Ambiental a l'Escola Tècnica Superior d'Enginyers de Camins, Canals i Ports de la Universitat Politècnica de Catalunya.

Avui dia és president del Consell per a l'Ús Sostenible de l'Aigua del Departament de Medi Ambient i Habitatge de la Generalitat de Catalunya. És assessor tècnic del Conseller de Medi Ambient i Habitatge, president de l'Associació Espanyola de Reutilització Sostenible de l'Aigua i col·labora amb la Direcció General de l'Aigua del Ministeri de Medi Ambient i Medi Rural i Marí.

© Fundació Agbar, 2010

La Fundació Agbar ha escollit aquest text reconeixent el seu interès general i la seva aportació al debat sobre l'Aigua. No obstant, la responsabilitat de les opinions formulades en aquesta publicació correspon exclusivament al seu autor i la Fundació Agbar no s'identifica necessàriament amb el seu contingut.

Aquesta publicació ha estat feta amb paper Cyclus 100% reciclat, sense clor ni blanquejadors. Amb aquest tipus d'iniciatives, la Fundació Agbar vol promoure la utilització del paper reciclat a les seves oficines, segons el compromís que la companyia Agbar recull en el seu Codi Mediambiental Corporatiu.

Fotografies: Lluís Sala, Consorcio Costa Brava (CCB)
Edició: Ormobook
Maquetació: Ormograf
Impressió: Ormoprint



Fundació Agbar

Ctra. de Sant Joan Despí, 1
Tel 93 342 35 00

08940 Cornellà de Llobregat
Fax 93 342 35 31

Barcelona Espanya
www.fundacioagbar.org

1. Introducció

La consideració normativa i pràctica del medi ambient com un usuari de ple dret dels recursos hídrics està impulsant un canvi substancial tant en la percepció com en la gestió tradicional i antropocèntrica de les nostres fonts habituals d'aigua: els rius i els aqüífers. A la necessitat d'assegurar la qualitat química i sanitària dels nostres proveïments, iniciada a mitjan segle XIX mitjançant els processos de potabilització, al segle XX s'hi va sumar l'exigència de depurar els nostres efluents com a forma d'assegurar que la qualitat dels cabals circulants fos compatible amb les necessitats dels usuaris situats aigües avall. El principi del segle XXI ha significat la consolidació, no solament del manteniment de la qualitat de l'aigua de rius i aqüífers, sinó també del seu cabal circulant en diferents punts del recorregut i en qualsevol època de l'any. La gestió integrada en l'àmbit de la conca hidrogràfica constitueix una exigència normativa (Directiva 2000/60/CE) per a la implantació de la qual es disposa de diversos instruments, entre els quals cal destacar l'ús eficient, l'estalvi d'aigua, la regulació, l'intercanvi d'usos, la regeneració i la reutilització, i també la dessalinització d'aigües salobres i salines.

La reutilització és un component intrínsec del cicle natural de l'aigua. 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 desenvolupament notable assolit per la reutilització planificada de l'aigua, especialment en països amb recursos hídrics suficients, s'ha degut fonamentalment a dues causes: la necessitat d'ampliar els abastaments d'aigua i la necessitat de millorar les formes de gestió dels abocaments d'aigües depurades. L'increment registrat per les dotacions d'aigua d'abastament i l'augment de població experimentat a nombroses zones urbanes, juntament amb 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 d'aigua. Les distàncies cada cop més grans 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, juntament 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 des del punt de vista tant 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 amb relació a 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 d'aquest article són: descriure el marc conceptual de la reutilització planificada, analitzar els beneficis i les exigències de la reutilització planificada, presentar els diferents usos de l'aigua regenerada, valorar el cost de la reutilització planificada en la gestió integrada dels recursos hídrics a Espanya, analitzar els condicionants socioeconòmics de la reutilització planificada a Espanya, descriure les iniciatives pioneres i innovadores de la reutilització potable indirecta i 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, igual que la regeneració tant de terres com de platges mira de restaurar l'estat i la forma que tenien en el passat (Asano et al., 2006; Mujeriego, 1990, 2007).

