

Resum

Les malalties infeccioses transmeses a través de l'aigua tenen una importància capital als països en fase de desenvolupament, però molt menor als països industrialitzats. Entre els microorganismes causants de malalties n'hi ha d'autòctons, com la *Legionella*, però la gran majoria són conseqüència de la contaminació fecal. Entre aquests trobem virus, bacteris i protozous paràsits; alguns afecten només l'home mentre que d'altres són zoonòtics. Els riscos lligats a microorganismes d'origen fecal a l'aigua estan relativament ben avaluats i es disposa de regulacions actualitzades per a protegir els consumidors. La globalització, la necessitat de reutilització, els patògens emergents i els avenços en coneixement bàsic fan preveure algunes novetats en les regulacions en un futur no gaire llunyà. A Catalunya, bona part de l'aigua d'abastament és d'origen superficial amb una qualitat microbiològica pobre. Tractaments de potabilització complexos fan que la qualitat de l'aigua d'aixeta tingui una qualitat microbiològica en general prou acceptable. Les dades epidemiològiques de malalties transmeses per l'aigua són relativament semblants a les dels països del nostre entorn europeu.

Abstract

Waterborne infectious diseases have a great importance in developing countries, whereas they barely have an effect on industrialized countries. Among the microorganisms responsible for diseases we find those that are autochthonous, such as *Legionella*, but the great majority of them are due to the faecal contamination. Among them we find viruses, bacteria and protozoa; some present a risk only to humans, whereas other are zoonotic. The risks that imply faecal microorganisms in water are fairly well assessed and there are updated laws to protect consumers. Globalization, the need to reuse water, emerging pathogens and new developments in basic knowledge will likely promote in the near future some changes in laws. In Catalonia an important percentage of supply water is surface water and its microbiological quality is very poor. Complex purification treatments are regularly needed to guarantee a fairly acceptable

microbiological quality of tap water. It has been shown that epidemiological data of waterborne diseases in this region are relatively similar to those of Western Europe.

Introducció

L'aigua adequada per al consum humà, o aigua potable, és una necessitat bàsica per a la supervivència, la salut i la dignitat de totes les persones. Recentment, el Comitè de Drets Econòmics, Culturals i Socials de les Nacions Unides ha inclòs l'aigua com un més dels drets humans. Però es calcula que encara hi ha uns 1.700 milions de persones que encara no disposen d'aigua potable.

La mesura exacta dels problemes de salut que representa per a la població la mala qualitat de l'aigua és complexa, ja que alguns dels efectes són de mal detectar i alguns també poden ser causats per altres agents o vies. Considerant només una de les manifestacions més fàcilment observables, les gastroenteritis agudes, es calcula que els 5.200 milions d'habitants dels països en fase de desenvolupament tenen uns deu episodis de gastroenteritis l'any, que costen uns 2.200.000 morts l'any. Aquestes morts corresponen principalment a infants. Entre un 5 i un 10 % d'aquestes gastroenteritis i morts serien directament causades per l'aigua. Als països industrialitzats el nombre d'episodis de gastroenteritis és d'un cada dos anys per habitant, la qual cosa dóna uns 750 milions d'episodis de gastroenteritis l'any. D'aquests, entre un 2,5 i un 5,0 % serien causats per l'aigua amb una mortalitat molt inferior a la que es dóna als països en fase de desenvolupament. Pel que fa a altres infeccions amb efectes diferents a gastroenteritis, com per exemple les hepatitis A i E, les dades disponibles són molt incompletes.

A Catalunya ens trobem entre el col·lectiu que gaudeix d'aigua potable i amb baixa incidència de problemes causats pel seu consum. Com a la resta de països desenvolupats, es donen algunes circumstàncies, com l'augment del consum d'aigua *per capita*, l'augment del nombre de consumidors, l'augment de la capacitat de contaminar i l'envelliment de les infraestructures, que fan preveure alguns problemes afegits en el futur immediat.

En aquest context intentarem donar una ullada a la *qualitat microbiològica de l'aigua*, descartant aspectes de qualitat microbiològica de l'aigua no relacionats amb l'aigua potable, com per exemple l'aigua de bany, o l'aigua de reg agrícola o de cultiu de marisc.

Microorganismes a l'aigua de consum

Patògens

Entre els microorganismes patògens, o capaços de produir una malaltia infecciosa, tenen una importància especial aquells que segueixen la via de transmissió fecal-oral. Aquest tipus de

microorganismes no acostumen a multiplicar-se a l'aigua. Pràcticament tots, a més de transmetre's per l'aigua, també ho fan pels aliments i pel contacte entre les persones.

Els microorganismes d'interès sanitari pertanyen a quatre grans grups: virus, bacteris, protozous paràsits i metazous paràsits (principalment helmints). A la taula 1 n'assenyalem els més importants. Els microorganismes descrits a la taula 1 varien quant a dosi infecciosa. En general fan falta concentracions de diverses unitats logarítmiques per a iniciar les infeccions bacterianes i molt més baixes per a iniciar infeccions per virus i protozous. En aquests, les dosis infeccioses poden estar entre un i deu microorganismes.

