

# Aspectes científicotècnics de la reutilització d'aigües residuals

Miquel Salgot i Montserrat Folch

Institut de Recerca de l'Aigua de la Universitat de Barcelona, Unitat d'Edafologia,  
Facultat de Farmàcia, Universitat de Barcelona

## Resum

La reutilització d'aigües residuals està esdevenint una eina política, econòmica i hídrica per a arreglar en part l'escassetat de recursos d'aigua en les zones àrides i semiàrides o en aquelles en què els recursos naturals no són suficients per a cobrir la demanda.

És necessari, però, conèixer les limitacions associades a la pràctica, des de les tecnologies que cal emprar fins als perills i riscos que s'han de determinar i els condicionants socials, econòmics, ecològics i legislatius que es poden trobar en la nostra societat, tant a Catalunya com a Espanya, i en d'altres que ens estan en certa manera associades, com el nord de l'Àfrica.

Cal considerar que la reutilització no és una panacea i no resoldrà molts dels problemes presents, però pot contribuir a alleujar-los.

**Paraules clau:** reutilització, ciència, tecnologia, tècnica, aigües residuals, regeneració.

## Abstract

Wastewater reuse is becoming a political, economic and water-related tool which is at present used to manage water resources scarcity in arid and semiarid areas or where conventional water resources are unable to cover water demand.

Nevertheless, reuse practice has several drawbacks which must be known; from the technologies to be used for reclamation purposes to the hazards and risks to be considered and the social, economic, ecological and legal aspects encountered in the society. All these aspects and characteristics are found either in Catalonia or in Spain, and also in other associated areas, like in North Africa.

It is to consider that wastewater reuse is not a panacea, and will not be capable to solve water scarcity problems, but can help to alleviate it.

**Keywords:** reuse, science, technology, technique, wastewater, reclamation.

## Introducció

La reutilització de les aigües residuals tractades s'està intentant implantar en molts llocs del món per tal de fer front a les incerteses associades actualment amb la capacitat de subministrament de recursos hídrics.

Encara que es tracti d'una pràctica coneguda des del temps dels grecs i romans, i possiblement abans en la civilització minoica, no es va aconseguir modernament de generalitzar-la fins als darrers decennis del segle xx.

El mateix concepte de reutilització —donar un nou ús a una aigua ja feta servir— es pot aplicar a tot el cicle de l'aigua en el globus terraquí, ja que aquest és una estructura pràcticament tancada excepte per a l'energia i podem considerar que no hi ha pèrdues de matèria sòlida cap a l'exterior del planeta.

D'altra banda, l'avançament present de les ciències ha permès d'esbrinar que estem definint una pràctica que es podria associar fàcilment a la transmissió de malalties i a diverses toxicitats.

Malgrat que es tracti d'una activitat amb prou història, hi ha encara moltes incerteses que cal definir i que demanen molta més recerca, tant en aspectes teòrics com pràctics. La demanda de seguretat en la pràctica de la reutilització per part de molts dels seus actors està fent que en certa manera se n'estiguin exagerant els perills i riscos. Cal una aproximació més integrada als processos, pràctiques, control i formació relacionats amb la reutilització.

## Recursos d'aigua

L'aigua regenerada és un recurs «no convencional», com l'aigua dessalinitzada i en contraposició a les aigües superficials i subterrànies. Des del punt de vista d'una planificació lògica del cicle antròpic s'hauria d'intentar acoblar les necessitats d'extracció del medi amb les necessitats pròpies de la massa d'aigua d'on s'extreuen els recursos convencionals, considerant la presència de recursos no convencionals, cosa que s'anomena *gestió integrada*. De fet, els recursos no convencionals permeten reduir la dependència dels recursos convencionals i mantenir els darrers en bon estat.

No es pot parlar de manera aïllada dels dos tipus de recursos, ja que sovint són complementaris; per exemple, en el moment en què es dessalinitzen aigües més o menys salabroses i es fan servir en la indústria o per a usos domèstics, la salinitat del conjunt aigua d'abastament/aigua residual es reduirà notablement.

## Gestió i tractaments

Per a la gestió dels recursos, cal tecnologia i cal ciència. L'extensió de l'ús de tecnologia emprada en el cicle antròpic depèn gairebé sempre de la qualitat de la matèria primera, l'aigua.

En les zones on l'aigua està molt contaminada (parts finals de conques, després de grans nuclis habitats...) cal emprar molta tecnologia i en conseqüència molts diners per a tractar l'aigua, mentre que en les parts altes de les conques i en zones poc habitades la inversió en tecnologia i operació és molt més reduïda. Cada cop més, es té la certesa que els dos tipus de tractaments que es donen normalment a l'aigua (per a proveïment i per a depuració) es complementen i que la inversió en un redueix la de l'altre.

D'altra banda, la ciència ens permet de conèixer, entre moltes altres coses, la qualitat de l'aigua al llarg de tot el cicle antròpic i també la influència que l'aigua té en els ecosistemes que hi estan associats. La quantitat i qualitat de microorganismes també són objecte de la ciència, en aquest cas l'ecologia.

La qualitat necessària (i en conseqüència el tractament) de l'aigua és governada per la normativa que fixa la qualitat dels diferents tipus de recursos en funció de l'ús (abastament a població, indústria, agricultura, lleure...) o de la destinació final (vessament a rius, llacs, mar...). Secundàriament, la ciència fixarà els volums d'aigua mínims que cal deixar en els sistemes naturals i que permeten la subsistència dels ecosistemes hídrics.