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

La reutilització d'aigua regenerada consisteix a posar-la a disposició de l'usuari perquè la pugui aprofitar de la manera que ho necessiti. Normalment, per

aprofitar l'aigua regenerada es requereix transportar-la des de la planta de regeneració fins al lloc d'utilització, emmagatzemar-la o adequar el cabal subministrat per la planta de regeneració als cabals consumits per l'usuari i, finalment, 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 és la diferència entre l'aportació 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 aconsegueixi reduir aquestes pèrdues 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).

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

1. Obtenció d'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 així poden ser destinats a usos més exigents, com l'abastament públic.
2. Disminució dels costos de tractament i d'abocament de l'aigua depurada.
3. Reducció de l'aportació de contaminants als cursos naturals d'aigua, en particular quan la reutilització s'efectua mitjançant reg agrícola, de jardineria o forestal.
4. Ajornament, reducció o fins i tot supressió d'instal·lacions addicionals que puguin ser necessàries per a la potabilització d'aigua d'abastament.

5. Estalvi energètic perquè evita la necessitat d'aportacions addicionals d'aigua des de zones més allunyades a la de la planta de regeneració.
6. Reducció de les emissions de diòxid de carboni, a causa dels menors consums energètics.
7. Aprofitament dels elements nutritius continguts en l'aigua, especialment quan l'aigua regenerada s'utilitza per a reg agrícola i de jardineria.
8. Major garantia de subministrament. Els cabals d'aigua depurada tenen una garantia molt superior a la majoria de les fonts naturals d'aigua, especialment en zones semiàrides com les mediterrànies espanyoles.

En definitiva, la reutilització planificada 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. El fet que aquests cabals d'aigua regenerada siguin propers als nuclis urbans (a les portes de les ciutats) ofereix una possibilitat d'abastament local i fiable per augmentar el grau d'autosuficiència hídrica d'aquestes poblacions.

La reutilització planificada, juntament amb la regulació en embassaments de derivació i en aqüífers, i també l'ús eficient de l'aigua, constitueixen 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'aprofitament que es prevegin. L'aprovació del Reial Decret 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'organismes de conca com el que requereix la Directiva Marc de l'Aigua (Directiva 2000/60/CE) –les nostres confederacions hidrogràfiques actuals–, els límits de qualitat aplicables a l'aigua regenerada per als possibles aprofita-

taments s'inspiren bàsicament en les recomanacions de l'Organització Mundial de la Salut i de l'Agència de Protecció Mediambiental dels Estats Units, que ja s'havien adoptat i aplicat en diverses comunitats autònomes com Catalunya, el País Basc, les Illes 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, l'exigència principal de qualsevol projecte de reutilització. D'altra banda, 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, com més alt és el nivell de qualitat de l'aigua regenerada, menors són les restriccions imposades al seu ús, quant al seu possible contacte amb persones, animals o productes comestibles.

Les autoritats sanitàries dediquen una atenció especial a definir les normes d'utilització de l'aigua regenerada, com per exemple: la senyalització mitjançant cartells ben visibles que indiquin el tipus d'aigua utilitzada, l'adopció normalitzada del color morat per a les conduccions i els dispositius de control, la instal·lació de dispositius antiretorn, les inspeccions de les connexions a la xarxa d'aigua regenerada, l'exigència de determinats horaris de reg i de tipus d'aspersors, la prohibició d'instal·lar aixetes exteriors, i la utilització de mides de conducció i de boques de connexió de mànegues diferents de les utilitzades per a les aigües d'abastament públic.

El cúmulo creixent de controls de qualitat que s'han aplicat tant a la producció com a la distribució de l'aigua regenerada està propiciat per un canvi d'estratègia normativa cap a un control total de la qualitat de l'aigua: la implantació de processos successius i complementaris (barreres múltiples) i de gran fiabilitat que permetin obtenir un producte (aigua regenerada) de gran qualitat, capaç de garantir la protecció sanitària i ambiental de tots els usos possibles, permetent així reduir els esforços econòmics i de personal que comporten les anàlisis i el seguiment.

L'adopció d'una estratègia de qualitat total de l'aigua regenerada ressalta encara més la necessitat de considerar la regeneració i la reutilització com un element de gestió clarament diferent, encara que complementari, de la depuració i l'abocament d'efluents, especialment pel que fa a l'assignació de costos tant d'implantació com d'explotació i manteniment dels projectes: la regeneració i la reutilització han d'assignar-se al capítol de desenvolupament de recursos hídrics nous, addicionals o no convencionals, mentre que la

depuració i l'abocament han d'assignar-se al capítol de protecció ambiental dels medis receptors, regit per normatives tècniques i fiscals específiques.

