

Lliçó inaugural

Malalties infeccioses transmèses per l'aigua: passat, present i futur, per Joan Jofre i Torroella

1. Introducció

D' una manera o d'una altra, la transmissió de moltes malalties infeccioses va lligada a l'aigua. Aquestes malalties, les podríem agrupar de diferents maneres; entre d'altres, segons el tipus d'agent biològic que les causa (virus, bacteris, protozous o cucs) o segons les seves rutes de transmissió ambiental. Pel que fa al sanejament i al subministrament d'aigua potable sembla més adient la segona, ja que les mesures per controlar-les depenen molt més de les seves rutes de transmissió que no de les característiques biològiques dels patògens que les causen. Segons aquest criteri, la classificació en quatre grups proposada per Mara i Feachem (1999) sembla prou adient. El primer grup, que és el més important tant pel nombre d'afectats com per les conseqüències sobre la salut de la població, el constitueixen les malalties de transmissió fecal-oral. Aquest és el grup que tractaré. Un segon grup està format per les transmèses per l'aigua de rentada, en què els microorganismes són alliberats a l'aigua en el procés de rentada del cos humà i tornen a infectar altres humans fonamentalment a través de la pell, els ulls i les orelles quan es renten amb aigua contaminada. Serien exemples d'aquest segon grup les infeccions per *Pseudomonas* a l'orella, associades al bany en piscines en els països desenvolupats, i el tracoma a països subdesenvolupats amb escassetat d'aigua, que amb vuitanta-quatre milions d'afectats és responsable de vuit milions de cecs, xifra que representa el 3% de tots el cecs al món. El tercer grup el constitueixen aquelles infeccions causades per patògens que tenen en l'aigua o en organismes aquàtics el seu hàbitat o hoste natural, però que, a més, poden infectar l'home. La legionel·losi en seria un exemple en els països més desenvolupats i l'esquistosomosi a Àfrica, amb uns dos-cents set milions d'afectats. I finalment, el quart grup està constituït per aquelles malalties infeccioses transmèses per insectes que crien a l'aigua, com per exemple, la malària, la febre groga i el dengue, que són transmèses per diferents espècies de mosquits que desenvolupen part del seu cicle de vida a l'aigua.

2. Malalties de transmissió fecal-oral

Els microorganismes de transmissió fecal-oral són excretats per l'home i els animals, i com a conseqüència van associats a la contaminació de l'aigua amb residus fecals. Infecten l'home per ingestió a través de l'aigua de beure, d'aliments contaminats, d'activitats de lleure practicades en aigües contaminades, del contacte persona-persona i del contacte amb fomites (objectes no nocius contaminats amb microorganismes). És molt complicat determinar amb precisió per quina d'aquestes diferents vies s'ha iniciat la infecció en cada individu afectat i, per tant, quin percentatge de persones que tenen la malaltia l'ha adquirit directament a través de l'aigua. S'ha estimat que el percentatge d'infectats directament per ingestió d'aigua és d'entre el 2 i el 5% en els països desenvolupats i de més del 50% en els països en fase de desenvolupament. Les malalties més importants de transmissió fecal-oral estan resumides en la taula 1.

TAULA 1. *Principals malalties infeccioses de transmissió fecal-oral i agents causals*

	<i>Virus</i>	<i>Bacteris</i>	<i>Protozous</i>	<i>Cucs</i>
Artritis no crònica		<i>Salmonella</i> , <i>Campylobacter</i>	<i>Giardia</i>	
Meningitis asèptica	Echovirus, coxsackievirus			
Úlcera d'estómac o duodè		<i>Helicobacter pylori</i>		
Còlera		<i>Vibrio cholerae</i> *		
Febre tifoide		<i>Salmonella typhi</i> *		
Diarrea i gastroenteritis aguda (GEA)	Norovirus, sapovirus, rotavirus, astrovirus, alguns enterovirus, adenovirus 40, 41	<i>Salmonella no typhi</i> , <i>Shigella</i> , <i>Campylobacter</i> , <i>Escherichia coli</i> enteropatogèniques, <i>Aeromonas</i> , <i>Pseudomonas</i>	<i>Giardia</i> , <i>Cryptosporidium</i> , <i>Entamoeba</i> , microsporidis	
Problemes de creixement i complicacions diverses				<i>Ascaris</i> ,* <i>Trichuris</i> *
Miocarditis	Coxsackievirus B			
Problemes renals		<i>Escherichiacoli</i> O157:H7	<i>Cyclospora</i>	
Hepatitis víriques	Virus de l'hepatitis A, Virus de l'hepatitis E			
Poliomielitis*	Virus de la poliomielitis			

* Pràcticament absents en els països desenvolupats.

3. El passat: un escenari colpidor

Fins ben entrat el segle xx, les malalties infeccioses han estat la principal causa de malaltia i mortalitat a tot el món. És, però, ben cert que, fins a la segona meitat del segle xix, hi ha molt poca informació numèrica fiable de la incidència de les diferents malalties infeccioses. És durant la Guerra Civil dels Estats Units (1861-1865), uns anys abans que s'associessin les malalties infeccioses a microbis concrets, quan els metges militars començaren a fer alguns censos de les malalties que patien les tropes. A partir d'aquest moment, doncs, ja es pot trobar documentació que indica que les infeccions de transmissió fecal-oral constituïen una fracció molt important de les malalties infeccioses arreu del món. Amb tot, cal prendre els nombres i percentatges amb molta precaució, ja que pot ser que no tinguem constància de la incidència de moltes malalties infeccioses perquè no es declaraven per por i per les imperfeccions dels sistemes de recollida de dades.

Des del punt de vista epidemiològic cal tenir en compte que històricament hi ha tres tipus de situacions ben diferenciades:

1) Les endèmies amb un alt nivell d'afectació de la població. Es creu que afectaven més les ciutats que el medi rural. A les ciutats representaven una quarta part de les morts declarades per malalties infeccioses. A l'inici del segle xx, l'any 1900, les diarrees i gastroenteritis (taula 1) i les febres tifoides (*Salmonella typhi*) eren responsables d'aproximadament el 10% de la mortalitat arreu del món. Aquest valor és similar a les ciutats nord-americanes (Cutler i Miller, 2005) i a Barcelona. Una enquesta realitzada per l'Acadèmia d'Higiene de Barcelona conclouia que les malalties que es transmeten per l'aigua eren la primera causa de mortalitat (Moll, 2002), probablement del 10% segons les dades generals d'Espanya (Robles *et al.*, 1996). Aquest escenari no devia ser gaire diferent del que actualment es dona a ciutats dels països subdesenvolupats.

2) Les epidèmies, de les quals n'hi ha dos tipus ben diferenciats: aquelles que desapareixen en els períodes entre epidèmies i aquelles que corresponen a infeccions que, tot i ser endèmiques, mostren incidències significativament superiors a les normals en alguns períodes determinats. Com a exemples del primer grup a Catalunya tindriem les quatre epidèmies de còlera del segle xix, concretament els anys 1834, 1854, 1865 i 1884. Aquestes epidèmies van produir grans estralls; en primer lloc, pel nombre d'afectats i morts (a alguns pobles de l'interior de Catalunya sembla que va morir un 25% de la població) (Hervás i Cahisa, 1993) i, en segon lloc, perquè també afectaren l'economia i la demografia. Així, per exemple, l'epidèmia del 1854 va disminuir sensiblement el transport marítim al port de Barcelona i, per tant, va afectar l'activitat econòmica, i aquesta mateixa ciutat es diu que va perdre quasi la meitat de la població a l'epidèmia del 1884 (Joncour, 1975). Un clar exemple del segon tipus seria la febre tifoide. A Barcelona, on els primers anys del

segle XIX la febre tifoide endèmica representava poc més del 3 % de la mortalitat, no gaire allunyat del 2,4 % de les ciutats nord-americanes (Cutler i Miller, 2005), l'epidèmia del 1914 la va situar quasi en el 5 %. Aquesta epidèmia va provocar unes grans lluites polítiques i aferrissades polèmiques científiques a la ciutat de Barcelona. Es parla d'unes reunions tumultuoses al Laboratori Bacteriològic Municipal, dirigit pel conegut bacteriòleg Ramon Turró (Calbet, 1999).