TAULA 1
Patògens transmesos per aigua més freqüents

Bacteris	Virus	Protozous
<i>Salmonella typhi</i> i no-typhi	Picornavirus	<i>Giardia lamblia</i>
<i>Yersinia</i>	HAV	<i>Cryptosporidium parvum</i>
<i>Campylobacter jejuni</i>	Poliovirus	<i>Cyclospora cayetanensis</i>
<i>Vibrio cholerae</i>	Coxsackievirus	<i>Entamoeba histolytica</i>
<i>Shigella</i>	Adenovirus	
<i>E. coli</i> enteropatogèniques	Norovirus i sapovirus	
<i>Aeromonas</i>	Virus de l'hepatitis E	
<i>Plesiomonas</i>	Rotavirus	
	Astrovirus	

També els diferents grups de microorganismes difereixen molt pel que fa a resistència a factors inactivadors, sien els naturals, en aquest cas propis del medi aquàtic, o els introduïts per l'home en els processos de tractament i desinfecció de l'aigua.

Els patògens més rellevants són diferents en diferents zones geogràfiques. També han variat amb el temps. Depèn de les condicions epidemiològiques de la població humana i animal. Així, per exemple, en el nostre entorn la *Salmonella typhi*, molt important en temps no gaire llunyans, quasi ha desaparegut. En canvi han augmentat notablement la *Salmonella enteritidis* i l'*Escherichia coli* O157:H7. També han variat els virus. Així, cada cop hi ha menys virus de l'hepatitis A i hi ha més norovirus (per exemple, el virus de Norwalk). Als països del nostre entorn han desaparegut els helmints com a problema lligat a l'aigua i en canvi ha aparegut el protozou *Cryptosporidium*. En els darrers anys es parla molt d'infeccions emergents, que són aquelles que o no existien o no s'havien detectat, i de les reemergents, que són aquelles que es creia que estaven superades i que apareixen de nou. Per exemple, alguns dels patògens que més ens preocupen actualment, com el *Campylobacter jejuni*, l'*E. coli* O157:H7 i el *Cryptosporidium*, no havien estat reconeguts com a transmesos per l'aigua fins fa uns quinze o vint anys, o ni tan sols sabíem que l'*Helicobacter pylori* fos l'agent causal de l'úlcer de duodè i d'estómac o que la toxoplasmosi es pogués contreure per la ingestió d'aigua contaminada. Entre els problemes emergents també s'han assenyalat els prions, com per exemple l'encefalopatia espongiforme

bovina (BSE), però no coneixem cap prova experimental ni hi ha cap evidència epidemiològica que els prions es transmetin per l'aigua.

Cal mencionar uns quants bacteris que són habitants normals del medi aquàtic i que, introduïts en alguns sistemes de distribució, o en alguns circuits tancats, poden multiplicar-se si hi troben les condicions per a fer-ho i poden causar problemes. El cas més conegut és el de la *Legionella pneumophila*, agent causal d'una forma atípica de pneumònia, que es transmet per aerosols generats en sistemes de refrigeració o dutxes. No cal oblidar tampoc els micobacteris no tuberculosos de creixement lent, dits micobacteris atípics, i tal vegada la *Pseudomonas aeruginosa*, que poden formar biopel·lícules en material d'ús mèdic, com, per exemple, equipaments de diàlisi.

Alguns cianobacteris autòctons d'aigües superficials produeixen toxines que, en cas de grans brotades (*blooms*), n'hi ha en quantitat suficient per a causar problemes a l'aigua de consum humà. L'exemple més ben conegut és el de la *Microcystis aeruginosa* i les toxines que produeixen, denominades *microcistines*.

No patògens

A l'aigua també hi trobem molts microorganismes no patògens que o bé formen part de la microbiota del medi aquàtic o bé provenen de la contaminació —per exemple, per les excretes—, però que no són patògens o que almenys no ho són per la via oral. Molts d'aquests microorganismes s'utilitzen com a indicadors per a valorar la qualitat de l'aigua, ja que tenen orígens semblants als patògens, n'hi ha més i es poden detectar més fàcilment. Alguns d'aquests grups de microorganismes indicadors no tenen valor taxonòmic i són definits per tècniques de detecció i enumeració; d'altres, en canvi, corresponen a microorganismes d'una espècie o gènere determinats. Entre els primers trobem: bacteris heteròtrofs totals crescuts a 22 °C i a 37 °C; coliformes totals, coliformes fecals, estreptococs fecals, espores de clostridis reductors de sulfit, bacteriòfags (colífags somàtics, bacteriòfags F-específics d'ARN i bacteriòfags de *Bacteroides fragilis*). Entre els segons només l'*Escherichia coli*, l'*Enterococcus* ssp i el *Clostridium perfringens*.

Hi ha alguns microorganismes autòctons de les aigües dolces, com per exemple els actinobacteris productors de geosmina, que produeixen molècules que degraden la qualitat organolèptica de l'aigua.

Procedència dels microorganismes que trobem a l'aigua

Autòctons

La *Microcystis aeruginosa*, les *Pseudomonas* ssp, la *Legionella pneumophila*, algunes espècies d'*Aeromonas* o els actinobacteris productors de geosmina són autòctons, si bé la presència i les densitats d'aquests bacteris es poden veure afectades per l'activitat de l'home.