5. Fiabilitat del procés de regeneració

Una exigència característica dels projectes de regeneració d'aigua és la necessitat de garantir una fiabilitat notable del procés de tractament i una gestió adequada del sistema de reutilització. La circumstància que la reutilització moltes vegades es planteja com l'única font alternativa per a l'aprofitament considerat, sense la protecció que pugui oferir la dilució amb aigua de més bona qualitat, i, sobretot, el fet que la reutilització 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 hagi de ser elevada i constitueixi un element essencial tant del seu disseny com de l'explotació i el manteniment.

En definitiva, la regeneració es concep actualment com un procés destinat a obtenir un producte de qualitat, de manera molt similar al que s'adopta a les instal·lacions de potabilització d'aigua d'abastament públic. Aquesta nova forma de plantejar la regeneració ha fet que la reutilització planificada s'hagi convertit en un element essencial de la gestió integrada dels recursos hídrics.

La sensibilitat ambiental creixent i, sobretot, la sensibilitat sanitària de les poblacions en possible contacte amb l'aigua regenerada propicien que la qualitat sanitària d'aquesta s'acosti cada vegada més, especialment en zones desenvolupades, a la "qualitat analítica" de l'aigua potable, encara que això no impliqui el consum humà de l'aigua regenerada. 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 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 cal destacar: els usos urbans (jardineria, lluita contra incendis, neteja de carrers i automòbils); els usos industrials (refrigeració, neteja de vagons de ferrocarril); el reg agrícola, de jardineria i forestal; els usos ornamentals i recreatius; la millora i la preserva-

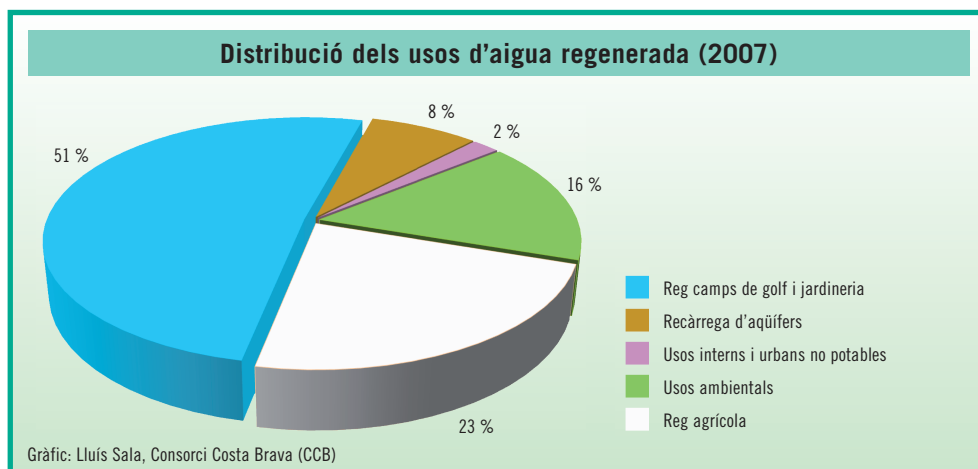


Figura 1

ció del medi natural, i la recàrrega d'aqüífers. La reutilització agrícola i de jardineria constitueix l'aprofitament més estès, tant per a cultiu hortícola (consum directe) com per a cultius amb un processament posterior, cereals, cítrics i vinyes; ja sigui mitjançant reg per aspersió, microaspersió i degoteig o mitjançant reg per inundació (vegeu figura 1).

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 urgent.

Com a exemples il·lustratius de la capacitat de regeneració i dels cabals (absoluts i relatius) regenerats actualment en diverses zones del món, podem esmentar que la reutilització planificada al 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 figura 2 mostra l'evolució històrica de la reutilització de l'aigua al Consorci de la Costa Brava des de l'any 1989, en què es va prendre per primer cop com un element de gestió dels recursos hídrics. Així mateix, la reutilització planificada a Califòrnia el juny del