3) Finalment, trobem el cas de les grans concentracions de persones en condicions d'allotjament precari, com campaments militars i camps de refugiats. La informació disponible més fiable es refereix a la influència d'aquestes malalties a les campanyes militars, on a vegades tingueren una importància decisiva en el nombre de víctimes de les guerres, en la seva durada o en el signe de la victòria. Així, en la Guerra Civil dels Estats Units (1861-1865) es calculen trenta-cinc mil morts de febre tifoide i vint-i-un mil de disenteria, que rebia el nom de «tercer exèrcit» (Cook, 2001). Aquestes infeccions varen obligar a cancel·lar algunes operacions militars que els experts calculen que haurien endarrerit dos anys el final de la guerra. Més recentment, a la batalla d'El-Alamein, durant la Segona Guerra Mundial, entre el 40 i el 50 % dels soldats alemanys estaven afectats per disenteria; el general Rommel sostenia que havia estat derrotat per la disenteria i no pas per l'exèrcit britànic (Cook, 2001).

4. El present: un escenari dual

Al llarg del segle XX i com a conseqüència del sanejament, de la desinfecció de l'aigua d'abastament, d'un increment de la higiene (alimentària i personal), de les vacunes i dels antimicrobians, es va arribar, en els països desenvolupats, a una situació altament satisfactòria pel que fa a la incidència de malalties de transmissió fecal-oral. El sanejament, que disminueix el nombre de patògens de transmissió fecal-oral que circulen en el medi ambient, fonamentalment l'aquàtic, i la desinfecció de l'aigua de subministrament són sens dubte les mesures que més han contribuït a l'espectacular baixada de la incidència de les infeccions de transmissió fecal-oral en els països més desenvolupats.

A la primera dècada del segle XX, es generalitzà a les ciutats dels països més industrialitzats la potabilització de l'aigua per filtració a través de llits de sorra i la desinfecció amb clor o compostos clorats. A Catalunya, aquestes pràctiques sembla que van ser introduïdes a la segona dècada i encara de manera parcial i molt limitada en l'extensió. De fet, la primera constància escrita de desinfecció química d'aigua d'abastament a Catalunya correspon a l'any 1914, durant l'epidèmia de febre tifoide a Barcelona. Malgrat la mala premsa que com veurem més endavant té actualment el clor, aquest és molt probablement l'agent químic que més vides ha salvat en la història de la humanitat. A la segona dècada

del segle XX, es produeix la denominada «revolució dels bacteris coliformes», que combinava uns estàndards numèrics amb una tècnica analítica prou simple i barata per avaluar i, per tant, regular per llei la qualitat microbiològica de l'aigua. Després, amb una millora constant de les tècniques de depuració i potabilització d'aigües, de l'enginyeria de sanejament, de les tècniques analítiques (algunes aplicables en línia) i de la continuada adequació de les normes legals de qualitat de diferents tipus d'aigua que poden estar implicades en la transmissió de patògens de transmissió fecal-oral, arribem a principis dels setanta amb una posició molt satisfactòria pel que fa a la incidència i als efectes de les malalties de transmissió fecal-oral en els països més desenvolupats.

Com s'ha assenyalat anteriorment, la incidència real del contagi per aigua de patògens de transmissió fecal-oral és difícil de precisar, ja que la majoria no causen afeccions greus, i les malalties que provoquen no solen ser declarades, ni per tant registrades, perquè els malalts no acudeixen als serveis de salut. En qualsevol cas hi ha algunes estimacions. En la taula 2 es troba resumit el percentatge de participació dels microorganismes de transmissió fecal-oral en la mortalitat i en l'efecte total de les malalties, sempre segons dades de l'Organització Mundial de la Salut (OMS) (WHO, 2008). En aquesta avaluació s'hi ha introduït el concepte DALY (*disability-adjusted life years*, 'anys de vida ajustats per invalidesa'), que és un paràmetre que a més de la mortalitat té en compte l'edat en què es produeix la mort, la gravetat i durada de la malaltia, etc., mentre que fins a finals dels anys noranta del segle passat, el criteri emprat per definir la importància relativa de les diferents malalties havia estat la mortalitat (Murray i López, 1996).

Si bé no és una afecció molt greu, la gastroenteritis aguda (GEA) constitueix, de molt, l'afecció més freqüent lligada a la transmissió fecal-oral. Com ha quedat reflectit en la taula 1, hi ha un cert nombre de virus, bacteris i protozous que provoquen gastroenteritis de diferent intensitat i durada. Com s'ha assenyalat en el paràgraf anterior, és difícil comptabilitzar tots els casos de GEA. Gràcies a alguns estudis epidemiològics realitzats en alguns països europeus (Roy *et al.*, 2006), als Estats Units (Colford *et al.*, 2006; Craun *et al.*, 2006) i a Austràlia (Roy *et al.*, 2006), es poden fer algunes estimacions, com ara que a països amb el nivell de vida semblant al de Catalunya es pot atribuir una gastroenteritis per persona cada dos anys. D'aquestes, d'un 2 a un 5 %, segons diferents estimacions, haurien estat causades per ingestió d'aigua contaminada. En la taula 2, s'indiquen algunes dades, unes estimades i altres reals, de la incidència, mortalitat i DALY atribuïdes a les diarrees i gastroenteritis agudes a diferents zones. A Catalunya les dades són similars a les que es donen a l'Europa occidental.

TAULA 2. Efectes de les GEA a diferents zones del món

	Casos (en milions)	Mortalitat (%)	DALY (%)
Global	4.600	3,7	4,8
Països de renda més baixa*	2.200	6,9	7,4
Europa occidental	207	0,15-0,20	0,4
Catalunya	≈3-3,5**	<0,2	0,4**

* Inclou els seixanta països (principalment d'Àfrica i del Sud-est asiàtic) més pobres del món amb un PIB *per capita* de 325 \$USA o menys segons el Banc Mundial.

** Valors estimats equiparats als d'Europa.

Quins són els patògens que generen els estimats 207 milions de casos de gastroenteritis a Europa i els 3-3,5 milions a Catalunya? Les dades publicades en el *Butlletí Epidemiològic de Catalunya* (BEC) ens donen una informació interessant (Generalitat de Catalunya, 2007a, 2007b, 2007c i 2008), però parcial, ja que la majoria d'afectats per gastroenteritis ni avisen el metge ni acudeixen als serveis de salut i, per tant, no consten enlloc, malgrat que les GEA són malalties de declaració obligatòria. Així, l'any 2006 només estan registrats, segons dades del BEC, 282.470 afectats, molt per sota dels valors estimats, considerant que, com ja hem dit, és atribuïble una gastroenteritis per persona cada dos anys, i en la majoria dels casos no se'n va identificar l'agent causal. Atenent a les dades que consten al BEC, dels 15.034 pacients afectats per malalties infeccioses declarades a Catalunya de què es va identificar l'agent causal, 6.904 (un 45,9%) corresponen a gastroenteritis, amb *Campylobacter*, *Salmonella no typhi* i rotavirus com a agents causals més freqüents. És veritat que l'aïllament i la identificació de l'agent causal depèn de les habilitats dels laboratoris que analitzen les mostres, i que probablement hi ha un cert biaix en les dades. Per això, d'acord amb el que està succeint arreu del món desenvolupat (Mead *et al.*, 1999; Adak *et al.*, 2002) i amb els brots lligats a l'aigua produïts a Catalunya, cal pensar que s'ha d'afegir entre les primeres causes de gastroenteritis, si no la primera, els norovirus.