Provinents de la contaminació

Uns altres microorganismes presents a l'aigua són al·lòctons, i és com a conseqüència directa de la contaminació, ja sigui per rentat de la superfície del sòl o per abocament directe d'aigües contaminades. Interessen aquells que procedeixen de les femtes humanes i animals. Els microorganismes presents a les aigües residuals municipals (o a les fosses sèptiques) són un bon reflex d'allò que s'aporta per aquesta via, i el que trobem a les aigües residuals d'escorxador (o als purins) és un bon exemple d'allò que aporten els animals. És molt difícil de precisar l'aportació de la fauna silvestre.

Com hem esmentat abans, els patògens aportats per les femtes humanes i animals depenen de l'estat sanitari de les poblacions humanes i animals. Tret d'unes poques excepcions, com per exemple la *Salmonella typhi*, el *Vibrio cholerae* i alguns virus, la majoria de patògens de transmissió lligada a l'aigua es troben tant en restes fecals humanes com en animals. En general les prevalències dels diferents patògens a les aigües residuals municipals a Catalunya són semblants a les que trobem en països industrialitzats del nostre entorn (1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14).

En canvi els nombres de la majoria de microorganismes indicadors a les aigües residuals són molt semblants independentment de l'origen humà o animal de la contaminació fecal i també similars en diferents indrets del planeta. A la taula 2, s'inclouen algunes dades de les densitats de microorganismes indicadors d'aigües residuals municipals i d'animals a Catalunya i Europa. La determinació de l'origen de la contaminació microbiològica de les aigües té un gran interès

TAULA 2

Densitats mitjanes d'alguns indicadors microbiològics (unitats formadores de colònia per 100 mL) i químics (mg/g) en aigües residuals municipals (algunes corresponen a hospitals) i d'escorxadors

<i>Indicador</i>	<i>Aigües residuals municipals</i>	<i>Aigües residuals d'escorxador</i>
Coliformes fecals	$8,3 \times 10^6$	$2,1 \times 10^7$
Enterococs fecals	$8,7 \times 10^5$	$1,9 \times 10^6$
Espores de clostridis		
Reductors de sulfit	$1,1 \times 10^5$	$1,4 \times 10^5$
Colífags somàtics	$1,0 \times 10^6$	$4,8 \times 10^6$
Bacteriòfags ARN		
F-específics	$1,9 \times 10^5$	$9,3 \times 10^4$
Bacteriòfags de <i>Bacteroides tethaiaomicron</i>	$1,4 \times 10^4$	$1,4 \times 10$
Coprostanol	1.456	373
Etilcoprostanol	1.164	3.826
Epicoprostanol	1.225	3.072
Colestanol	1.978	486

FONT: Blanch *et al.* (15).

en la gestió dels recursos hídrics. Alguns bacteriòfags, alguns bacteris anaerobis, alguns virus humans i algunes molècules químiques (per exemple alguns esterols fecals) podrien servir per a la diferenciació (15).

Originats durant la distribució

Alguns bacteris, com les *Legionella*, les *Pseudomonas*, les *Aeromonas* i els *Mycobacterium* atípics (no causants de tuberculosi), poden incrementar els seus nombres a les xarxes de distribució.

Problemes causats per microorganismes presents a l'aigua

Problemes organolèptics

Es denominen *caràcters organolèptics de l'aigua* aquells que poden ser percebuts mitjançant els sentits. Inclouen el color, la torbesa, el gust, l'olor i també la temperatura. L'efecte més important dels microorganismes en la qualitat organolèptica de l'aigua és en l'olor. La geosmina produïda per actinomicets o el metilisoborneol produït per cianobacteris en són els més importants.

Problemes de salut

Els microorganismes causen efectes fàcilment apreciables i observables a curt termini (gastroenteritis, hepatitis, etc.), a diferència dels contaminants químics, que solen donar efectes a llarg termini com a conseqüència de processos acumulatius.

Riscos per a la salut deguts al consum d'aigua

Una gran proporció de les infeccions adquirides a través de l'aigua es donen en forma de casos esporàdics fora dels brots epidèmics (16) i solen passar desapercebudes. Però alguns estudis pioners realitzats al Canadà per Payment conclouen que d'un 14 a un 40 % de casos d'afeccions gastrointestinals podien ser atribuïbles a aigües de distribució. Aquests estudis van ser molt criticats i acusats d'esbiaixats, ja que els grups enquestats no eren veritables grups cecs i això podria haver afectat els resultats. Dades recents obtingudes als EUA confirmarien les conclusions de Payment, però unes altres obtingudes a Austràlia indiquen que el consum d'aigua de distribució té poca incidència en les afeccions gastrointestinals (17). No hi ha dubte que aquesta és una àrea d'estudi que reclama un esforç major.

La contribució total dels microorganismes presents a l'aigua a les infeccions causades per l'aigua és molt difícil de determinar, però en podem fer una estimació aproximada. En general,

s'accepta que als països industrialitzats les infeccions lligades a l'aigua són més nombroses del que es pensava i, en canvi, les morts són inferiors del que s'havia estimat fins ara (18). Als països industrialitzats, i per tant a Catalunya, al voltant d'un 5 % de les gastroenteritis són degudes a infeccions per aigua. De les mortalitats degudes a gastroenteritis, un 0,005 % del total de gastroenteritis —al voltant del 2,5 %— serien degudes a transmissió per aigua. A Catalunya, considerant un episodi de gastroenteritis per habitant cada dos anys, caldria esperar entre 150.000 i 300.000 casos de gastroenteritis l'any deguts a l'aigua, amb un nombre de morts d'un cada tres o quatre anys.