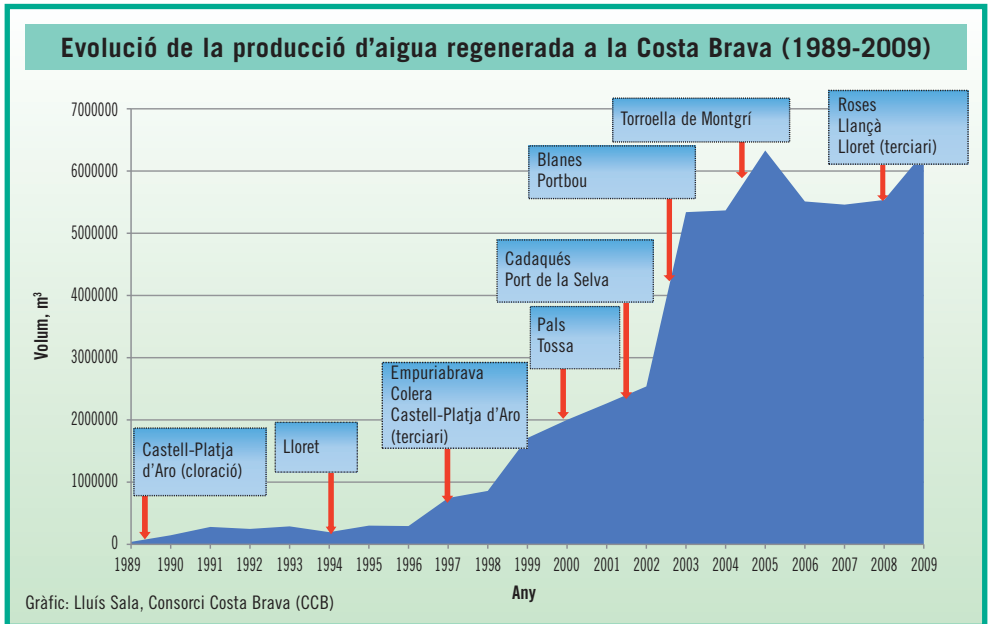


Figura 2

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 geogràfiques 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 del propi estat arriben a superar el 30%, especialment a les zones semiàrides del sud. En aquest context, el percentatge del 18% assolit pel Consorci de la Costa Brava entre els anys 2007 i 2009 destaca per la seva posició a la part alta d'aquest interval.

7. Cost de la reutilització planificada a Espanya

L'entrada en funcionament de diversos projectes de reutilització per a reg agrícola i de jardineria a la Costa Brava, promoguts pel Consorci de la Costa Brava des del 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 una 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 aigua regenerada de qualitat comparable a la produïda per altres països pioners, i d'utilitzar-la de forma eficient per al reg de jardineria i de cultius, tant de consum directe com industrials.

L'any 2004, l'acabament del primer embassament regulador d'aigües regenerades, com a part del mateix projecte de gestió integrada de Vitòria-Gasteiz, i l'expansió de diversos projectes de reutilització a la Costa Brava i altres zones espanyoles, van marcar una segona dècada del 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 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 el valor de referència inicial de 0,06 euros/m³ per al cost de l'aigua regenerada a Espanya. 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).

Els valors anteriors mostren que les exigències econòmiques més importants estan associades a la reutilització (distribució a l'usuari), mentre que el cost de la planta de regeneració i, sobretot, els costos d'explotació i manteniment són comparativament molt inferiors.

El factor limitant de l'expansió d'aquests projectes de regeneració a Espanya 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 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.

La taula 1 resumeix els costos d'inversió i de consum energètic que comporten actualment la regeneració, la regulació en embassaments de derivació i la des-salinització 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 garantir uns nivells de protecció ambiental i de salut pública comparables als associats a l'ús d'aigua potable.

Costos d'inversió i d'energia de diverses alternatives de gestió, Consorci Costa Brava, Vitòria, ATLL, Palma de Mallorca, C. Taibilla, Màlaga, Bèlgica, Califòrnia

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 (en 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 2009)	3,9 (1.270 M€ 325 hm ³)		
Dessalinització 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)		—
Dessalinització aigua de mar (Blanes, Barcelona, Mallorca, Taibilla)	3,0-4,0	5 (membranes)	3,5-4,0

Taula 1

Per tant, això permet que es puguin 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 a la seva reutilització potable indirecta.