La informació és més concreta pel que fa a brots infecciosos. Així, l'any 2006 es varen declarar a Catalunya, sense tenir en compte la grip, 391 brots, amb 4.863 persones afectades. Un 31%, és a dir, 122 correspongueren a GEA, amb 3.124 (64%) persones afectades. L'agent causal fou identificat en el 68% dels casos, i *Salmonella no typhi*, *Campylobacter* i norovirus s'identificaren com els agents causals més freqüents.

D'aquests brots, 8 (6,5%) dels 122, amb 373 (11,9%) dels 3.124 afectats, foren lligats directament a l'aigua. Aquest 6,5% està ben bé per sobre del 2-5% que es considera el percentatge més probable lligat a l'aigua de les GEA en els països desenvolupats. Els microorganismes causants més freqüents foren els norovirus (4 de 8 brots) i *Shigella sonnei* (2 de 8 brots) i es donaren tots a zones rurals.

Hi ha uns trets de les malalties de transmissió fecal-oral que són generals als països més desenvolupats i que crec que són interessants d'assenyalar. El primer fa referència als agents causals. Aquells gèrmens que més preocupaven a finals del segle XIX i principis del XX (*Salmonella typhi*, *Shigella dysenteriae*, *Vibrio cholerae* i virus de la poliomièlitis), i que només afectaven l'home, han quasi desaparegut. Actualment, en aquests països les infeccions víriques (norovirus, rotavirus i astrovirus) són les més importants quant al nombre d'afectats (60-70%), però en canvi les bacterianes (*Salmonella*, *Campylobacter* i *Shigella*) són les més importants pel que fa a la gravetat de les infeccions i mortalitat, i per tant als DALY (Mead *et al.*, 1999; Adak *et al.*, 2002; Vaillant *et al.*, 2005). El segon és que molts dels patògens, almenys els bacterians, que ara causen problemes als humans són zoonòtics, és a dir, que provoquen infeccions tant en l'home com en animals. Això darrer molt probablement es deu al fet que la contaminació fecal produïda per animals és més difícil de controlar que la produïda pels humans. Finalment, un altre tret important és que aquests brots no se solen donar a les ciutats, com a principis del segle XX, sinó a zones rurals, generalment en el període estival.

D'altra banda, molt de tant en tant, fins i tot en els països més desenvolupats, es produeixen alguns incidents que causen un gran rebombori. Per exemple a Finlàndia, l'any 2007 se'n generà un a la ciutat de Nokia, en què l'aigua de la xarxa d'abastament es va contaminar amb aigua residual depurada sense que ningú s'adonés del problema fins que va fer quaranta-vuit hores del fet. Sobre una població de dotze mil habitants servits per la xarxa, s'estima que unes cinc mil persones varen tenir algun símptoma d'infecció, de les quals mil varen necessitar assistència hospitalària. En aquest cas, *Campylobacter jejuni* i norovirus varen ser els patògens aïllats més vegades (Räsänen *et al.*, 2010).

Ben al contrari, en el conjunt de països econòmicament més desfavorits del món, la situació és encara molt poc satisfactòria i relativament semblant a la que es donava als països desenvolupats fa cent anys. En primer lloc, hi ha una situació endèmica molt important, amb molts afectats i morts (taula 2). Els patògens més rellevants arreu del món fa cent anys, és a dir, *Salmonella typhi* i *Shigella dysenteriae*, segueixen sent-ho. Per exemple, a principis del segle actual encara hi ha uns vint-i-un milions de casos, amb més de dues-centes mil morts l'any, de febre tifoide (Crump *et al.*, 2004). Alhora, van apareixent epidèmies més o menys localitzades de còlera (WHO, 2006a), sobretot a Àfrica i Àsia. Pel que fa a aquestes dues realitats, cal assenyalar que s'és més eficient controlant les epidèmies, un cop detectades, que controlant els problemes endèmics. Com en el passat, se segueixen produint grans estralls en zones amb concentracions humanes que viuen en condicions poc adequades, com per exemple els camps de refugiats d'arreu del món, però principalment a Àfrica (Naidoo, 2002). Un cas que va tenir un gran impacte en l'opinió

pública mundial va ser la crisi de juliol del 1994 del camp de refugiats ruandesos a Goma (antic Zaire), en què uns cinquanta mil refugiats del total d'entre cinc-cents mil i vuit-cents mil que hi havia al camp varen morir, la majoria de còlera i disenteria causada per *Shigella dysenteriae* (Goma Epidemiology Group, 1995).

Entre els països més desenvolupats i els menys desenvolupats n'hi ha molts en una situació intermèdia, encara que més acostada a la dels països més desenvolupats. En alguns dels països d'aquest grup, la diarrea és encara un dels problemes més seriosos de salut dels infants, com per exemple en alguns països d'Amèrica Llatina (PAHO, 1994). Tal vegada, el més preocupant en aquest grup de països és el retrocés observat en alguns països d'Amèrica Llatina i de l'est d'Europa, generalment com a conseqüència de la necessitat de reduir despeses. Cal aprendre de l'experiència per no cometre els mateixos errors.

5. El futur: un escenari ple de reptes

No hi ha dubte, doncs, que l'actual situació pel que fa a les infeccions de transmissió fecal-oral als països menys desenvolupats és totalment inadmissible i que queden uns reptes molt importants per assolir en aquest terreny, que es resumeixen en un dels Objectius de Desenvolupament del Mil·lenni (ODM).

Però també en els països més desenvolupats, i per tant a Catalunya, cal vetllar perquè la bona situació que tenim no empitjori i per fer-ne la gestió més sostenible. Entre els molts problemes que es poden presentar pel que fa al sanejament i al subministrament d'aigua potable en el països desenvolupats, n'hi ha alguns que poden afectar més que d'altres el control de la incidència de les malalties infeccioses de transmissió fecal-oral. A continuació, es fa una repassada d'aquells que al meu entendre poden tenir una incidència més significativa.

Objectius de Desenvolupament del Mil·lenni

Com hem vist anteriorment, queden uns objectius molt importants per complir als països subdesenvolupats per tal d'apropar la seva situació cap a la dels països desenvolupats. És tan clar que és així, que un dels Objectius de Desenvolupament del Mil·lenni acordats pel ple de les Nacions Unides l'any 2000 amb motiu de l'inici del nou mil·lenni va ser «reduir, des de l'any 2000 fins al 2015, a la meitat la proporció de gent sense accés sostenible a l'aigua de consum humà i a un sanejament bàsic» (<http://www.un.org/millenniumgoals/bkgd.shtml>). Si es complís aquest objectiu i es fessin progressos posteriors en la mateixa direcció, segons les previsions de l'OMS per a l'any 2030, les gastroenteritis es desplaçarien del segon al divuitè lloc en la jerarquia de les malalties segons el seu pes en els DALY globals (WHO, 2008). Però els escassíssims avenços fets un cop transcorregudes dues

terceres parts del temps previst en els ODM i les recents crisis financeres i econòmiques d'arreu del món inviten a ser poc optimistes respecte al compliment d'aquest objectiu concret. En qualsevol cas, els costos econòmics estimats per assolir-lo, tant pel que fa a la construcció de les infraestructures necessàries com al seu manteniment, són molt grans (Hutton i Bartram, 2008) i no queda clar qui se'n farà càrrec. Aquest és un problema fonamentalment polític i econòmic, ja que tècnicament se sap el que cal fer.