De tota manera, les necessitats creixents del recurs «aigua de bona qualitat» poden arribar a excedir, i sovint ho fan, la capacitat dels medis naturals de subministrar-ne. En conseqüència, per tal de satisfer les necessitats de la societat (usos domèstics, indústria, agricultura, lleure...) cal recórrer a recursos no convencionals, com es fa amb la recuperació (reutilització) de les aigües residuals o els processos de dessalinització. El plantejament en aquest punt és la sostenibilitat del procés, ja que el consum d'energia i reactius de determinades tecnologies és prou elevat. Una anàlisi completa del cicle de vida dels processos implicats pot donar resultats contradictoris amb les decisions que es volen establir pel que fa a l'energia o la sostenibilitat. La gestió conjunta dels diferents tipus de recursos permet, o hauria de permetre, reduir la pressió sobre els sistemes naturals.

En tot cas, hi ha una sèrie d'elements tangibles i intangibles que no admeten discussió ni consideracions de preu, com és l'abastament continu d'aigua potable i la seva relació amb la salut o la confiança necessària de la població en la qualitat i quantitat de l'abastament.

Pel que fa al sanejament, cal decidir si només recull les aigües residuals o també hi entren les aigües de pluja, o bé s'inclouen en el sistema dipòsits per a la regulació dels cabals recollits en episodis de pluja. Les xarxes de sanejament apareixen a partir d'un determinat nombre d'habitants, per al sanejament comunitari. La responsabilitat de la xarxa de sanejament «en baixa» és dels municipis, mentre que a partir dels col·lectors ja és d'instàncies superiors. Sempre cal controlar què entra en les xarxes de sanejament, ja que alguns contaminants com els metalls pesants no es poden eliminar posteriorment amb facilitat.

La qualitat de l'aigua residual en la xarxa pot variar segons la temperatura i el temps de residència, que depèn també dels volums vessats per període de temps. La xarxa de clavegueram i els sistemes de col·lectors condueixen l'aigua als sistemes de depuració o, en cas d'excés, al medi, mitjançant els sistemes de *bypass*.

## Depuració

La depuració d'aigües residuals, tant secundària com avançada (regeneració en el cas de la reutilització) forneix la matèria primera de la reutilització —l'aigua depurada i regenerada—, i ha de garantir-ne la qualitat. No obstant això, com que és un procés tecnològic cal comptar que durant una part del temps de funcionament, habitualment mínima, pot no donar els resultats esperats a causa del manteniment programat, fallades elèctriques o d'equips, etc. En aquest sentit, la fiabilitat del sistema ha de ser també un dels punts d'atenció en regeneració. També cal esperar que hi hagi tipus de depuració més fiables que d'altres.

De vegades es fa difícil esbrinar qui és el responsable de la depuració i de la regeneració, atès l'embolic legal entre propietari, Administració actuant, explotador..., de la depuradora.

La tecnologia actual permet obtenir qualsevol qualitat d'aigua a partir de l'aigua residual. La discussió se centra en el cost d'aquesta tecnologia i en el preu que es fa pagar al possible usuari, o en la conveniència o no de vessar al medi un recurs en el qual s'han invertit molts diners.

## Regeneració

El procés de regeneració, que es defineix com el tractament addicional que es dóna a un efluent d'aigua residual per tal que sigui apte per a ser reutilitzat, ha estat l'objecte de nombroses discussions, des de la qualitat que ha de generar, passant per les tecnologies que s'han de fer servir, i fins a qui l'ha de pagar. Entre altres problemes es poden destacar:

— Qui ha d'explotar la instal·lació de regeneració? L'usuari final, l'explotador de la depuradora, l'Administració actuant... No hi ha una solució màgica que faci content a tothom.

— Quin és el paper real de l'explotador? Cal que garanteixi la qualitat a la sortida del sistema de regeneració o en el punt d'ús? A qui ha de donar explicacions i a qui ha d'informar?

— Hi ha molts aspectes socials i econòmics que no resten prou clars en el moment present. Podem esmentar l'acceptació del producte final de la regeneració per part de l'usuari o dels implicats directament i indirectament.

— Cal que la regeneració garanteixi una qualitat de l'aigua que hauria de fixar la legislació, ja que aquest procés és en certa manera la darrera barrera tecnològica abans de l'usuari final.

— El dilema entre tecnologies dures i toves per a regenerar encara no s'ha aclarit satisfactòriament, encara que per a grans volums semblen més adients les tecnologies dures i per a volums reduïts, les toves.

— La desinfecció resta un dels punts febles dels processos de regeneració: tecnologia més adient, formació de subproductes, recreixement de patògens, indicadors de desinfecció per a virus i paràsits, preu, fiabilitat...

— No sembla que les tecnologies que s'empren actualment permetin una eliminació adient

de molts microcontaminants orgànics (per exemple, disruptors endocrins, molècules medicamentoses...), encara que sembla que les tecnologies naturals siguin més adients per a aquest fi.

## Reutilització

La reutilització amb totes les garanties sanitàries és un objectiu final de tothom que tracta aquest tema. No obstant això, sembla que els camins que propugnen els uns i els altres per a arribar-hi són diferents, si més no pel que fa a la qualitat desitjada de l'aigua per als diferents usos i a l'aplicació final o reutilització.

El procés de la reutilització demana encara molts estudis, com són:

— La determinació i quantificació de perills, ja siguin de tipus físic, químic o microbiològic, i l'anàlisi posterior de risc.

— L'impacte ambiental del procés complet de reutilització, incloent-hi tant els impactes positius com els negatius.

— La implantació d'estàndards de reutilització que siguin lògics i, de manera més avançada, de sistemes APPCC (Anàlisi de Perills i Punts de Control Crítics).

— L'anàlisi dels problemes socioeconòmics que implica la reutilització, des de l'acceptació pública (usuaris, implicats, altres actors) i per part de l'Administració del recurs, fins al cost i preu de la regeneració i reutilització.