La taula 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 dessalinització. 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 marca igualment una clara distinció entre aquestes tres alternatives. 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, també convé tenir en compte l'impac-

te ambiental que comporten aquests nivells de consum elèctric. Considerant que a Espanya les emissions mitjanes de diòxid de carboni se situen al voltant de 460 g/kWh i que el dret d'emissió se situa en uns 20 euros per tona, cada kilowatt hora consumit 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 dessalinitzada.

8. 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 els altres usos va provocar que la gestió de les mesures per mitigar els efectes de les sequeres registrades durant els anys 2005 i 2008 a Espanya –particularment en determinades comunitats autònomes com Catalunya, València, Múrcia, Andalusia i Madrid– suscités debats intensos entre els usuaris urbans i agrícoles de l'aigua, i propiciés un interès renovat per la reutilització planificada com a sistema per resoldre els dèficits conjunturals o permanents d'aigua.

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, tot i 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, els projectes de subministrament d'aigua regenerada comporten unes inversions i 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 la de subministrament públic obtinguda de les fonts existents.

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 n'ha de ser la quantitat. No obstant això, a causa dels beneficis obtinguts a llarg termini amb la utilització de l'aigua

regenerada, nombrosos serveis públics d'abastament d'aigua potable i d'aigua de reg en promouen la utilització.

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), revelant així el potencial per evitar els costos superiors que comporten les noves fonts d'abastament d'aigua potable, fins i tot quan aquestes són realment possibles, i evitar els costos superiors que poden representar les millores en la depuració i l'abocament que requereixen noves limitacions sanitàries i ambientals.

La gestió del cicle de l'aigua en el context d'una conca hidrogràfica, tal com s'ha aplicat tradicionalment a Espanya i com requereix la Directiva Marc de l'Aigua (Directiva 2000/60/CE) 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, 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 necessàriament a fonts d'abastament d'aigua potable noves i costoses, com la dessalinització, els transvasaments des de zones allunyades o les aportacions excepcionals mitjançant vaixells. 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 es pot destacar la major disponibilitat d'aigua, 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 pèrdues enormes 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 de subministrament d'aquests recursos.

9. 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 realitzacions destacades 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 anat 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, 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), les Illes Balears i Canàries, la Costa del Sol i altres punts de la costa mediterrània espanyola, en els quals la reutilització planificada ha progressat de forma molt destacada des de la dècada del 1980.

L'augment de la necessitat d'aigua per a abastament urbà, juntament amb la disponibilitat física i administrativa de cabals d'efluents depurats creixents en zones urbanes molt pròximes als punts d'ús, i també la disponibilitat de processos de tractament d'aigua amb capacitat contrastada per eliminar pràcticament la totalitat de contaminants coneguts i detectables en les aigües de subministrament, han propiciat la consideració dels efluents depurats 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–, permet obtenir una aigua final de 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 la informació i la participació del públic, mitjançant processos ben organitzats, sistemàtics i prolongats, i també la utilització del medi natural com un element imprescindible del procés de reutilització de l'aigua regenerada. Es tracta, en definitiva, de conferir a l'aigua “un toc de naturalitat” que contribueixi a millorar la seva qualitat, a regular els seus cabals i a reforçar una percepció pública favorable de l'aigua regenerada, en comparació amb les fonts tradicionals d'aigua per a l'abastament públic.

El concepte innovador de la reutilització potable indirecta s'aplica des de fa uns anys en llocs del món pioners, entre els quals cal destacar: el projecte Groundwater Replenishment System del comtat d'Orange, al sud de Califòrnia (www.gwrssystem.com), iniciat el gener del 2008, després de més de 30 anys d'estudis i demostracions prèvies; el projecte de recàrrega de dunes costaneres de Wulpen, a Bèlgica (www.iwva.be/docs/torreele_en.pdf); el projecte NeWater de Singapur (www.pub.gov.sg/newater/Pages/default.aspx), i el projecte Western Corridor del sud-est de Queensland, a Austràlia (www.westerncorridor.com.au).

L'Àrea Metropolitana de Barcelona disposa d'un projecte de demostració per a la regeneració avançada amb l'objectiu d'alimentar una barrera contra la intrusió salina al delta del riu Llobregat (Mujeriego et al., 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 la reutilització potable indirecta té una capacitat de 5.000 m³/dia i s'està ampliant per produir fins a 15.000 m³/dia, amb la finalitat d'alimentar els nous pous amb què estarà dotada la barrera contra la intrusió salina. Els processos adoptats per a la regeneració avançada són els mateixos que s'utilitzen en els projectes esmentats anteriorment: ultrafiltració, osmosi inversa i desinfecció amb llum ultraviolada.