Determinació dels llindars en les densitats de microorganismes per a prevenir riscos acceptables

Així com els efectes per a la salut lligats a productes químics es deriven d'un efecte acumulatiu, aquest no és el cas dels microorganismes. En general, cada cop que s'ingereixen és un problema diferent. Les dosis infeccioses de diferents patògens són molt variables. Malgrat les millores aportades pels mètodes moleculars, no es disposa encara de mètodes per a detectar i enumerar patògens d'una manera efectiva. La idea és que en aigua potable no hi ha d'haver patògens. Aquesta absència s'intenta garantir en mantenir per sota d'uns llindars les concentracions de diversos microorganismes indicadors. Seguint el criteri de panels d'experts es pensava que mantenir els indicadors per sota dels llindars garantia l'absència de patògens. Avui sabem que no és així i que el concepte *absència de tots* és molt poc concret. S'estan desenvolupant alguns models matemàtics per a quantificar els riscos associats a la presència de cada patògen en particular (19) i en el futur segur que s'adaptarà la legislació d'acord amb els riscos que es considerin acceptables.

La perillositat dels microorganismes versus la perillositat dels productes químics

S'ha fet alguns estudis teòrics comparatius entre els riscos microbiològics i els riscos derivats dels productes de desinfecció, per les implicacions que això té en les polítiques sanitàries. Segons Regli i col·laboradors (20), en el conjunt del planeta, el risc de mort a causa dels patògens és, com a mínim, de cent a mil vegades més gran que el risc de càncer causat per productes de desinfecció, o el risc d'emmalaltir per infecció és de deu mil a un milió de vegades més gran que el risc de càncer causat pels subproductes de la desinfecció.

Havelaar i col·laboradors (21) han estimat que els efectes protectors de la desinfecció per ozó sobre les infeccions produïdes pel *Campylobacter* són set-centes vegades més grans que el risc de càncer renal causat pels bromats originats durant l'ozonització.

Legislació referent a la qualitat d'aigua de consum

La necessitat de garantir el subministrament d'aigua segura per al consumidor va fer que, des de ja fa més de cent anys, s'elaboressin diferents directives per a garantir la qualitat de l'aigua. Actualment tenim dues directives d'aplicació obligatòria a Europa, i, per tant, a Espanya i a Catalunya, que fan referència a aigües de consum humà en què hi ha requeriments de qualitat microbiològica.

Qualitat de les aigües superficials destinades a producció d'aigua potable

El Reial decret 1138/1990 es refereix a la qualitat de les aigües superficials destinades a la producció d'aigua potable. D'acord amb la Directiva marc 2000/60 CE de política d'aigües de la Unió Europea, aquesta norma queda derogada a la fi del 2007. No és clar a hores d'ara com serà coberta aquesta part de la legislació. El Reial decret estableix tres categories d'aigua en funció de la qualitat, incloent-hi la qualitat microbiològica. De més a menys neta les categories són A1, A2 i A3. Atenent als coliformes fecals, que és l'indicador de què es disposa de més dades en aigües a Catalunya, la categoria A1 fixa un màxim de 50 per 100 mL; l'A2, de 2.000, i l'A3, de 20.000. La norma estableix els tractaments a què cal sotmetre els diferents tipus d'aigua, que són de complexitat creixent des d'A1 fins a A3. Aquelles aigües de captació de tipus A3, a més de tractaments complexos, requereixen un permís especial per a poder ser potabilitzades.

Qualitat de les aigües de consum humà

Amb data de 21 de febrer de 2003 ha estat publicat el Reial decret 140/2003 de 7 de febrer, que és la transposició a la legislació espanyola de la Directiva de la Unió Europea (98/83/CE). Substitueix el Reial decret 1138/1990, vigent fins al moment. Desapareixen alguns paràmetres, com coliformes fecals, estreptococs fecals o espores de clostridis reductors de sulfits, i n'apareixen de nous i més específics, com l'*Escherichia coli*, els *Enterococcus* ssp. i el *Clostridium perfringens*.

Situació a Catalunya

Delimitarem l'estudi a aigües que arriben al consumidor per xarxa de distribució, i que per tant haurien de tenir algun tipus de control, i presentarem l'estudi amb la seqüència següent: recursos d'aigua, tractaments a què són sotmeses les aigües, aigües de xarxa i efectes contrastats sobre la salut.

Qualitat microbiològica dels recursos d'aigua

Entenem per recursos d'aigua aquella aigua de què les entitats distribuïdores disposen per a subministrar a la població. Els recursos consumits a Catalunya, entre 1 i 1,5 milions de m³ diaris, corresponen en un 80 %, aproximadament, a aigües superficials i la resta a aigües subterrànies. Si considerem les xarxes, les que es proveeixen d'aigües subterrànies són la majoria. Aquesta aparent paradoxa és deguda al fet que el subministrament a les ciutats de més de cinquanta mil habitants, que recullen una gran part de la població de Catalunya, es proveeixen preferentment d'aigua d'origen superficial. Altres opcions com l'aigua dessalada són de moment testimoniales.