— Com s'ha de traduir la voluntat política en processos reals de reutilització.

— El control de la dispersió real de l'aigua regenerada en aplicar-la.

## Gestió de la reutilització

La reutilització forma part del que es denomina *gestió integrada del cicle de l'aigua*, ja que, com hem dit, és bàsicament una eina de substitució de recursos hídrics convencionals de bona qualitat, o alternativament una manera de reduir o anul·lar els vessaments als medis hídrics.

La reutilització, que idealment és una eina perfecta per a augmentar recursos hídrics, promoure la sostenibilitat i augmentar la qualitat de les aigües, requereix no obstant això molta cura, ja que es treballa amb una matèria primera prou perillosa, com és l'aigua residual.

Malgrat el que s'està venent des dels mitjans de comunicació, que la reutilització és senzilla i que no hi ha problemes a aplicar-la, calen estudis i desenvolupaments complexos, que han anat apareixent com a necessaris en els darrers anys, gràcies a la millora de les eines analítiques i el coneixement dels perills i riscos associats a les pràctiques relacionades amb l'aigua.

Es requereixen en la reutilització:

— Eines integradores, que permetin considerar els tractaments de l'aigua (potabilització, depuració, regeneració) com un conjunt complementari i no com dos camps separats, el de les potables i el de les residuals.

— Autocontrol, per tal de seguir el corrent majoritari, que demana als productors que garanteixin els seus productes, en aquest cas l'aigua regenerada, amb un control suplementari per part de l'Administració. El concepte d'inspecció rutinària està desapareixent, substituït pel de responsabilitat del fabricant.

— Inspeccions, únicament com a eina de validació de l'autocontrol i no com a control rutinari.

— Legislació, que fixi les coordenades bàsiques que permetin als usuaris conèixer les regles del joc i no treballar de manera precària.

— Màrqueting, per vendre de manera adient el recurs i aconseguir que sigui acceptat pels usuaris i actors relacionats amb l'aigua regenerada.

— Fer desaparèixer els fonamentalismes que sovint impedeixen adoptar solucions lògiques.

En tot cas, cal una política de reutilització adient, continuada en el temps, que no depengui de les sequeres i que doni un suport real a la pràctica.

Queden un munt d'incògnites i preguntes que no estan resoltes, com són:

— Grans/petits usuaris. Les exigències que es preveuen en els sistemes de control i les garanties exigides semblen expulsar del mercat els petits usuaris, que no tenen els recursos tècnics ni financers adients per a la reutilització tal com es demana legalment. La constitució d'associacions d'usuaris o la presa de posicions per part de l'Administració, reclamant els cabals regenerats i distribuïnt-los, poden alleujar aquest problema, en el cas que no es pugui solucionar totalment.

— Economia. S'ha de definir exactament qui paga què i en quin grau, a part de poder fer servir el concepte de garantia d'abastament perquè els usuaris que la necessiten contribueixin a les despeses totals.

— Acceptació social, per tal de fer servir un recurs que té associat un cert perill, perfectament controlable però en certa manera desconegut i possiblement magnificat.

— Responsabilitats, per part dels qui han de decidir sobre la reutilització, des de la fase de planificació fins als controls posteriors. Cal emprar el principi de precaució, que desestima la inacció davant les necessitats socials.

— Nul·la acció legislativa a Espanya, almenys fins al moment present (març de 2007), que no permet fixar seriosament ni la ciència ni la tecnologia necessàries per al correcte desenvolupament de la reutilització al país.

## **Què es necessita?**

En reutilització, en el moment actual i a Espanya cal una empenta important en:

— Ciència. Els desenvolupaments actuals dels organismes internacionals, com l'Organització Mundial de la Salut, tenen en compte les anàlisis de risc, considerant els aspectes tant biològics com químics de la reutilització. El coneixement dels ecosistemes on va a parar l'aigua i el de les

possibles afectacions humanes és una eina imprescindible. Els conceptes de barrera sanitària, millor tecnologia a l'abast, anàlisi del cicle de vida, sistemes de suport a la decisió i altres eines poden permetre una millora clara en els resultats de la reutilització.

— Tecnologia. Cal aclarir quines són les tecnologies que permeten reduir considerablement el risc associat a la pràctica de la reutilització. Per exemple, és molt important en el moment present veure quines són les tecnologies amb capacitat per a eliminar de les aigües residuals molts dels contaminants (restes de medicaments i plaguicides, disruptors endocrins, subproductes de la desinfecció...) que resisteixen el pas per les tecnologies «clàssiques» de depuració.

— Sentit comú, per a adoptar solucions adients als problemes de la regeneració i reutilització, sense incórrer en fonamentalismes.

— Bona voluntat, per a aconseguir que tots els actors i interessats en la reutilització es posin d'acord en el que cal en termes de legislació, acceptació i reducció del risc associats a la pràctica.

### **Quins són els resultats?**

En qualsevol procés de regeneració i reutilització trobarem beneficis i perjudicis o problemes, és a dir, impactes positius i negatius. També cal dir que la reutilització es pot contemplar des de perspectives molt diferents, segons la motivació de l'interessat o actor. En la taula 1 es resumeixen aquestes consideracions.

La realitat, o el resultat, és que la reutilització ben planificada i executada permet augmentar els cabals d'aigua disponibles i adequar-ne la qualitat als usos, tot aconseguint reduir els impactes ambientals i sanitaris negatius. D'altra banda, la disponibilitat més gran d'aigua fa que els usuaris amb menys recursos econòmics tinguin accés a l'aigua. Dins el tema dels impactes positius, es pot esmentar que en reduir-se la pressió sobre els recursos naturals, els ecosistemes associats a l'aigua queden beneficiats.