Les infraestructures de regeneració avançada de 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 tant les autoritats sanitàries com el públic en general. Els resultats d'un programa com el plantejat han de permetre, a més de la realització de campanyes d'informació, divulgació i participació del públic i de tots els agents socials, la consolidació d'un referent sòlid per desenvolupar a gran escala la reutilització potable indirecta a l'Àrea Metropolitana de Barcelona, i d'aquesta manera generar una competència científica i tècnica internacional en un camp tan rellevant com la gestió dels recursos hídrics.

Els efluent secundaris de les estacions depuradores del Prat de Llobregat (100 hm³/any) i del Besòs (160 hm³/any) ofereixen una matèria primera amb la qual es poden 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 s'obté aigua actualment. 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 respectuoses amb el medi ambient i els usuaris de la conca fluvial del riu Ter, des d'on es capta actualment una porció significativa dels recursos utilitzats a l'Àrea Metropolitana de Barcelona. El Groundwater Replenishment System del comtat d'Orange és sens dubte la referència més emblemàtica, tant tècnicament com sociològicament, que es podria utilitzar per impulsar una iniciativa avantguardista de gestió integrada dels recursos hídrics a Catalunya.

10. 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. Aquesta valoració s'ha plantejat fonamentalment des de dos punts de vista: el cost de produir l'aigua regenerada i el cost de posar-la a disposició de l'usuari –ambdós com elements bàsics per a l'assignació de costos als futurs beneficiaris del recurs. No obstant això, aquest enfocament purament econòmic es correspon en gran mesura 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, l'assignació correcta del cost de l'aigua s'ha de plantejar en un marc de gestió integrada o sistèmica, de manera similar a com es fa quan es plantegen noves aportacions mitjançant extraccions des d'aqüífers, transvasaments de conques o dessalinització d'aigua de mar. L'experiència obtinguda en diversos projectes de regeneració i de reutilització a Espanya mostra clarament els beneficis ambientals i econòmics de 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 (siguin estatals, autonòmiques o locals), 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 fer un ús més eficient dels recursos hídrics.

El Programa de Reutilització d'Aigua a Catalunya, que actualment està aprovat per l'Agència Catalana de l'Aigua (2009), 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 dessalinitzadora d'aigua.

Entre les aplicacions pràctiques en què la reutilització 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, cal esmentar (Mujeriego, 2009):

1. La substitució d'aigües prepotables utilitzades per a reg per aigües regenerades.
2. L'aportació d'aigua regenerada per a regadius infradotats o nous regadius agrícoles o de jardineria.
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.
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.
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.
6. El subministrament d'aigua regenerada com a alternativa a extraccions d'aigües subterrànies en situació de sobreexplotació.
7. La recàrrega artificial d'aqüífers amb aigües regenerades.

La consecució d'un gran acord marc entre usuaris urbans i agrícoles, industrials i de lleure, en un context de gestió integrada de l'aigua com el que ofereixen els organismes de conca, 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 tant 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 alternativa pràctica molt interessant per resoldre els reptes que se'ls plantegen davant del dèficit de recursos, especialment a les zones costaneres, i garanteix un suport reglamentari enfront 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 dessalinització, 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 iniciatives recents 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 sensibilitat ambiental creixent de les darreres dècades propicien sens dubte noves formes de plantejar els projectes de regeneració i de reutilització. També 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 darrers 25 anys, en concret en zones com 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 convertir la regeneració i la reutilització en 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 dubte, àmpliament superior al cost de regenerar-la i reutilitzar-la.

11. 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 recursos esmentats.
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 també d'una voluntat política decidida són factors determinants del desenvolupament de la reutilització.
3. La regeneració i la reutilització de l'aigua són un element de gestió diferent a la depuració i l'abocament d'efluents, especialment en l'assignació de costos tant d'implantació com d'explotació i manteniment dels projectes: mentre que els primers s'han d'assignar al capítol de desenvolupament de nous recursos hídrics, els segons s'han d'assignar al capítol de protecció ambiental, regit per normatives específiques.
4. La reutilització planificada de l'aigua ofereix una garantia de subministrament molt superior a la de les fonts convencionals, garanteix 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.
5. 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 són un element del balanç de costos i beneficis de la conca.
6. La reutilització potable indirecta s'aplica des de fa uns anys com a concepte innovador en alguns llocs del món, entre els quals cal destacar el sud de Califòrnia, Bèlgica, Singapur i el sud-est de Queensland, a Austràlia. Tots aquests projectes tenen l'objectiu comú de generar una nova font d'aigua d'abastament públic, més fiable davant la irregularitat 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.