Però, almenys pel que fa a la qualitat microbiològica, es poden fer algunes aportacions tècniques noves que poden ajudar a alleugerir el problema, com ara dissenyar procediments domèstics sostenibles per reduir la contaminació microbiològica, com a mínim, de l'aigua de beure (Mintz *et al.*, 2001; Sobsey *et al.*, 2008) i millorar la higiene personal (Curtis i Cairncross, 2003). Alguns estudis indiquen que només amb l'ús de procediments domèstics de purificació d'aigua i fent rentar als nens les mans amb sabó es pot reduir de manera dràstica la incidència de diarrees (Fewtrell *et al.*, 2005). Aquestes possibles solucions parcials depenen molt de la voluntat i perseverança individual i caldrà fer esforços ingents en programes educatius i de sensibilització perquè puguin ser aplicades amb èxit. Des del punt de vista de la gestió pública, caldrà que els experts dels països desenvolupats tinguin en compte que si bé tothom té dret a aigua de la mateixa qualitat, a vegades més val aconsellar uns criteris de qualitat que siguin assolibles i sostenibles que uns que en teoria siguin millors però que no siguin assolibles per aquelles societats amb menys recursos. En aquest sentit, l'OMS ha donat una lliçó de pragmatisme en un parell d'actuacions, com per exemple en l'elaboració d'uns criteris de qualitat microbiològica aconsellats per a l'aigua regenerada per poder-la emprar en agricultura (WHO, 2006b) o bé en la posada a punt de mètodes molt senzills i barats per avaluar la qualitat microbiològica de l'aigua (WHO, 2002); unes mesures que, tot i no ser òptimes, són millors que no fer res.

Escassetat d'aigua i canvi climàtic

El creixement i desplaçament de la població cap a àrees urbanes incrementa la demanda d'aigua en algunes zones molt concretes, que sovint estan molt apartades dels recursos d'aigua dolça de bona qualitat. Aquest és, per exemple, el cas de Barcelona i la seva àrea metropolitana. Això fa que, en determinats moments, l'aigua ja no pugui ser subministrada a partir dels recursos hídrics tradicionals i que s'hagi de recórrer a altres recursos, entre els quals n'hi ha que proporcionen unes aigües que requereixen tractaments diferents dels habituals per convertir-les en segures des del punt de vista microbiològic.

Afortunadament, avui dia hi ha tecnologies de desinfecció per mitjans físics (filtració i radiació ultraviolada) addicionals a la desinfecció química, que, combinades amb

un ús molt mesurat de desinfectants químics com el clor o l'ozó, possibiliten l'ús de recursos hídrics contaminats per restes fecals humanes o animals. Un bon exemple en serien les aigües regenerades. Reben aquest nom les aigües residuals depurades pels tractaments convencionals sotmeses a tractaments addicionals, incloent-hi els de desinfecció esmentats a l'inici d'aquest paràgraf, que ben aplicats poden garantir-ne la seguretat per a diferents usos.

Pel que fa a l'ús d'aquestes aigües regenerades hi ha tres grans escenaris:

— El primer té en compte la utilització d'aigua regenerada com a aigua no potable, però apta per a usos diversos, com ara reg agrícola de camps de golf i de jardins, neteja urbana, usos industrials, recuperació ambiental, recàrrega indirecta d'aqüífers, contenció de la intrusió marina, etc. El Consorci de la Costa Brava, que agrupa tots els municipis de la Costa Brava a la província de Girona, té una àmplia experiència en reutilització d'aigua regenerada a diverses zones d'aquesta costa, amb una gestió, incloent-hi l'aspecte informatiu, que es pot considerar modèlica (<http://www.ccbgi.org>). Estudis aprofundits de microbiologia garanteixen una excel·lent qualitat microbiològica per als usos a què es destina l'aigua regenerada en cada cas (Costán-Longares *et al.*, 2008; Montemayor *et al.*, 2008). Aquest és l'aprofitament d'aigües regenerades més estès i té el doble avantatge que allibera aigua dels recursos tradicionals i que l'aigua usada abocada al medi ambient té una millor qualitat que si s'allibera sense depurar o amb una depuració secundària, que és l'obligada per llei.

— El segon escenari és el referent a usos potables indirectes per mescla amb aigües naturals, ja siguin superficials o subterrànies. Es tracta d'incrementar directament els recursos disponibles. De fet, això ja es fa tradicionalment de manera no programada quan es potabilitzen aigües de rius o llacs que han rebut aigües residuals més o menys depurades. Però recentment s'ha posat un interès especial a fer-ho de manera més explícita i controlada, ja sigui per recàrrega directa d'aqüífers o per abocament en aigües superficials més o menys a prop de punts de captació de l'aigua. El Consell Nacional de Recerca de les Acadèmies dels Estats Units (USNRC) va elaborar un informe que conclouia que l'aigua regenerada es pot emprar per complementar els recursos tradicionals en casos en què sigui molt necessari i després d'una avaluació complementària de la qualitat de l'aigua. Des del punt de vista microbiològic, en l'informe es recomana fer una avaluació complementària amb algun virus i algun protozou, a més dels tradicionals indicadors bacterians (USNRC, 1998). La Comissió Nacional de l'Aigua australiana va emetre un informe amb unes conclusions semblants (National Water Commission, 2009). De fet, en algunes zones de Califòrnia i alguna ciutat australiana ja s'ha utilitzat aquest recurs en cas de sequera greu. A finals de la primavera del 2008 a Barcelona, quan hi havia una situació de sequera

ra excepcional, es va considerar la possibilitat d'abocar un important volum d'aigua regenerada de la planta de depuració d'aigües residuals del Prat de Llobregat aigües amunt de la planta potabilitzadora que AGBAR gestiona a Sant Joan Despí. De fet, ja s'havia quasi finalitzat la construcció de la canonada quan s'acabà el període de sequera. Actualment, la canonada s'ha acabat i s'han fet alguns estudis encarregats per l'Agència Catalana de l'Aigua (ACA) per determinar els efectes de l'abocament de l'aigua regenerada sobre la qualitat de l'aigua del riu Llobregat. Des del punt de vista microbiològic es va estudiar, com aconsella el Consell Nacional de Recerca de les Acadèmies dels Estats Units, a més de tres microorganismes indicadors, un virus i un protozou. Com a microorganismes indicadors es varen estudiar *Escherichia coli*, els colífags somàtics, considerats indicadors del comportament dels virus humans (Lucena i Jofre, 2010), i espores de clostridis reductors de sulfid, considerats indicadors del comportament dels protozous (Payment i Franco, 1993). Com a patògens es varen determinar enterovirus i *Cryptosporidium*. En l'estudi es varen combinar diferents proporcions de barreja d'aigua del riu i aigua regenerada, en un lloable exercici d'enginyeria hidràulica, i un parell de condicions de desinfecció en la regeneració de l'aigua. En tots els casos estudiats, el contingut d'indicadors i patògens en l'aigua regenerada era molt inferior al contingut en l'aigua del riu; i el nombre d'indicadors i patògens també va ser inferior, si bé sense significació estadística, en les aigües del riu on ja s'havia fet la mescla en comparació de les d'abans de rebre l'aigua regenerada.

— Encara hi ha una tercera possibilitat d'ús de les aigües regenerades, consistent a potabilitzar directament aigua residual. Hi ha moltes proves pilot i sembla que en algunes petites urbanitzacions privades a Florida i Arizona es du a la pràctica, però l'únic subministrament públic del qual hi ha constància de reutilització directa és a Windhoek, Namíbia. En aquesta ciutat es fa la reutilització directa des de l'any 1968, sense que s'hagin observat efectes adversos sobre la població (Van der Merwe *et al.*, 2008). De fet, això és el que es fa en les estacions espacials.

L'escassetat d'aigua podria augmentar com a conseqüència del canvi climàtic, encara que hi ha incertesa respecte a quines zones del planeta perdran aigua precipitada en el total de l'any. En canvi, el que sembla segur és que el canvi climàtic propiciarà fenòmens extrems de sequera i, per tant, escassetat d'aigua, seguits de fortes precipitacions. Aquest sembla l'escenari més probable a Catalunya segons el Consell Assessor per al Desenvolupament Sostenible de la Generalitat de Catalunya (2005), i de ben segur que complicarà la gestió de l'aigua disponible. Caldrà ajustar el disseny dels tractaments i els procediments operatius, però també caldrà afrontar el fet que les pluges intenses mobilitzen tant els contaminants químics com els microorganismes patògens. De fet, les pluges intenses van clarament lligades a un augment del nombre de brots d'infeccions de trans-

missió fecal-oral (Jofre *et al.*, 2010). Per tant, seria bo establir un sistema d'alarma i un pla d'actuació, sobretot per als petits subministradors, que tingués en compte aquesta circumstància.