Malgrat tot, la major part d'actuacions en el món de la reutilització a Espanya s'ha fet pràcticament sense planificació, per la qual cosa no s'han obtingut tots els beneficis esperables de la pràctica. Fins i tot, com que s'han fet sistemes de regeneració sense haver previst prèviament qui faria servir l'aigua, es poden trobar sistemes infrautilitzats o no utilitzats en absolut.

TAULA 1  
*La reutilització a Espanya, exemples de beneficis, problemes i perspectives  
des de diferents punts de vista*

<i>Ítem</i>	<i>Beneficis / Problemes detectats</i>	<i>Observacions / Perspectives de futur</i>
Economia	Augment de cabals disponibles.	Assolit un màxim relatiu de cabals en acabar-se de fer les depuradores mitjanes i grans.
	Reducció de l'ús de nutrients en sòls.	Estalvi en adobs; l'aigua residual distribueix els nutrients al llarg de l'any i fa que es redueixi la contaminació d'origen difús.
	Despeses analítiques.	Relacionades amb les demandes legals i l'aplicació de sistemes APPCC. Encareixen la reutilització.
	Càrrec de les despeses de depuració, regeneració i anàlisi.	No és clar qui les assumeix. Dificultats per als petits usuaris.
	Planificació.	No s'acostuma a planificar; les iniciatives han estat particulars. S'estan iniciant estudis de planificació en alguns llocs.
	Millora de la garantia de proveïment en usos diversos.	S'augmenten els cabals disponibles on hi ha prou població o indústria (generació d'aigua residual).
Aspectes socials	Acceptació del recurs i del canvi de recursos.	Cal invertir en estudis de mercat i fer sondejos/enquestes.
	Discussió entre autoritats implicades.	Sanitat/salut vs. agricultura. Manca d'acords sobre responsabilitats i qualitats.
	Manca de confiança dels usuaris.	No s'accepta fàcilment la substitució de recursos, per desconfiança en l'Administració.
	Intervenció d'associacions naturalistes.	Es poden fer desestimar solucions lògiques i òbvies.
	Millora dels beneficis en agricultors, indústria, etc.	Pas de regadiu a secà, garantia de recurs de qualitat constant.
Legislació/normativa	Manca de legislació.	Desenvolupament de sistemes d'anàlisi de perills. Estàndards alternatius per a agricultura, indústria, etc.
	Indicadors de qualitat poc eficients.	Calen indicadors de virus, paràsits, protozous i contaminació química que es puguin reflectir en els estàndards.
	Problemes en l'aprovació dels esquemes de reutilització.	Discussions entre les diferents administracions. Falta de voluntat política i dificultats en la presa de decisions.
Tecnologia	Tractament secundari.	Determinació i millora de la fiabilitat dels processos. Desenvolupament d'índexs de fiabilitat. Millora de l'eficiència energètica.



TAULA 1 (Continuació)  
 La reutilització a Espanya, exemples de beneficis, problemes i perspectives  
 des de diferents punts de vista

Ítem	Beneficis / Problemes detectats	Observacions / Perspectives de futur
	Tractament terciari.	Tot sovint és poc adient des del punt de vista tecnològic i de fiabilitat. Desenvolupament de tractaments adients per a contaminants emergents. Millora de l'eficiència energètica amb tractaments tous.
	Desinfecció.	Es recorre sistemàticament al clor gasós o hipoclorit. Desenvolupament de l'aplicació d'altres desinfectants.
Qualitat de l'aigua	Augment de la salinitat per usos i entrades d'aigua amb sal al clavegueram.	Reducció de la salinitat en origen. Implantació de sistemes de dessalinització.
	Adopció de sistemes APPCC.	Mesura preventiva. Fàcilment incorporable a grans instal·lacions. Cal buscar mètodes alternatius per a les petites instal·lacions o petits usuaris.
	Qualitat menor a la de l'aigua feta servir normalment.	Fa que determinats usuaris no acceptin el recurs alternatiu. Estudis per a adaptar la qualitat als usos.
Control de sistemes	Autocontrol.	Desenvolupament dels sistemes d'autocontrol en comptes de les inspeccions habituals.
	Noves eines de control.	Especialment útils per a la determinació de patògens i contaminants químics emergents. Determinacions toxicològiques i ecotoxicològiques.
	Eines preventives.	Aplicació dels sistemes APPCC.

## Ús de l'aigua regenerada

Per a què es fa servir l'aigua regenerada?

La resposta és teòricament múltiple, pràcticament per a tots els usos per als quals serveix l'aigua de «primera mà»; amb l'excepció dels usos potables, segons marquen la Llei d'aigües i el Reglament del domini públic hidràulic.

En la pràctica, hi ha usos que es poden denominar majoritaris, com el reg agrícola o de lleure, o bé la reutilització en refrigeració industrial. En la taula 2 es descriuen moltes de les possibilitats de reutilització.

## Ciència

La ciència, en reutilització, intervé en la definició dels processos de tractament en l'àmbit biològic o químic i en l'anàlisi, tant pel que fa a la química com a l'eficiència i transformació.