7. 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 podria oferir un referent sòlid per impulsar l'autosuficiència de l'Àrea Metropolitana de Barcelona i per generar una competència científica i tècnica internacional en un camp tan rellevant com la gestió dels recursos hídrics.
8. 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.
9. 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 la dessalinització, 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'avantatge econòmic tan considerable que tenen la regeneració i la reutilització de l'aigua en comparació amb les opcions tradicionals de gestió dels recursos.

12. Agraïments

Els estudis i les 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 del 1985, entre les quals cal destacar 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, l'antiga Fundació de l'Institut Euromediterrani d'Hidrotècnia, l'Entitat Metropolitana de Barcelona, la Federació Nacional de Comunitats de Regants d'Espanya, l'Orange County Water District, la Universitat de Califòrnia a Davis, l'antic Departament d'Universitats, Recerca i Societat de la Informació de la Generalitat de Catalunya i el Ministeri d'Educació i Ciència.

REFERÈNCIES

- AGÈNCIA CATALANA DE L'AIGUA (2009). Programa de Reutilització d'Aigua a Catalunya. Juny del 2009. Departament de Medi Ambient i Habitatge, Generalitat de Catalunya. http://aca-web.gencat.cat/aca/documents/ca/planificacio/reutilitzacio/PRAC_V_3_1.pdf
- ASANO, T., BURTON, F.L., LEVERENZ, H.L., TSUCHIHASHI, R. i TCHOBANOGLOUS, G. (2006). *Water Reuse: Issues, Technologies, and Applications*. Metcalf and Eddy/ AECOM. McGraw-Hill.
- CUTHBERT, R.W. i HAJNOSZ, A.M. (1999). "Setting reclaimed water rates". *Journal of the American Water Works Association*, vol. 91, núm. 8, pàg. 50-57.
- 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.
- MINISTERI DE LA PRESIDÈNCIA (2007). "Reial Decret 1620/2007, del 7 de desembre, pel qual s'estableix el règim jurídic de la reutilització de les aigües depurades". *Boletín Oficial del Estado* núm. 294, dissabte 8 de desembre de 2007, pàg. 50639-50661.
- MUJERIEGO, R (2009). "La reutilització planificada de l'aigua: de l'eficiència a l'autosuficiència". *Nota d'economia* 93-94 (1r i 2n quadrimestres del 2009). Monogràfic. Aigua i activitat econòmica. Departament d'Economia i Finances, Generalitat de Catalunya.
- 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, pàg. 155-202.
- MUJERIEGO, R. (2004). "La gestión del agua en el sur de California". *Ambienta*, núm. 38, novembre del 2004, Ministeri de Medi Ambient, Madrid, pàg. 31-38.
- MUJERIEGO, R. (ed.) (1990). *Manual práctico de riego con agua residual municipal regenerada*. Universitat Politècnica de Catalunya, Barcelona.
- MUJERIEGO, R., COMPTE, J., CAZURRA, T. i GULLÓN, M. (2008). "The water reclamation and reuse project of El Prat de Llobregat, Barcelona, Spain". *Water Science & Technology*, vol. 57, núm. 4, pàg. 567-574.
- MUJERIEGO, R. i LÓPEZ, J. (2008). "Water reuse and integrated water resources management in Vitoria-Gasteiz, Spain". *Water Practice and Technology*, vol. 3, núm. 2. International Water Association Publishing.
- PETTYGROVE, G.S. i ASANO, T. (eds.) (1984). *Irrigation with Reclaimed Municipal Wastewater, A Guidance Manual*. California State Water Resources Control Board, informe núm. 84-1 wr. Publicat de nou per Lewis Publisher, Inc. el 1985.
- SALA, L. i SERRA, M. (2004). "Towards sustainability in water recycling". *Water Science and Technology*, vol. 50, núm. 2, 1-8.