Pel que fa a la qualitat microbiològica dels recursos d'aigua, les dades disponibles són molt disperses i difícilment comparables. Pel que fa a aigües superficials, valors d'entre mil i deu mil coliformes fecals per 100 mL d'aigua són freqüents als cursos alts i mitjans de rius com el Ter (22, 23), el Llobregat (22, 24) o el Segre després de rebre les aigües del Valira (25). Els valors de coliformes fecals als cursos baixos poden superar clarament els vint mil per 100 mL (24). Els embassaments tenen un efecte d'autodepuració molt important (22, 23). Així, per exemple, la sèrie d'embassaments Sau, Susqueda i el Pasteral al Ter aconseguen una reducció del 99,9 % en el nombre de coliformes fecals. En alguns embassaments de diferents rius de Catalunya (Boadella, la Baells, Sant Ponç, Ciurana, Camarasa, Sant Antoni) analitzats —ja que es consideren com a zones de bany— els nombres de coliformes fecals són sempre inferiors a dos mil per 100 mL i molt freqüentment són inferiors a 100 (<http://www.gencat.net/aca/cat/principal.htm>). Pel que fa a aigües superficials, doncs, la gran majoria dels recursos és de tipus A2 i A3 establerts al Reial decret 1138/1990. Comparant la qualitat microbiològica amb altres paràmetres, com l'índex simplificat de qualitat d'aigua (ISQA) i l'amoní, que són utilitzats, entre altres paràmetres, per l'Agència Catalana de l'Aigua per a qualificar les aigües superficials (<http://www.gencat.net/aca/cat/principal.htm>), es pot observar que en general la qualitat microbiològica és significativament menor que la qualitat indicada pels altres paràmetres. El riu Valira quan prové d'Andorra il·lustra molt bé aquesta observació (25). Les relacions entre ISQA, amoní i microorganismes indiquen una gran contribució de la contaminació fecal, ja sigui domèstica o ramadera, en la contaminació de les aigües superficials a Catalunya.

Els darrers anys s'ha observat una millora, probablement com a conseqüència de la instal·lació de depuradores a moltes poblacions de Catalunya. Així, per exemple, en el curs mitjà del Llobregat (Abrera) i al Ter a l'entrada de Sau, hi ha hagut una reducció d'entre el 75 i el 80 % del nombre de coliformes fecals entre el principi i el final dels anys noranta del segle passat (23, 26). Pel percentatge d'aigua residual municipal tractada i per les reduccions en els nombres de bacteris fecals (90-95 %) que se solen aconseguir a les plantes de depuració d'aigües residual, potser caldria esperar una millora més substancial. La importància quantitativa de les aportacions de les activitats ramaderes pot ser la causa d'aquesta escassa millora. A les parts finals d'alguns rius fins i tot s'hi troben patògens en quantitats detectables. Així, en el curs baix del Llobregat es detecta *Salmonella* en aproximadament un 50 % de les mostres d'un litre d'aigua analitzades,

en nombres que oscil·len entre 2,3 i 9,3 unitats de nombre més probable per litre (27, 28), i al Llobregat a l'alçada d'Abrera es detecten enterovirus en un 70 % de les mostres d'un litre analitzades, amb uns valors que van d'una a deu unitats formadores de clapa per litre (29).

Encara que hi ha poques dades, les disponibles també indiquen un nivell de contaminació microbiològica relativament important a molts aqüífers, sobretot dels superficials. Així, prop del 50 % de fonts i pous dels aqüífers superficials de l'àrea de Barcelona (30) i de zones molt poblades de la província de Barcelona (31) contenen coliformes fecals en 100 mL.

Les dades d'una enquesta entre els membres de l'Agrupació de Serveis d'Aigua de Catalunya (ASAC) que subministren aigua a poblacions de més de 1.500 habitants, i que representen un 78 % de la població de Catalunya donen alguna informació d'interès (32). La majoria assenyalen alguns problemes tant en les captacions d'aigües superficials (57,2 %) com en les aigües subterrànies (62,8 %), si bé consideren que el tractament establert permet obtenir una aigua amb prou qualitat per al consum humà. Més d'un 20 % de les captacions identifiquen l'origen del seu problema en activitats domèstiques i ramaderes. En ambdós casos hi hauria contaminació microbiològica.

Un aspecte que voldríem considerar fa referència a la mobilització de contaminants microbiològics (30) que les pluges intenses produeixen tant en aigües superficials com en aigües subterrànies. Així, doncs, a causa de la climatologia, els recursos d'aigua de Catalunya a més d'escassos són molt vulnerables. Aquests canvis sobtats poden fer els tractaments insuficients en determinades ocasions.

Tractament de l'aigua després de la distribució prèvia

Per a adequar la qualitat de l'aigua que se subministra a les xarxes de distribució als requeriments de les normatives vigents se segueixen dues estratègies: barreges i tractaments de potabilització.

Les barreges tenen poca importància pel que fa a la millora de la qualitat microbiològica i se solen utilitzar per a reduir el contingut de determinats compostos químics. Segons l'enquesta de l'ASAC, els serveis d'abastament que disposen de fonts mixtes i que poden fer barreges són 79 serveis enfront de 135, que representen com a mínim el 62 % de la població de Catalunya.