TAULA 2

Tipus de reutilització d'aigua regenerada i problemes o limitacions descrits

Possibilitats de reutilització de l'aigua regenerada	Problemes/Limitacions
<p>Reg d'agricultura i paisatge</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>— Conreus</li> <li>— Vivers comercials</li> <li>— Parcs</li> <li>— Patis d'escola</li> <li>— Mitjanes d'autopista</li> <li>— Camps de golf</li> <li>— Cementiris</li> <li>— Zones verdes</li> <li>— Zones residencials</li> <li>— Tallavents</li> <li>— Cinturons verds</li> </ul>	<p>(1) Contaminació d'aigües superficials i subterrànies si no hi ha una bona gestió.</p> <p>(2) Acceptació pública i venda de cultius.</p> <p>(3) Efectes de la qualitat de l'aigua, en especial de les sals, en sòls i conreus.</p> <p>(4) Problemes de salut pública relacionats amb els patògens (bacteris, virus i paràsits).</p> <p>(5) Ús per al control de la zona de reutilització, incloent-hi una zona amortidora.</p> <p>(6) Els costos poden ser molt alts.</p>
<p>Reciclat i reutilització industrial</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>— Aigua de refrigeració</li> <li>— Alimentació de calderes</li> <li>— Aigua de processos</li> <li>— Construcció pesant</li> <li>— Transport de materials</li> </ul>	<p>(1) Constituents de l'aigua regenerada que poden causar incrustació, corrosió, creixement biològic i <i>fouling</i>.</p> <p>(2) Problemes de salut pública, especialment transmissió d'aerosols mitjançant l'aigua de refrigeració.</p>
<p>Recàrrega d'aigües subterrànies</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>— Ompliment d'aqüífers</li> <li>— Control d'intrusió d'aigua salabrosa</li> <li>— Control de subsidència</li> <li>— Emmagatzematge de recursos</li> <li>— Transport de l'aigua</li> </ul>	<p>(1) Compostos químics en l'aigua regenerada i llurs efectes tòxics.</p> <p>(2) Sòlids totals dissolts, nitrats i patògens en l'aigua regenerada.</p>
<p>Usos de lleure/ambientals</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>— Llacs i estanys</li> <li>— Aigua per a marenys i zones humides</li> <li>— Augment de cabals de corrents i altres masses d'aigua</li> <li>— «Fabricació» de neu</li> <li>— Basses per a incendis forestals</li> <li>— Recuperació de sistemes naturals</li> </ul>	<p>(1) Problemes sanitaris derivats de bacteris i virus.</p> <p>(2) Eutrofització per nitrogen (N) i fòsfor (P) en l'aigua receptora.</p> <p>(3) Problemes per a la fauna i la flora salvatge.</p> <p>(4) Relació amb els aqüífers.</p>
<p>Generació d'organismes vius</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>— Aqüicultura (peixos)</li> <li>— Ramaderia convencional</li> <li>— Biomassa/fusta/farratge</li> <li>— Material de suport per a compostatge</li> <li>— Cultiu d'algues</li> <li>— Producció de biofuel</li> </ul>	<p>(1) Toxicitat per a la vida aquàtica, animals o vegetals conreats.</p> <p>(2) Toxicitats en organismes consumidors.</p> <p>(3) Límits d'espai.</p> <p>(4) Concentració d'organismes.</p>

TAULA 2 (Continuació)  
 Tipus de reutilització d'aigua regenerada i problemes o limitacions descrits

Possibilitats de reutilització de l'aigua regenerada	Problemes/Limitacions
Usos urbans — Lluita contra el foc — Aire condicionat — Neteja d'inodors — Neteja de vehicles — Neteja d'embarcacions — Neteja de carrers — Gestió de clavegueram	(1) <i>Legionella</i> en aparells de condicionament d'aire (amb aigua). (2) Aerosols. (3) Toxicitat i problemes sanitaris en peixos.
Reutilització potable — Mescla amb l'aigua convencional — Subministrament canonada a canonada	(1) Components de l'aigua regenerada, especialment compostos orgànics traça i llurs efectes tòxics. (2) Estètica i acceptació pública. (3) Problemes sanitaris de transmissió de patògens, especialment virus.
Usos diversos — Control de pols en obres — Control de pols en camins — Construcció	(1) Aerosolització. (2) Olor.

Nota: alguns usos es poden descriure en més d'un apartat, i per això hi ha certes repeticions en la taula.

També cal considerar els aspectes econòmics, socials i legislatius, que contribueixen en gran manera a l'èxit dels projectes de reutilització.

En àmbits més prosaics, cal fer recerca en força temes, dels quals podem destacar:

— La necessitat de tenir bons indicadors de qualitat biològica, química i ecològica. Pel que fa als indicadors biològics cal dir que s'ha treballat gairebé sempre amb indicadors de qualitat per a bacteris. Manca un bon indicador de presència de virus patògens, encara que sembla que es podran utilitzar per a aquest fi els bacteriòfags somàtics, i hi ha diversos patògens (*Giardia*, *Cryptosporidium*, nematodes...) dels quals s'han d'analitzar directament els quists, ooquists o ous, respectivament. Pel que fa a la química, l'anàlisi, encara que complexa, va progressant i fent-se més cara. A part dels paràmetres clàssics (DBO, DQO, CE, pH...) cada cop més s'analitzen contaminants més complexos, com són els disruptors endocrins, medicaments i les seves molècules de degradació, subproductes de la desinfecció i un llarg etcètera. També cal trobar maneres de mesurar la salut dels ecosistemes en relació amb el vessament directe o la reutilització de l'aigua residual; en aquest sentit, l'ecotoxicologia (i també la toxicologia) han entrat amb força en el món de la reutilització.

— Les eines analítiques, que han esdevingut prou importants en el món de la reutilització, i cada cop més es troben determinacions impensables fa tan sols un lustre; com a exemple men-

cionem l'anàlisi dels gens de resistència als antibiòtics. Les tecnologies de detecció de patògens, directament, fent servir la PCR, s'estan implantant amb força. La inquietud en aquest tema es deriva més del cost analític que de l'analítica pròpiament dita.