Com compensar l'efecte de l'aplicació de restriccions en els tractaments químics de desinfecció?

El 1974 es va descriure la presència de trihalometans a l'aigua potable com a subproductes de la cloració (Rook, 1974). Més endavant, també es va descriure la producció de derivats bromats com a conseqüència del tractament amb ozó. Els uns i els altres han estat associats al càncer, sobretot al càncer de bufeta de l'orina, i se n'han legislat unes concentracions límit per a l'aigua de consum. Als països desenvolupats la percepció del risc davant dels subproductes de desinfecció és molt més gran que els riscos reals, mentre que és al revés pel que fa als riscos microbiològics (Castro i Reiff, 1996). Això ha fet que s'hagi aplicat el principi de precaució i que hi hagi algunes restriccions en l'ús de desinfectants químics, sobretot del clor i derivats. En alguns països europeus ja no hi ha clor residual a l'aigua de la xarxa d'abastament. Aquest clor, a més de mitigar els efectes de possibles contaminacions a la xarxa de distribució, també servia com a indicador de desinfecció.

Aquestes restriccions en la desinfecció química han d'anar acompanyades d'altres mesures per garantir la seguretat microbiològica de l'aigua. Si no és així cal esperar problemes seriosos d'infeccions. Hi ha un cas que es donà a Amèrica Llatina a finals del segle XX, que va despertar molta polèmica per la seva importància i que es relaciona amb la relaxació respecte a la cloració de l'aigua de subministrament. Després de quasi cent anys sense còlera al continent americà, aquesta malaltia va reaparèixer al Perú l'any 1991 i es va escampar ràpidament per tot Amèrica Llatina entre el 1991 i el 1994, amb 1.339.834 afectats i 11.338 morts. Entre moltes altres causes, està comprovat que l'epidèmia es va manifestar amb més intensitat en llocs on s'havia deixat de clorar l'aigua o hi havia deficiències en la cloració de l'aigua de subministrament (Ackers *et al.*, 1998). Així, a Amèrica Central es va poder comprovar una correlació inversa molt significativa entre el nombre de casos de còlera des de juny del 1991 fins a setembre del 2004 i la compra anual de clor *per capita* que feien els països de la zona durant aquest període (Reiff, 1996). Diferents estudis varen portar alguns experts a concloure que l'ús de clor s'havia reduït a Amèrica Llatina com a conseqüència de la por als subproductes de desinfecció (Anderson, 1991). Però altres grups d'experts no creuen que el principi de precaució en l'ús del clor fos l'única causa que empitjorés la desinfecció de l'aigua d'abastament a la zona problema (Tickner i Gouveia-Vigeant, 2005).

No hi ha dubte que avui tenim probabilitats de desinfectar per processos físics com per exemple la microfiltració, la ultrafiltració i l'osmosi inversa per membranes o la desinfecció per radiació ultraviolada, que no generen subproductes. Però aquests solen ser processos menys robusts que la cloració i, per tant, hi ha més probabilitats que es produeixin fallades. Així, el bon funcionament de les làmpades ultraviolades depèn de la cura amb què s'eliminen les pel·lícules que es formen a la seva superfície, i d'altra banda, hi ha el fet que aquestes làmpades envelleixen i cal renovar-les, la qual cosa és cara i, per tant, no sempre es fa a temps. Així mateix, el bon funcionament de les membranes depèn del fet que mantinguin la integritat, i quan la perden com a conseqüència de l'ús, cal canviar-les, la qual cosa també és cara i no sempre es fa quan toca. En tots dos casos, els problemes de desinfecció es manifesten abans que es detectin canvis en la qualitat física i química de l'aigua.

Al meu entendre aquesta circumstància requereix disposar de procediments de verificació de qualitat microbiològica millors i més ràpids que els actuals.

Millora de les normes legals

Les normes reguladores de la qualitat microbiològica actuals, basades sobretot en un control de qualitat del producte final, han demostrat que són molt útils, atenent als resultats sobre la incidència de les malalties de transmissió fecal-oral descrits en seccions anteriors. Tenen, però, alguns aspectes millorables, per diferents motius. El primer és que el control que s'efectua amb bacteris indicadors, ja siguin coliformes o *Escherichia coli*, i alguns paràmetres fisicoquímics com la terbolesa no sempre garanteixen la no presència de patògens, sobretot de patògens no bacterians, com oocists de protozous i alguns virus (Bosch *et al.*, 1991; Mac Kenzie *et al.*, 1994; Payment, 2004). Si a aquest fet hi sumem la tendència creixent a utilitzar mètodes de desinfecció diferents del clor, almenys actualment menys robusts que la cloració, cal pensar en la utilització d'altres procediments de control de la qualitat del producte final complementaris als indicadors bacterians. El segon aspecte millorable és que els resultats de les anàlisis microbiològiques actuals s'obtenen quan l'aigua en qüestió ja ha estat en contacte amb els usuaris. Així, l'aigua d'abastament ja ha estat distribuïda, i a l'aigua de bany ja s'hi han banyat. Un tercer aspecte és que els criteris de qualitat microbiològica en les regulacions actuals han estat fixats a partir del bon criteri dels experts, mentre que, actualment, es disposa de models matemàtics que ens permeten fer una avaluació quantitativa del risc microbiològic (Haas *et al.*, 1993). Aquesta avaluació ha de permetre establir uns criteris de qualitat més acurats. Òbviament, aquests models són millorables tant pel que fa al perfeccionament del model matemàtic com a la millora de la informació bàsica emprada sobre els diversos patògens i indicadors

(dades epidemiològiques, dosis infeccioses, presència i nivells a les aigües residuals, persistència en el medi, resistència als tractaments de desinfecció, relacions numèriques amb els indicadors, etc.).

Aquestes limitacions de la legislació actual han fet que entre els anys 1995 i 2000 es comencés a pensar a fer una legislació més de tipus preventiu. Aquesta nova manera d'entendre la problemàtica ha donat lloc a diferents iniciatives. En primer lloc, al Long Term 2 Enhanced Surface Water Treatment Rule als Estats Units, finalment aprovat el 2006 per l'Agència de Protecció del Medi Ambient dels Estats Units (USEPA) (USEPA, 2006), i poc després a les recomanacions de l'Organització Mundial de la Salut el 2004 sobre els plans de seguretat de l'aigua (Bartram *et al.*, 2009). En aquestes recomanacions s'ha inspirat la futura norma sobre l'aigua de subministrament de la Unió Europea, actualment en tramitació. Aquests plans de seguretat de l'aigua estan basats en l'aplicació a la gestió de l'aigua d'abastament de l'anàlisi del risc i els punts de control crític. El sistema consisteix a identificar els perills, a valorar l'exposició i a avaluar quantitativament els riscos tant microbiològics com químics i establir les mesures necessàries per evitar-los. Aquestes mesures tenen en compte també la qualitat del producte final, és a dir, l'aigua.

Aquest sistema, que s'ha d'establir per a cada potabilitzadora i/o xarxa de distribució, ha d'identificar tots els escenaris en què es pugui produir la contaminació i ha de disposar de barreres efectives per eliminar-ne o mitigar-ne els riscos. Al meu entendre, aquesta aproximació és molt millor que l'anterior, però des del punt de vista microbiològic encara falta definir millor alguns procediments de verificació del bon funcionament dels plans de seguretat. Si fos possible, aquests procediments de verificació haurien de donar resultats en temps real, i no com els actuals, que no es tenen fins a l'endemà.