En canvi, la gran majoria de recursos són sotmesos a tractaments de potabilització. El tractament més simple, i moltes vegades únic, és la desinfecció per clor. La filtració per filtres de sorra és el segon tractament més freqüent, seguit de la coagulació prèvia a la filtració i filtració. La coagulació i la filtració seguida de desinfecció es consideren com els tractaments convencionals. En alguns casos calen tractaments addicionals, sia per a eliminar contaminants no eliminats pels tractaments convencionals o per a eliminar subproductes de precloració. Aquests tractaments addicionals són del tipus ozonització o filtres de carbó activat. Les dades de l'enquesta de l'ASAC identifiquen 35 plantes potabilitzadores que subministren aigua a una gran part de la població de Catalunya i que fan tractaments addicionals a la desinfecció per clor.

Qualitat microbiològica de l'aigua de consum

Abans d'entrar de ple en les aigües de xarxes de distribució, voldríem assenyalar que algunes dades disponibles (30, 31) ens indiquen que l'aigua de fonts i de pous privats no té la qualitat microbiològica requerida per la legislació, i que no en totes les fonts que no reuneixen els requeriments de qualitat s'indica que l'aigua no és potable.

Pel que fa a aigües de xarxa, una mica menys d'un 0,5 % de mostres d'aigua analitzades de 24 municipis de l'àrea de Barcelona (30, 31, 33) i un percentatge similar de mostres d'un conjunt de 58 xarxes de zones rurals de la província de Barcelona —dades subministrades per la Diputació de Barcelona (<http://www.diba.es/mediambient/default.asp>)— contenen coliformes fecals. Aquestes dades són similars a dades fetes públiques en altres països de l'Europa Occidental (34) o en altres regions d'Espanya (30).

Pel que fa a la *Legionella*, ha estat aïllada en un 8,5 % de mostres d'un litre d'aigua de xarxa a l'àrea de Barcelona, si bé només un 1 % de les soques aïllades corresponen al serogrup 1 de *Legionella pneumophila*, que és el que genera els problemes d'infecció (35). Òbviament, aquestes xifres no haurien de causar problemes directament. Els problemes tenen el seu origen en el recreixement a la xarxa.

Efectes contrastats sobre la salut

Segons dades extretes de butlletins epidemiològics de Catalunya (<http://www.gencat.net/sanitat/portal/cat/spbec.htm>), es detecten a Catalunya entre 300.000 i 360.000 casos de gastroenteritis l'any. Si entre un 2,5 % i un 5 % de les gastroenteritis són atribuïbles a aigua (18), entre 7.200 i 18.000 casos de gastroenteritis serien atribuïbles a aigua. Aquest nombre està molt per sobre del nombre de casos lligats a brots informats (taula 3), que presenten una mitjana d'uns 200 casos anuals.

Només en 8 dels 42 brots dels quals s'ha informat durant aquests sis anys ha estat possible identificar els microorganismes implicats. El virus de Norwalk (norovirus) ha estat implicat en tres ocasions; el *Campylobacter jejuni* i la *Salmonella ssp.*, en dues, i la *Shigella*, en una.

TAULA 3
Brots de gastroenteritis lligats a l'aigua dels quals s'ha informat a Catalunya
durant els anys 1996-2001

	Any						
	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002*
Nre. de brots	5	6	1	9	3	18	7
Nre. d'afectats	103	156	34	450	123	806	897
Nre. de morts	0	0	0	0	0	0	0

*Les dades corresponents a 2002 són provisionals i no es comenten al text.

Aproximadament una tercera part dels brots té el seu origen en el consum d'aigua de pous i fonts; un altre terç, per consum d'aigua de xarxa, i la resta són brots lligats a un edifici o instal·lació (blocs de pisos, espais poliesportius, cases de colònies, escoles o residències d'avis, etc.), sense que s'hagin identificat exactament les causes del problema. En els casos lligats a xarxes de distribució, solen anar lligats a problemes en la cloració i es dona l'aparent paradoxa que la majoria dels casos es donen en zones properes als Pirineus.

Tant pels microorganismes implicats com per les causes que originen el problema, les dades a Catalunya són semblants a les d'altres països com Suècia, Anglaterra o els Estats Units (36, 37). Amb l'excepció de l'any 2001, tant el nombre de brots com el nombre d'afectats són lleugerament inferiors als de la resta de l'Estat espanyol, segons dades extretes del butlletí epidemiològic del Ministeri de Sanitat i Consum.

Durant els darrers anys la legionel·losi s'ha convertit en un problema de salut pública important. Així, per exemple, segons dades disponibles als butlletins epidemiològics de la Generalitat, només en les primeres 44 setmanes de l'any 2002 s'havien produït a Catalunya 428 casos, gairebé sempre lligats a aerosols produïts per instal·lacions d'aire condicionat.

Conclusions

En general la qualitat microbiològica de recursos d'aigua a Catalunya és baixa, si bé s'observa una millora en la darrera dècada, deguda amb tota seguretat a la posada en marxa de depuradores. Aquest fet requereix un important esforç de tractaments de potabilització.

La qualitat microbiològica de l'aigua de les xarxes de distribució és, en la gran majoria de les xarxes, dins de les normes exigides per la legislació vigent. En general, la qualitat microbiològica de l'aigua de les xarxes de les grans concentracions urbanes és millor que la de zones rurals.

La qualitat microbiològica de fonts i pous particulars corresponents a aqüífers superficials és en general deficient.

Els brots d'infeccions lligades al consum d'aigua són semblants, tant en nombre com pels microorganismes implicats, als dels països industrialitzats.