— Hi ha moltes eines que permeten, d'una banda, escollir les tecnologies més adients per a la regeneració de les aigües residuals (Sistemes de Suport a la Decisió, SSD); de l'altra, avaluar l'impacte sobre el medi abans de fer les instal·lacions i durant el seu ús (avaluació d'impacte ambiental i similars), i finalment avaluar els perills i riscos derivats de la reutilització (sistemes APPCC), entre d'altres.

— Els estudis socials, que d'una banda poden mesurar l'acceptació de les pràctiques de reutilització i de l'altra permeten millorar el coneixement del públic respecte a la pràctica. La participació en els processos de decisió i planificació és també una eina important en l'èxit de la reutilització i cal implantar-la en les primeres etapes de qualsevol sistema. L'usuari final s'ha de sentir considerat ja en l'inici del projecte si es pretén que faci servir l'aigua. En aquest sentit, cal implantar la política transversal de comunicació, com suggereix la UE.

— Cal que els científics col·laborin en els processos de formació en reutilització tant dels usuaris com dels propietaris, personal d'administració i interessats en general.

— L'economia de tot el procés és una eina clau en reutilització. No tan sols cal considerar els costos i preus d'infraestructures, operació i manteniment, sinó que també els d'anàlisi, formació i comunicació s'han d'incloure en els càlculs. Un problema no resolt en aquest sentit és qui ha de pagar les despeses associades a la reutilització.

— Finalment, no són menys importants tots els estudis sanitaris que tenen en compte l'impacte en forma de malalties sobre l'ésser humà. L'OMS (Organització Mundial de la Salut) ha renovat fa relativament poc (des del 2006) els criteris que mesuren aquest impacte, passant des de l'aproximació tipus estàndard fins a la mesura de malalties amb els DALY (Disability Adjusted Life Years). Aquesta aproximació s'està discutint actualment, però significa un canvi de paradigma, ja que fa una aproximació basada més en perills i riscos que en tecnologia de tractament.

## **Tecnologia**

Tecnològicament, la reutilització s'associa normalment als tractaments avançats de l'aigua residual, i es reserven les tecnologies més conegudes per a la depuració convencional o secundària. Això no és exactament així, i en l'actualitat s'estan introduint amb força en el mercat tecnologies complexes per als tractaments secundaris.

Recordem inicialment que es consideren dos tipus de tecnologies: les associades a la física i la química, i les relacionades amb els organismes. La classificació és, en certa manera, artificial, ja que no acostuma a haver-hi tecnologies «pures» que només facin servir mètodes físics, químics o biològics. D'altra banda, també es fa referència a les tecnologies dures o intenses, que

consumeixen comparativament força energia però ocupen poc espai, i les tecnologies toves o extensives, que, a l'inrevés, ocupen espai i fan servir energia natural, del sol i del vent.

Els desenvolupaments actuals pel que fa a la tecnologia són:

— Les tecnologies de membrana, ja sigui en sistemes secundaris (bioreactors de membrana o BRM/MBR) o per dessalació dels efluents (ultrafiltració, osmosi inversa i electrodiàlisi reversible). El gran avantatge d'aquestes tecnologies és que, a més d'eliminar sals i matèria orgànica - sòlids en suspensió, redueixen o eliminen els continguts de patògens, mesurats pel nombre d'indicadors.

— Els sistemes extensius combinats amb intensius o entre ells. S'ha pogut detectar que els sistemes de tractament amb temps de retenció hidràulica (TRH) curts no són capaços de degradar les molècules complexes, cosa que sí que succeeix amb els sistemes extensius, que tenen TRH de dies o setmanes. Fins i tot l'ús de sistemes naturals (sòl-planta o sòl-aqüífer, per exemple) pot contribuir a la millora de la qualitat de l'efluent en aquest sentit. La combinació de secundaris intensius i terciaris extensius pot ser una bona solució per a optimitzar els resultats.

— L'adaptació de les tecnologies existents a les petites comunitats. El cost de la depuració en petites comunitats és molt més alt que en les grans, per qüestions d'economia d'escala. Considerant que el nombre de comunitats petites és prou gran (més de 2.000 a Catalunya) en comparació amb els mitjans i grans sistemes de sanejament (uns 300 a Catalunya), cal fer una aproximació tecnològica que consideri la factibilitat d'aplicació econòmicament viable (sostenibilitat) als petits sistemes. Algunes tecnologies toves (llacunatges, zones humides construïdes/ZH, infiltració-percolació/IP) són adients, així com algunes d'intensives (biodiscs de nova generació, per exemple).

— Les tecnologies de desinfecció. És prou evident que la cloració d'efluents no és una solució òptima, si més no com a única tecnologia de desinfecció, ja que genera molts subproductes en reaccionar amb la matèria orgànica que inevitablement porta l'efluent, fins i tot el de millor qualitat. Cal implantar solucions alternatives, que poden ser des de l'ús de tecnologies secundàries que garanteixen un bon grau de desinfecció (llacunatges, ZH, IP, BRM...), i l'ús d'altres sistemes de desinfecció (diòxid de clor, radiació UV...), fins a la combinació de desinfectants.

— L'optimització de l'ús de l'energia. Un dels problemes de les administracions encarregades de la gestió del sanejament i especialment de la depuració a Espanya ha estat la factura energètica. Tradicionalment, la major part de depuradores a Espanya s'ha construït amb base en els llots activats. Es tracta d'un sistema prou conegut, però relativament obsolet tecnològicament, almenys en algunes de les seves aplicacions pràctiques, i que és un gran consumidor d'energia. També cal dir que algunes de les noves tecnologies, com les de membrana, fan servir molta energia, però generen un efluent de molta més qualitat. Calen estudis i recerca per a optimitzar el consum d'energia i intentar recórrer sempre que es pugui a tecnologies de baix consum d'energia convencional, com són les extensives.