Pel que fa referència a les aigües per a altres usos es va més endarrerit, però cal pensar que també s'aniran introduint canvis en aquest sentit. Per exemple, pel que fa a la qualitat de l'aigua de bany, la tan preuada bandera blava es basa en les dades de qualitat segons la legislació vigent, però de l'any anterior. Cal assenyalar que la bandera blava no la concedeixen ni els estats ni la Unió Europea, sinó la Fundació Europea d'Educació Ambiental, patrocinada, això sí, per la Unió Europea. Aquesta iniciativa ha estat un gran encert, en la mesura que ha promogut una millora substancial de la gran majoria de zones de bany a Europa. Però una zona de bany que habitualment està perfecta pot empitjorar temporalment per raons diverses, com avaries a les depuradores d'aigües residuals, trencaments de col·lectors i pluges intenses. Per exemple, quan plou fort a finals d'estiu, a les platges de l'àrea metropolitana de Barcelona que compleixen perfectament amb la normativa legal vigent es produeix un augment de cent vegades el nombre de bacteris indicadors de contaminació fecal habituals a la zona, que dura dos o tres dies, durant els quals

l'aigua no compleix els requisits exigits per la normativa vigent (Vidal i Lucena, 1997). En aquest context, l'any 1997, hi va haver una reunió d'experts a Sitges organitzada per la Comissió Europea per analitzar la possibilitat de fer estimacions *a priori* de la qualitat de les aigües de bany fonamentades en models experts generats a partir del coneixement d'una àrea concreta de bany (Maier *et al.*, 1997). Les conclusions de la reunió varen ser que era possible, però de moment no se n'ha fet gaire cas. Però ara que ja s'ha introduït el concepte preventiu a la normativa legal d'aigües d'abastament, estic segur que és qüestió de temps que s'adopti un model de gestió basat en la previsió.

Globalització i patògens emergents

Des de fa uns vint-i-cinc o trenta anys s'observa amb gran preocupació l'emergència d'un gran nombre de malalties infeccioses, alhora que també s'observa la reemergència d'algunes que es pensava que estaven controlades i es pren major consciència del potencial esdeveniment d'infeccions emergents introduïdes de manera deliberada (Morens *et al.*, 2004).

Les malalties de transmissió fecal-oral també estan immerses en aquesta dinàmica (Nwachuku i Gerba, 2004; Blanch i Jofre, 2004). En aquest sentit, si bé alguns patògens ja fa més de vint anys que es coneixen (se sol parlar de patògens contaminants emergents a l'aigua com norovirus i sapovirus, *Campylobacter*, *Escherichia coli* O157:H7 i *Cryptosporidium*), n'hi ha d'altres, com els microsporidis (Cotte *et al.*, 1999), *Cyclospora* (Rabold *et al.*, 1994) i l'enterovirus 71 (McMinn, 2006), que són alguns dels patògens emergents lligats a la transmissió per aigua més recentment descrits. En la taula 3 hi ha un llistat d'alguns dels patògens que es transmeten per aigua i que reben o han rebut recentment la consideració de patògens emergents.

TAULA 3. *Patògens emergents de transmissió fecal-oral*

<i>Patogen</i>	<i>Malaltia causada</i>
Virus Norovirus i sapovirus Virus de l'hepatitis E Enterovirus 71	Gastroenteritis Hepatitis Diferents problemes neurològics
Bacteris <i>Escherichia coli</i> O157:H7 <i>Helicobacter pylori</i> <i>Campylobacter jejuni</i> <i>Vibrio cholerae</i> O139	Colitis hemorràgica i síndrome hemoliticourèmica Úlceres gàstriques Gastroenteritis Còlera
Protozous <i>Cryptosporidium</i> <i>Cyclospora</i> Microsporidis	Diarrea Diarrea Diarrea

Els motius d'aquestes emergències i reemergències són molts i variats. En el cas de les malalties de transmissió fecal-oral, la globalització del comerç d'aliments, el turisme, els fenòmens migratoris, els canvis de demografia, l'increment del nombre d'individus immunodeficients i els canvis en els tractaments de desinfecció en serien les causes principals.

Aquesta amenaça planteja dos reptes per arribar a controlar-la. En primer lloc, establir un sistema o una xarxa de detecció de l'aparició i expansió d'emergents potencialment perillosos, que en el cas dels de transmissió fecal-oral és molt més lenta que no pas la dels que afecten les vies respiratòries, la qual cosa fa que els patògens de transmissió fecal-oral siguin detectats com a emergents molt més lentament que els altres. Afortunadament, les eines d'anàlisi genòmica disponibles faciliten molt aquesta tasca. D'altra banda, caldrà comprendre l'acció dels desinfectants i la resistència als diferents tractaments dels patògens emergents, per tal d'establir quins es pot esperar que constitueixin un risc i, per tant, prendre les mesures oportunes per evitar-ne l'expansió.

6. Epíleg

És un fet ben cert que en els països més desenvolupats les malalties de transmissió fecal-oral, i per tant lligades a l'aigua, han passat a ser un problema sanitari menor. També ho és que s'han fet grans avenços científics i tecnològics que han permès arribar a aquesta situació. Però també ho és que perquè no es facin passes endarrere cal seguir atent i aprofundint en el coneixement de diverses qüestions relacionades amb el tema. En el decurs dels apartats anteriors han aparegut de manera repetida alguns requeriments de coneixements, encara no totalment disponibles, necessaris per poder garantir la seguretat microbiològica de l'aigua en el futur. Així, s'ha parlat d'identificació dels perills microbiològics i del seu origen, de l'avaluació dels riscos lligats a aquests perills, de com minimitzar-los i de verificacions de la qualitat microbiològica de l'aigua diferents de les actuals i, si és possible, amb resultats en temps real. Per donar una resposta adient a aquestes qüestions cal encara aprofundir en alguns aspectes bàsics o preaplicats de la microbiologia d'aigües relacionada amb la salut. En moltes de les necessitats de coneixement i tecnològiques esmentades s'estan fent avenços importants, en gran part dels quals la comunitat científica catalana està fent aportacions substancials.

Alguns exemples dels requeriments que cal anar resolent són: *a)* establir uns bons procediments per detectar l'origen de la contaminació fecal, ja que els indicadors emprats actualment encara no distingeixen de quin animal prové la contaminació fecal; *b)* conèixer millor com els patògens, sobretot els emergents, responen als tractaments de l'aigua; *c)* obtenir dades epidemiològiques més exactes de molts patògens per fer unes millors deter-

minacions quantitatives del risc microbiològic; d) establir uns procediments, si pot ser sostenibles, que, ja sigui utilitzant les potents eines que ens ofereix la genòmica i les tecnologies associades, ja sigui emprant nous indicadors, com per exemple bacteriòfags de bacteris entèrics, ens permetin fer determinacions en temps real.

Malgrat els importants desafiaments plantejats, els coneixements i les tecnologies disponibles han de ser suficients per assolir-los, sempre que la societat del segle XXI sigui capaç de fer el diagnòstic apropiat de les causes i potencials solucions als problemes que es van presentant.