Tenint en compte que la qualitat dels recursos d'aigua, a més que no és bona, és molt influenciable per diferents factors, cal anar adaptant ràpidament una política de gestió basada en la identificació dels perills i efectuar el control en els punts identificats com a crítics.

Agraïments

Agraïm molt sincerament a l'Agència Catalana de l'Aigua, a Aigües de Barcelona, a la Direcció General de Salut Pública del Departament de Sanitat i Seguretat Social de la Generalitat de Catalunya i al Laboratori del Servei de Medi Ambient de la Diputació de Barcelona, l'accés a algunes dades que encara no s'han fet públiques.

Referències bibliogràfiques

1. A. BOSCH, F. LUCENA i J. JOFRE (1986), «Fate of human enteric viruses (rotaviruses and enteroviruses) in sewage after primary sedimentation», *Water Science and Technology*, núm. 18, p. 47-52.
2. A. ISERN, M. D. FERRER i F. FERNÁNDEZ (1987), «Estudio de la *Salmonella* en el agua de mar de la línea de playa de la ciudad de Barcelona», *Gaceta Sanitaria*, núm. 3, p. 118-122.
3. R. ARAUJO, R. ARRIBAS, F. LUCENA i R. PARÉS (1989), «Relation between *Aeromonas* and faecal coliforms in fresh waters», *Journal of Applied Bacteriology*, núm. 67, p. 213-218.
4. J. STIENT i J. SCHWARZBROD (1990), «Parasitological contamination of marine sediments in Barcelona area. Spain», *Revue des Sciences de l'Eau*, núm. 3, p. 107-118.
5. M. D. FERRER i A. ISERN (1994), «Aislamiento y caracterización de *Yersinia enterocolitica* en el agua de mar de la línea de playa de la ciudad de Barcelona», a *Libro de Abstracts del VII Simposium de Laboratorios Municipales de Salud Pública*, Bilbao.
6. M. PUIG, J. JOFRE, F. LUCENA, A. ALLARD, G. WADELL i R. GIRONÉS (1994), «Detection of adenoviruses and enteroviruses in polluted waters by nested PCR amplification», *Applied and Environmental Microbiology*, núm. 60, p. 2963-2970.
7. S. PINA, M. BUTI, R. JARDI, P. CLEMENTE, J. JOFRE i R. GIRONÉS (2001), «Genetic analysis of hepatitis A virus strains recovered from the environment and from patients with acute hepatitis», *Journal of General Virology*, núm. 82, p. 2955-2963.
8. R. PINTÓ, C. VILLENA, F. LE-GUYADER, S. GUIX, S. CABALLERO, M. POMEPUY i A. BOSCH (2001), «Astrovirus detection in wastewater samples», *Water Science and Technology*, núm. 43, p. 73-76.
9. M. MONTEMAYOR, F. VALERO, J. JOFRE i F. LUCENA (2005), «Occurrence of *Cryptosporidium* spp. oocysts in raw and treated sewage and river water in north-eastern Spain». *Journal of Applied Microbiology*, núm. 99, p. 1455-1462.
10. J. DELLUNDÉ, S. PINA, J. JOFRE i F. LUCENA (2002), «A fast and sensitive nucleic acid extraction method for the detection of *Cryptosporidium* by PCR in environmental water samples», *Water Science and Technology. Water. Supplement*, núm. 2, p. 95-100.
11. L. MOCÉ-LLIVINA, J. JOFRE, X. MÉNDEZ, D. AKKELIDOU, F. LUCENA i G. PAPAGEORGIOU (2002), «Counting cytopatogenic viruses adsorbed to cellulose nitrate membrane filters as a simple method for counting viruses in raw sewage and sewage effluents», *Journal of Virological Methods*, núm. 102, p. 83-92.
12. N. QUERALT, E. GÓMEZ i R. ARAUJO (2002), «Detection of *Helicobacter pylori* in sewage using seminested PCR», a *Abstracts of the First IWA-AWWA International Symposium on Waterborne Pathogens*, Lisboa.
13. A. BLANCH, C. GARCÍA-ALJARO, M. MUNIESA i J. JOFRE (2003), «Detection, enumeration and isolation of strains carrying the *stx2* gene from urban sewage», *Water Science and Technology*, núm. 47, p. 109-116.