— Els sistemes de transport de l'aigua regenerada. S'ha considerat que el transport d'aigua depurada és un inconvenient afegit a la depuració. No obstant això, hi ha alguns països amb dèficits de recursos hídrics que arriben a transportar aquestes aigües a desenes de quilòmetres,

com és el cas d'Israel o, fins i tot, a Espanya, les Illes Canàries. En la gestió integrada dels recursos hídrics, el transport d'aigua regenerada és una bona opció per a redistribuir el recurs pel territori, especialment cap a aquelles zones on no hi ha possibilitats de dessalinització. Cal treballar amb mètodes econòmics, com l'ACV (anàlisi del cicle de vida), per a determinar la factibilitat econòmica d'aquesta proposta.

— L'ús d'eines de suport a la decisió (desenvolupament científic) per a escollir la millor tecnologia/tècnica a l'abast (MTA, BAT en anglès).

— L'establiment de tècniques d'aplicació de l'aigua residual que redueixin els riscos associats a la pràctica. En aquest sentit, per exemple, s'estan fent servir els sistemes de reg localitzat, encara que sense considerar excessivament els problemes de salinització dels sòls que poden implicar.

— L'estudi de problemes associats explícitament a determinades reutilitzacions, com és la refrigeració industrial amb torres o altres artefactes que creen problemes sanitaris, especialment els derivats de la presència de *Legionella*.

Fins al moment present, no hi ha hagut gaire complicitat entre científics/tecnòlegs que es dediquen a la recerca i empreses, el que comunament es coneix com a transferència de tecnologia entre les universitats i centres de recerca i les empreses. No obstant això, es tracta d'un mal relativament comú arreu, que fins i tot s'ha detectat en els projectes finançats per la DG de Recerca de la Unió Europea i que s'intenta reconduir en el 7è Programa Marc de Recerca i en els projectes finançats per l'Estat espanyol.

## Aspectes socials

No deixa de sorprendre la discussió i els inconvenients que genera en la societat espanyola actual la reutilització d'aigua residual:

— d'una banda, quan es comenta que encara hi ha llocs on es reguen els conreus amb aigua residual sense tractar hi ha escàndols;

— i de l'altra, es detecta una resistència a reutilitzar l'aigua regenerada al mateix temps que s'exigeix seguretat d'abastament. Les contradiccions aparents i no tant en aquesta pràctica han estat fins i tot l'objecte d'estudis sociològics.

El que finalment és cert, és que no podem separar la reutilització de la societat que l'ha de fer servir (ciència de la comunicació/interdisciplinarietat).

Les excuses per al refús són de tot tipus, incloses les sanitàries, agronòmiques, de cabals i ecologistes, des de l'Administració i des de les associacions o entitats no governamentals. Només des d'una primera aproximació, i sense ser, en aquest cas, massa correctes tècnicament i científicament, únicament posant en el paper els motius adduïts, podem indicar com a causes habituals de refús:

— El contingut en coliformes fecals o *E. coli* (que són indicadors i no patògens).

- El contingut en microcontaminants orgànics (i els que porta el Llobregat?).
  - Els cabals mínims: si es reutilitza aigües amunt, els rius no tindran peixos (i l'aroni?).
- A més a més, hi hauria d'haver molts rius secs a l'estiu a Catalunya.
- Afecta els sòls i conreus per la salinitat (i l'aigua de molts rius?).
  - No vendrem els nostres productes a Europa (i els que vénen d'altres països que reguen amb aigua sense depurar i amb condicions higièniques molt més dolentes que les nostres?).
  - Hi ha molta burocràcia (absolutament cert).
  - Es demanen molts controls (també és cert, i a més a més són cars i només donen dades històriques).

És també ben cert que no hi ha una bona política de comunicació que hagi estat capaç de comunicar els avantatges i inconvenients de la reutilització i crear-ne una imatge positiva. Addicionalment, hi ha hagut successius decrets de sequera que han donat una imatge d'intentar forçar la reutilització des de l'Administració. Aquest ha estat el cas per exemple al Baix Llobregat, on s'ha intentat substituir aigua de riu amb una certa salinitat per aigua regenerada amb més salinitat, sense èxit.

També cal comentar que ja fa molts anys que des de les més altes instàncies de l'Estat es parla que cal reutilitzar i que ara sí que es donarà un impuls definitiu a aquesta pràctica. La realitat és que, mentre hi ha sequeres, hi ha diners per a recerca i per a preparar obres i tractaments i, teòricament, impulsar la pràctica, mentre que, quan plou, els diners desapareixen misteriosament. No hi ha hagut en els darrers decennis una política de suport continuada, fet que queda provat per la manca de legislació estatal des de la promulgació de la Llei d'aigües de 1985, que ja establia que el «Gobierno» s'havia de preocupar per desenvolupar la normativa de reutilització. El març de 2007, encara no ha aparegut, més de vint anys més tard.

Per aquesta circumstància, algunes comunitats autònomes han desenvolupat criteris propis, ja sigui des de Sanitat/Salut o Medi Ambient. Les Illes Balears, Catalunya i Andalusia van emprendre aquesta via l'any 1992.