7. Bibliografia

- ACKERS, M.-L.; QUICK, R. E.; DRASBEK, C. J.; HUTWAGNER, B. L.; TAUXE, R. V. «Are there national risk factors for epidemic cholera? The correlation between socioeconomic and demographic indices and cholera incidence in Latin America». *International Journal of Epidemiology*, vol. 27 (1998), p. 330-334.
- ADAK, G. K.; LONG, S. M.; O'BRIEN, S. J. «Trends in indigenous foodborne disease and deaths, England and Wales: 1992 to 2000». *Gut*, vol. 51 (2002), p. 832-841.
- ANDERSON, C. «Cholera epidemic traced to risk miscalculation». *Nature*, vol. 354 (1991), p. 255.
- BARTRAM, J.; CORRALES, L.; DAVISON, A.; DEERE, D.; DRURY, D.; GORDON, B.; HOWARD, G.; RINEHOLD, A.; STEVENS, M. *Water safety plan manual: Step-by-step risk management for drinking-water suppliers*. Ginebra: World Health Organization, 2009.
- BLANCH, A. R.; JOFRE, J. «Emerging pathogens in wastewaters». A: BARCELÓ, D. (ed.). *The handbook of environmental chemistry*. Vol. 5. Part I. Berlín: Springer, 2004, p. 141-163.
- BOSCH, A.; LUCENA, F.; DíEZ, J. M.; GAJARDO, R.; BLASI, M.; JOFRE, J. «Waterborne viruses associated with hepatitis outbreak». *Journal of the American Water Works Association*, vol. 83 (1991), p. 80-83.
- CALBET, J. M. «L'epidèmia tífica de 1914 a Barcelona». *Gimbernat: Revista Catalana d'Història de la Medicina i de la Ciència*, vol. 31 (1999), p. 237-252.
- CASTRO, R.; REIFF, F. M. «Summary, conclusions, and recommendations of the Symposium on Water Quality in Latin America and the Caribbean. Balancing the microbial and chemical risks in drinking water disinfection». A: CRAUN, G. F. (ed.). *Water quality in Latin America: Balancing the microbial and chemical risks in drinking water disinfection*. Washington, DC: International Life Sciences Institute Press, 1996, p. 13-19.
- COLFORD JR., J. M.; ROY, S. L.; BEACH, M. J.; HIGHTOWER, A.; SHAWN, S. E.; WADE, T. J. «A review of household drinking water intervention trials and an approach to the estima-

- tion of endemic waterborne gastroenteritis in the United States». *Journal of Water and Health*, vol. 4 (2006), p. 71-89.
- CONSELL ASSESSOR PER AL DESENVOLUPAMENT SOSTENIBLE DE LA GENERALITAT DE CATALUNYA. *Informe sobre el canvi climàtic a Catalunya. Resum executiu* [en línia]. Ed. a cura de J. E. Llebot, A. Queralt i J. Rodó. Barcelona, 2005. <<http://www.cat-sostenible.org>>.
- COOK, G. C. «Influence of diarrhoeal disease on military and naval campaigns». *Journal of the Royal Society of Medicine*, vol. 94 (2001), p. 95-97.
- COSTÁN-LONGARES, A.; MONTEMAYOR, M.; PAYÁN, A.; MÉNDEZ, J.; JOFRE, J.; MUERIEGO, R.; LUCENA, F. «Microbial indicators and pathogens: removal, relationships and predictive capabilities in water reclamation facilities». *Water Research*, vol. 42 (2008), p. 4439-4448.
- COTTE, L.; RABODONIRINA, M.; CHAPUIS, F.; BAILLY, F.; BISSUEL, F.; RAYNAL, C.; GELAS, P.; PERSAT, F.; PIENS, M. A.; TREPO, C. «Waterborne outbreak of intestinal microsporidiosis in persons with and without human immunodeficiency virus infection: a case-control study». *Journal of Infectious Diseases*, vol. 180 (1999), p. 2003-2008.
- CRAUN, M. F.; CRAUN, G. F.; CALDERÓN, R. L.; BEACH, M. J. «Waterborne outbreaks reported in the United States». *Journal of Water and Health*, vol. 4 (2006), p. 19-31.
- CRUMP, J. A.; LUBY, S. P.; MINTZ, E. D. «The global burden of typhoid fever». *Bulletin of the World Health Organization*, vol. 82 (2004), p. 346-353.
- CURTIS, V.; CAIRCROSS, S. «Effect of washing hands with soap on diarrhoea risk in the community: a systematic review». *The Lancet Infectious Diseases*, vol. 3 (2003), p. 275-281.
- CUTLER, D.; MILLER, G. «The role of public health improvements in health advances: the twentieth-century United States». *Demography*, vol. 42 (2005), p. 1-22.
- FEWTRELL, L.; KAUFMAN, R. B.; KAY, D.; ENANORIA, W.; HALLER, L.; COLFORD Jr., J. M. «Water, sanitation, and hygiene interventions to reduce diarrhoea in less developed countries: a systematic review and meta-analysis». *The Lancet Infectious Diseases*, vol. 5 (2005), p. 42-52.
- GENERALITAT DE CATALUNYA. «Anàlisi dels microorganismes declarats al sistema de notificació microbiològica (Catalunya, 2006)». *Butlletí Epidemiològic de Catalunya* [en línia], vol. XXVIII (2007a), p. 141-144. <<http://www.gencat.cat/salut/depsalut/html/ca/dir2263/bec102007.pdf>>.
- «Brots epidèmics declarats a Catalunya l'any 2006». *Butlletí Epidemiològic de Catalunya* [en línia], vol. XXVIII (2007b), p. 153-167. <<http://www.gencat.cat/salut/depsalut/html/ca/dir2263/bec102007.pdf>>.
- «Resum de les malalties de declaració obligatòria a Catalunya durant l'any 2006».

- Butlletí Epidemiològic de Catalunya* [en línia], vol. xxviii (2007c), p. 181-189. <<http://www.gencat.cat/salut/depsalut/html/ca/dir2263/bec102007.pdf>>.
- GENERALITAT DE CATALUNYA. «Anàlisi de la mortalitat a Catalunya, 2006». *Butlletí Epidemiològic de Catalunya* [en línia], vol. xxix (2008), p. 1-10. <<http://www.gencat.cat/salut/depsalut/html/ca/dir2263/bec102007.pdf>>.
- GOMA EPIDEMIOLOGY GROUP. «Public health impact of Rwandan refugee crisis: what happened in Goma, Zaire, in July, 1994?». *The Lancet*, vol. 345 (1995), p. 339-344.
- HAAS, C. N.; ROSE, J. B.; GERBA, C.; REGLI, S. «Risk assessment of virus in drinking water». *Risk Analysis*, vol. 13 (1993), p. 545-552.
- HERVÁS, C.; CAHISA, M. «La epidemia de cólera de 1885 en Cornudella (Priorat) según el testimonio del médico Joaquín Ferrandis Piñol». *Gimbernat: Revista Catalana d'Història de la Medicina i de la Ciència*, vol. 19 (1993), p. 137-142.
- HUTTON, G.; BARTRAM, J. «Global costs of attaining the Millenium Development Goal for water supply and sanitation». *Bulletin of the World Health Organization*, vol. 86 (2008), p. 13-19.
- JOFRE, J.; BLANCH, A; LUCENA, F. «Water-borne infectious disease outbreaks associated with water scarcity and rainfall events». A: SABATER, S.; BARCELÓ, D. (ed.). *The handbook of environmental chemistry. Vol. 8: Water scarcity in the Mediterranean*. Berlín: Springer, 2010, p. 141-163.
- JONCOUR, M.-C. «Las cuatro epidemias de cólera observadas en Barcelona durante el siglo XIX, y las consecuencias que tuvieron sobre las relaciones portuarias Barcelona-Marsella». *Anales de Medicina y Cirugía*, vol. LV (1975), p. 297-308.
- LUCENA, F.; JOFRE, J. «Potential use of bacteriophages as indicators of water quality and wastewater treatment processes». A: SABOUR, P. M.; GRIFFITHS, M. W. (ed.). *Bacteriophages in the control of food- and waterborne pathogens*. Washington, DC: ASM Press, 2010, p. 103-118.
- MAC KENZIE, W. R.; HOXIE, N. J.; PROCTOR, M. E.; GRADUS, M. S.; BLAIR, K. A.; PETERSON, D. E.; KAZMIERCZAK, J. J.; ADDISS, D. G.; FOX, K. R.; ROSE, J. B.; DAVIS, J. P. «A massive outbreak in Milwaukee of *Cryptosporidium* infection transmitted through the public water supply». *The New England Journal of Medicine*, vol. 331 (1994), p. 161-167.
- MAIER, E. A.; LIGHTFOOT, N. F.; RAMAEKERS, D. A. «Conclusions». A: MAIER, E. A.; LIGHTFOOT, N. F.; RAMAEKERS, D. A. (ed.). *Technical feasibility of an a priori measurement approach for managing bathing water quality*. Report EUR 17801 EN. Luxemburg: Office for Official Publications of the European Communities, 1997.
- MARA, D. D.; FEACHEM, R. G. A. «Water- and excreta-related diseases: unitary environmental classification». *Journal of Environmental Engineering*, vol. 125 (1999), p. 334-339.