14. P. CLEMENTE, S. PINA, M. BUTI, R. JARDI, M. MARTIN, S. BOFILL i R. GIRONÉS (2003), «Hepatitis E epidemiology in industrialised countries», *Emerging and Infectious Diseases*, núm. 9, p. 448-454.
15. A. BLANCH, L. BELANCHE, X. BONJOCH, J. EBDON, C. GANTZER, F. LUCENA, J. OTTOSON, C. KOURTIS, A. IVERSEN, I. KÜHN, L. MOCÉ, M. MUNIESA, J. SCHWARTZBROD, S. SKRABER, G. PAPAGEORGIOUS, H. TAYLOR, J. WALLIS i J. JOFRE (2004), «Tracking the origin of faecal pollution in surface water. An ongoing project within the European Union research programme», *Journal of Water and Health*, núm. 2, p. 249-261.
16. J. BARTRAM (2003), «Investigation of Sporadic Waterborne Disease», a P. HUNTER, M. WAITEAND i E. RONCHI (ed.), *Drinking Water and Infectious Disease: Establishing the Links*, Londres, CRC Press i IWA Publishing.
17. P. PAYMENT i P. HUNTER (2003), «Intervention studies», a P. HUNTER, M. WAITEAND i E. RONCHI (ed.), *Drinking Water and Infectious Disease: Establishing the Links*, Londres, CRC Press i IWA Publishing.
18. P. MEAD *et al.* (1999), «Food related illness and Death in the United States», *Emerging and Infectious Diseases*, núm. 5, p. 607-625.
19. S. REGLI, J. ROSE, C. HAAS i C. GERBA (1991), «Modeling the risk from *Giardia* and viruses in drinking water», *Journal of American Water Works Association*, núm. 83, p. 11-76.
20. S. REGLI, P. BERGER, B. MACLER i C. HASS (1993), «Proposed decision tree for management of risks in drinking water: consideration for health and socioeconomic factors», a G. F. CRAUN (ed.), *Safety of Water Disinfection: balancing chemical and microbial risks*, Washington D. de C., ILSI Press.
21. A. HAVELAAR, A. de HOLLANDER, P. TEUNIS, E. EVERS, H. van KRANEN, J. VERSTEEGH, J. van KOTEN i W. SLOB (2000), «Balancing the risks and benefits of drinking water disinfection: DALYs on the scale», *Environmental Health Perspectives*, núm. 108, p. 315-321.
22. A. VIDAL, F. LUCENA, I. ARZA, F. VALERO i J. JOFRE (1997), «Análisis de enterovirus en aguas superficiales», *Tecnología del Agua*, núm. 170, p. 38-48.
23. A. E. DURAN, M. MUNIESA, J. MÉNDEZ, F. VALERO, F. LUCENA i J. JOFRE (2002), «Removal and inactivation of indicator bacteriophages in fresh water», *Journal of Applied Microbiology*, núm. 92, p. 338-343.
24. J. JOFRE, F. LUCENA, LI. MATIA i F. RIBAS (2003), *La qualitat de l'aigua de consum humà a Catalunya*, Barcelona, Institut d'Estudis Catalans.
25. A. BOSCH, F. LUCENA, J. DIEZ, R. GAJARDO, M. BLASI i J. JOFRE (1991), «Waterborne viruses associated with a hepatitis outbreak», *Journal of American Water Works Association*, núm. 83, p. 80-83.
26. I. ARZA, J. MÉNDEZ, F. VALERO, J. JOFRE i F. LUCENA (2002), «Bacteriófagos como microorganismos modelo en los procesos de tratamiento de aguas potables», *Tecnología del Agua*, núm. 223, p. 30-37.
27. J. HUGUET, J. PERRAMÓN i F. RIBAS (1996), «Occurrence of *Salmonella* ssp in raw water from

- a treatment plant for Barcelona supply», a *Abstracts from the Health Related Water Microbiology Symposium*, Mallorca.
28. J. HUGUET (2003), comunicació personal.
 29. L. MOCÉ-LLIVINA (2004), *Avenços metodològics en la detecció de virus entèrics a aigües*, Barcelona, Universitat de Barcelona, tesi doctoral.
 30. J. MÉNDEZ, A. AUDICANA, M. CANCER, A. ISERN, J. LLANEZA, B. MORENO, M. NAVARRO, M. L. TARANCÓN, F. VALERO, F. RIBAS, J. JOFRE i F. LUCENA (2004), «Assesment of drinking water quality using indicator bacteria and bacteriophages», *Journal of Water and Health*, núm. 2, p. 201-215.
 31. R. ARMON, R. ARAUJO, Y. KOTT, F. LUCENA i J. JOFRE (1997), «Bacteriophages of enteric bacteria in drinking water, comparison of their distribution in two countries», *Journal of Applied Microbiology*, núm. 83, p. 627-633.
 32. ASAC (2002), *Els serveis d'abastament d'aigua a Catalunya: Caracterització i tendències 1998-2000*, Barcelona, Agrupació de Serveis d'Aigua de Catalunya (ASAC).
 33. J. JOFRE, E. OLLÉ, F. RIBAS, A. VIDAL i F. LUCENA (1995), «Potential usefulness of bacteriophages that infect *Bacteroides fragilis* as model organisms for monitoring virus removal in drinking water treatment plants», *Applied and Environmental Microbiology*, núm. 61, p. 3227-3231.
 34. M. RUTTER, G. NICHOLS, A. SWAN i J. de LOUVOIS (2000), «A survey of the microbiological quality of private water supplies in England», *Epidemiology and Infection*, núm. 124, p. 417-425.
 35. J. DELLUNDÉ, A. TERRADILLOS i F. RIBAS (2002), «Consideraciones acerca de la detección de *Legionella* por cultivo en aguas naturales», a *Abstracts de la IV Reunión de Grupo de Microbiología del Medio Acuático de la SEM*, Sevilla.
 36. Y. ANDERSON i P. BOHAN (2001), «Disease surveillance and waterborne outbreaks», a L. FEW-TRELL i J. BARTRAM (ed.), *Water Quality: Guidelines, Standards and Health*, Londres, IWA Publishing.
 37. G. CRAUN, R. CALDERÓN i N. NWACUKU (2003), «Causes of Waterborne Outbreaks reported in the United States, 1991-1998», a P. HUNTER, M. WAITEAND i E. RONCHI (ed.), *Drinking Water and Infectious Disease: Establishing the Links*, Londres, CRC Press i IWA Publishing.