Malgrat tot el que s'ha dit, hi ha algunes iniciatives privades i públiques que cal destacar, com poden ser (sense intentar ser excloents de cap manera), a Catalunya:

- La comunitat de regants del Molinet, a Reus, que ja el 1932 reutilitzava aigua residual i que encara ho fa mitjançant una comunitat de regants.
- El Consorci de la Costa Brava, que ha potenciat la reutilització per a usos diversos dins la seva zona de competència. Ha emprès iniciatives prou pioneres i importants, encara que les seves instal·lacions estan en algun cas infrautilitzades, potser per la manca en algun cas d'iniciatives de participació pública abans de construir les instal·lacions.
- El Consorci per a la Defensa de la Conca del Riu Besòs, que té un acord amb la Universitat de Barcelona per a desenvolupar la planificació de la reutilització en l'àrea de la seva competència.
- L'Àrea Metropolitana de Barcelona, que ha impulsat el gran projecte de reutilització associat a Depurbaix, la depuradora del sud de Barcelona, que preveu els usos per a recàrrega de

l'aqüífer contra la intrusió, manteniment de zones humides, augment de cabals del riu Llobregat i reg agrícola, entre d'altres.

— La Diputació de Barcelona, que gestiona els tractaments terciaris de la depuradora de Montcada per millorar la qualitat de l'aigua del Besòs en el tram final del riu.

— L'Ajuntament de Sabadell, que fa servir l'aigua residual per a recàrrega d'un aqüífer a través d'un riu. Després l'aigua es recupera.

— Molts camps de golf, que s'han vist en certa manera obligats per una qüestió d'imatge i pels successius decrets de sequera a reutilitzar aigua. A part d'algun fracàs sonat, per mala implantació de tecnologia, és un dels usos amb més futur si la pressió ecologista ho permet.

A Catalunya cal mencionar ocasionalment una certa lentitud administrativa en la concessió de permisos.

La formació hauria de ser imprescindible en relació amb la reutilització. Cal dissenyar programes de formació des de l'usuari fins als funcionaris de l'Administració. En general, es podria dir que hi ha un cert grau d'amateurisme en molts dels actors o interessats en la reutilització. Es pot plantejar la implantació d'un carnet de manipulador o d'algun sistema semblant a nivell d'usuari i sistemes de formació continuada en altres nivells.

## Pràctica real

En intentar aplicar la reutilització realment, es detecten molts problemes i cal deixar alguns punts clars, com són:

— Una certa complicació global, en nom de la seguretat i de la burocràcia.

— La manca d'un referent legal que permeti al possible usuari saber «a què juga» en reutilitzar. Això és especialment dur per a alguns usuaris que no tenen cap altre recurs, perquè no existeix o perquè estan obligats a usar-lo.

— Un cert excés d'exigència per part d'alguns possibles usuaris, causat molt probablement per desconeixement.

— No és clar qui ha d'assumir els costos. Hi ha una certa resistència a assumir-los, especialment si l'usuari disposava d'altres recursos a cost zero o pràcticament.

— Cal implantar un codi de bones pràctiques d'ús de l'aigua per a cada tipus de cas, per tal de reduir indirectament el risc associat a les pràctiques.

— No s'ha integrat la reutilització en la gestió integrada dels recursos pel que fa a la conca.

— Hi ha discussions entre les diferents administracions implicades (Salut o Sanitat, Medi Ambient, Agricultura, Indústria...), és a dir, no s'observa una política comuna pel que fa a la reutilització.

— En teoria, l'administració de l'aigua hauria d'exercir de finestra única i coordinar totes les iniciatives; en la pràctica es poden observar iniciatives de tot tipus i des de tots els nivells.



— La reutilització s'ha fomentat des de la iniciativa privada més que per planificació des de l'Administració.

— Cal tenir molt clar que, per llei, la darrera paraula sobre una autorització la té l'Administració sanitària.

## Discussió

La veritat del que succeeix en reutilització i les causes exactes dels punts forts i febles són molt difícils d'esbrinar, però passen per uns quants punts més o menys certs, com:

— No hi ha normes.

— Una autorització pot tardar més de dos anys.

— No se sap qui paga tractaments i anàlisis.

— Qui fa/ha de fer els controls analítics?

— Els petits usuaris poden tenir problemes seriosos.

— L'aigua sense tractar fa que els conreus creixin molt bé.

— Molts rius van plens d'aigua residual, i fins i tot no durien aigua si no hi hagués vessaments.

— Els diversos intents legislatius han estat molt complicats de discutir i implantar.

— S'han pogut detectar casos en què l'aigua s'utilitza sense tractar, fins i tot extraient-la del sistema de sanejament.

— Sovint l'aigua dels rius és de pitjor qualitat que la regenerada.

— Malgrat que hi hagi equips universitaris treballant en el tema des de l'any 1975, hi ha hagut molt poca transferència real dels investigadors als usuaris. Caldria esbrinar-ne les causes.

— No sempre s'implanten les millors tecnologies disponibles per a la regeneració, per causes molt diverses.

En aquests moments sembla haver-hi una tendència a implantar sistemes d'autocontrol, encara que no queda massa clar com es pot fer en la realitat.

La realitat és que es fa servir un percentatge molt petit de l'aigua depurada, i la que es fa servir és amb problemes:

— sanitaris

— socials

— burocràtics

— tècnics/tecnològics

— econòmics.

Diguin el que diguin, la reutilització no és la panacea per a la manca d'aigua, però pot ajudar a la gestió integrada dels recursos d'aigua a Espanya si s'accepta i s'implanta realment.

El potencial de reutilització a Espanya, i a Catalunya, és prou gran i amb facilitat podria arribar a multiplicar-se quatre o cinc vegades en poc temps en el vessant mediterrani i en les illes (Canàries i Balears), sempre que hi hagi voluntat política.

## Conclusions en forma de preguntes

- Hi ha realment una voluntat política de reutilitzar?
- Quina relació hi ha entre dessalinització, energia i reutilització?
- Quin potencial per a reutilitzar hi ha realment?
- Qui són els opositors a la reutilització?
- Qui són els interessats a reutilitzar?

De tota manera, de ben segur que els científics i tecnòlegs han embolicat molt la reutilització.