- McMINN, P. C. «An overview of the evolution of enterovirus 71 and its clinical and public health significance». *FEMS Microbiology Reviews*, vol. 26 (2006), p. 91-107.
- MEAD, P. S.; SLUTSKER, L.; DIETZ, V.; MCCAIG, L.-F.; BRESEE, J. S.; SHAPIRO, C.; GRIFFIN, P. M.; TAUXE, R. V. «Food-related illness and death in the United States». *Emerging Infectious Diseases*, vol. 5 (1999), p. 607-625.
- MINTZ, E.; BARTRAM, J.; LOCHERY, P.; WEGELIN, M. «Not just a drop in the bucket: expanding access to point-of-use water treatment systems». *American Journal of Public Health*, vol. 91 (2001), p. 1565-1570.
- MOLL, I. «Epidemiologia des de l'edat mitjana fins a l'actualitat». *Gimbernat: Revista Catalana d'Història de la Medicina i de la Ciència*, vol. 37 (2002), p. 21-54.
- MONTEMAYOR, M.; COSTÁN-LONGARES, A.; LUCENA, F.; JOFRE, J.; MUÑOZ, J.; DALMAU, E.; MUJERIEGO, R.; SALA, L. «The combined performance of UV light and chlorine during reclaimed water disinfection». *Water Science and Technology*, vol. 57 (2008), p. 935-940.
- MORENS, D. M.; FOLKERS, G. K.; FAUCL, A. S. «The challenge of emerging and re-emerging infectious diseases». *Nature*, vol. 430 (2004), p. 242-249.
- MURRAY, C. J. L.; LÓPEZ, A. D. «Evidence-based health policy: lessons from the Global Burden of Disease Study». *Science*, vol. 274 (1996), p. 740-743.
- NAIDOO, A. «Cholera: a continuous epidemic in Africa». *The Journal of the Royal Society for the Promotion of Health*, vol. 122 (2002), p. 89-94.
- NATIONAL WATER COMMISSION. *Using recycled water for drinking: National Water Commission position* [en línia]. Canberra: Australian Government, 2009. <http://www.nwc.gov.au/resources/documents/2_Using_recycled_water_for_drinking_-_PS1.pdf>.
- ÑWACHUKU, N.; GERBA, C. P. «Emerging waterborne pathogens: can we kill them all?». *Current Opinion in Biotechnology*, vol. 15 (2004), p. 175-180.
- PAHO. *Health conditions in the Americas*. Washington, DC: PAHO Publications Center, 1994, p. 167-174.
- PAYMENT, P. «Diseases associated with drinking water supplies that meet treatment and indicator specifications». A: GRABOW, W. O. K. (ed.). *Water and public health. Encyclopedia of life support systems* [EOLSS] [en línia]. Oxford: EOLSS Publishers, 2004. <<http://www.eolss.net>>.
- PAYMENT, P.; FRANCO, E. «*Clostridium perfringens* and somatic coliphages as indicators of the efficiency of drinking water treatment for viruses and protozoan cysts». *Applied and Environmental Microbiology*, vol. 59 (1993), p. 2418-2424.
- RABOLD, J. G.; HOGE, C. W.; SHLIM, D. R.; KEFFORD, C.; RAJAH, R.; ECHEVERRÍA, P. «*Cyclospora* outbreak associated with chlorinated drinking water». *The Lancet*, vol. 344 (1994), p. 1360-1361.

- RÄSÄNEN, S.; LAPPALAINEN, S.; KAIKKONEN, S.; HÄMÄLÄINEN, M.; SALMINEN, M.; VESIKARI, T. «Mixed viral infections causing acute gastroenteritis in children in a waterborne outbreak». *Epidemiology and Infection*, vol. 138 (2010), p. 1227-1234.
- REIFF, F. M. «The status of drinking water disinfection in Latin America and the Caribbean». A: CRAUN, G. F. (ed.). *Water quality in Latin America: Balancing the microbial and chemical risks in drinking water disinfection*. Washington, DC: International Life Sciences Institute Press, 1996, p. 91-105.
- ROBLES, E.; GARCÍA, F.; BERNABEU, J. «La transición sanitaria en España desde 1900 a 1990». *Revista Española de Salud Pública*, vol. 70 (1996), p. 221-223.
- ROOK, J. J. «Formation of haloforms during chlorination of natural waters». *Society of Water Treatments Examination Journal*, vol. 23 (1974), p. 234-247.
- ROY, S. L.; SCALLAN, E.; BEACH, M. J. «The rate of acute gastrointestinal illness in developed countries». *Journal of Water and Health*, vol. 4 (2006), p. 31-71.
- SOBSEY, M. D.; STAUBER, C. E.; CASANOVA, L. M.; BROWN, J. M.; ELLIOT, M. A. «Point of use household drinking water filtration: a practical, effective solution for providing sustained access to safe drinking water in the developing world». *Environmental Science and Technology*, vol. 42 (2008), p. 4261-4267.
- TICKNER, J.; GOUVEIA-VIGEANT, T. «The 1991 cholera epidemic in Peru: not a case of precaution gone awry». *Risk Analysis*, vol. 25 (2005), p. 495-502.
- USEPA. «National Primary Drinking Water Regulations: Long Term 2 Enhanced Surface Water Treatment Rule; 40 CFR Parts 9, 141, and 142». *Federal Register* [en línia], vol. 71 (2006), p. 654-702. <<http://www.epa.gov/fedrgstr/EPA-WATER/2006/January/Day-5/w04a.pdf>>.
- USNRC. *Issues in potable reuse: The viability of augmenting drinking water supplies with reclaimed water*. Washington, DC: National Research Council: National Academy Press, 1998.
- VAILLANT, V.; DE VALK, H.; BARON, E.; ANCELLE, T.; COLIN, P.; DELMAS, M.-C.; DUFOUR, B.; POUILLOT, R.; LE STRAT, Y.; WEINBRECK, P.; JOUGLA, E.; DESENCLOS, J. C. «Foodborne infections in France». *Foodborne Pathogens and Disease*, vol. 2 (2005), p. 221-232.
- VAN DER MERWE, B.; DU PISANI, P.; MENGE, J.; KÖNIC, E. «Water reuse in Windhoek, Namibia: 40 years and still the only case of direct water reuse for human consumption». A: *Water reuse*. Londres: IWA Publishing, 2008, p. 434-455.
- VIDAL, J. R.; LUCENA, F. «Effect of the rains on microbiological quality of bathing waters in Mediterranean areas». A: MAIER, E. A.; LIGHTFOOT, N. F.; RAMAEKERS, D. A. (ed.). *Technical feasibility of an a priori measurement approach for managing bathing water quality*. Report EUR 17801 EN. Luxemburg: Office for Official Publications of the European Communities, 1997, p. 62-65.

- WHO. *Evaluation of the H₂S method for the detection of fecal contamination of drinking-water* [en línia]. Ginebra: World Health Organization, 2002. <http://www.who.int/water_sanitation_health/dwq/WSH02.08.pdf>.
- «Cholera 2005». *Weekly Epidemiological Record* [en línia], vol. 81 (2006a), p. 297-308. <<http://www.who.int/wer>>.
- *WHO guidelines for the safe use of wastewater, excreta and greywater* [en línia]. Vol. 1: *Policy and regulatory aspects*. Ginebra: World Health Organization, 2006b. <http://whqlibdoc.who.int/publications/2006/9241546824_eng.pdf>.
- *The global burden of disease. 2004 update* [en línia]. Ginebra: World Health Organization, 2008. <http://www.who.int/healthinfo/global_burden_disease/en/>.