

institut

L'aigua i el medi

d'estudis

PUBLICACIONS

DE LA

PRESIDÈNCIA

11 / 2003

Cicle de conferències

catalans

**PUBLICACIONS
DE LA
PRESIDÈNCIA
11 / 2003**



L'aigua i el medi

PUBLICACIONS

DE LA

PRESIDÈNCIA

11 / 2003

Cicle de conferències

L'Aigua i el medi ; cicle de conferències. — (Publicacions de la Presidència ; 11)

ISBN 84-7283-672-X


I. Institut d'Estudis Catalans II. Col·lecció: Publicacions de la Presidència ; 11

1. Recursos hidràulics — Explotació — Catalunya — Congressos

2. Aigua — Qualitat — Catalunya — Congressos

3. Ecologia aquàtica — Catalunya — Congressos

628.1(467.1)(061.3)

Amb la col·laboració de  FUNDACIÓ
Caixa Sabadell

4

Disseny gràfic: Enric Satué

© dels autors de les conferències

© 2003, Institut d'Estudis Catalans, per a aquesta edició

Carrer del Carme, 47. 08001 Barcelona

Primera edició: juliol de 2003

Tiratge: 450 exemplars

Text revisat lingüísticament per l'Oficina de Correcció i Assessorament Lingüístics de l'IEC

Compost per fotocomposició gama, s. l.

Imprès a Limpergraf, SL

ISBN: 84-7283-672-X

Dipòsit Legal: B. 29805-2003

Són rigorosament prohibides, sense l'autorització escrita dels titulars del *copyright*, la reproducció total o parcial d'aquesta obra per qualsevol procediment i suport, incloent-hi la reprografia i el tractament informàtic, la distribució d'exemplars mitjançant lloguer o préstec comercial, la inclusió total o parcial en bases de dades i la consulta a través de xarxa telemàtica o d'Internet. Les infraccions d'aquests drets estan sotmeses a les sancions establertes per les lleis.

ÍNDIX

Presentació,
a càrrec de Josep Enric Llebot,
secretari científic de l'Institut d'Estudis Catalans
9

Societat Catalana d'Ordenació del Territori

Recursos i captació

Balanç dels recursos hídrics a Catalunya,
a càrrec de Robert Vergés,
de la Universitat Politècnica de Catalunya
13

Propostes de futur en la reutilització d'aigües a Catalunya,
a càrrec de Joan Compte i Costa,
director general de DepurBaix
47

Societat Catalana de Tecnologia

Qualitat i depuració

La qualitat de les aigües a la Unió Europea,
a càrrec de Manuel A. Soler i Manuel,
de la Universitat Politècnica de Catalunya
65

Reutilització planificada d'aigües residuals urbanes,
a càrrec de Joan García i Serrano,
de la Universitat Politècnica de Catalunya
97

Institució Catalana d'Estudis Agraris

Gestió de recursos hídrics

La gestió de l'aigua per al consum urbà i industrial,
a càrrec de Francesc Vilaró i Rigol,
president d'Aigües Ter-Llobregat
135

Gestió de regadius,
a càrrec de Jordi Peix,
del Departament d'Agricultura, Ramaderia i Pesca
de la Generalitat de Catalunya
143

Societat Catalana d'Estudis Jurídics

L'aigua: una visió normativa,
a càrrec de Joan Perdigó,
de la Universitat de Barcelona
197

Institució Catalana d'Història Natural

La salut dels ecosistemes aquàtics catalans,
a càrrec de Narcís Prat,
de la Universitat de Barcelona
227

Societat Catalana de Biologia

Qualitat de l'aigua litoral: poblacions de risc

Introducció al medi litoral,
a càrrec de Jordi Camp,
de l'Institut de Ciències del Mar, CSIC
263

Està augmentant la freqüència d'aparició de meduses
a les nostres costes?,
a càrrec de Francesc Pagès,
de l'Institut de Ciències del Mar, CSIC
269

El problema de les proliferacions de microalgues
al litoral català,
a càrrec d'Esther Garcés,
de l'Institut de Ciències del Mar, CSIC
283

Desenvolupament d'un sistema predictiu de la qualitat
i la seguretat de les aigües de bany,
a càrrec de Francisco Lucena,
de la Universitat de Barcelona
297

Implicacions de la presència de virus entèrics a l'entorn marí,
a càrrec d'Albert Bosch,
de la Universitat de Barcelona
313

Societat Catalana de Geografia

Natura, cultura i geografia del món de les rieres
mediterrànies,

a càrrec de David Saurí,

de la Universitat Autònoma de Barcelona

327

L'AIGUA I EL MEDI

PRESENTACIÓ,

A CÀRREC DE

JOSEP ENRIC LLEBOT,

SECRETARI CIENTÍFIC

DE L'INSTITUT D'ESTUDIS CATALANS

L'aire, l'aigua, el foc i la terra són els quatre elements fonamentals que des de l'albor de la civilització han concentrat una bona part de les preocupacions de la humanitat. És útil veure que, amb el pas del temps i amb l'evolució civilitzada, l'estudi i el coneixement d'aquests quatre elements bàsics han variat, però, en canvi, es manté la preocupació sobre llur comportament i evolució. Compartim, doncs, amb els nostres antecessors preocupacions similars, tot i que expressades en contextos necessàriament ben diferents.

Les anomenades darrerament *ciències ambientals*, les ciències naturals i humanes que dediquen el focus del seu estudi a la biosfera i a les seves transformacions i pertorbacions, especialment les que són degudes a l'activitat humana, han estat disciplines que s'han desenvolupat al voltant de l'anàlisi i el comportament d'aquells quatre elements. Avui, la qualitat i la quantitat de l'aigua i la seva interrelació amb el medi és important a casa nostra, com també ho és la qualitat de l'aire, especialment a les ciutats, o conèixer i seguir l'evolució de la qualitat del sòl. Tampoc no cal explicar gaire la importància del foc, com a fenomen que afecta els nostres boscos però també, indirectament, com a proveïment de l'energia necessària per al funcionament de la societat moderna.

No és expressió de modernitat, doncs, el debat actual sobre el Pla Hidrològic Nacional (PHN), atès que d'una manera o d'una altra i durant segles hi ha hagut discussions, litigis i baralles sobre l'aigua, la seva propietat i el seu ús, com a conseqüència dels quals han sorgit institucions d'arbitri i gestió —algunes de les quals són les més antigues del nostre país.

D'altra banda, l'evolució del coneixement científic, especialment durant el segle XX, ha comportat una gran especialització i, conseqüentment, una compartimentació temàtica. El catàleg de les titulacions de les universitats del nostre país n'és un bon exemple. Si bé això és bo, a vegades com-

porta visions per sectors mancades de perspectiva global. A causa dels problemes que actualment hi ha a la biosfera, i com a conseqüència de les activitats humanes, cal tenir-ne un coneixement especialitzat però també una visió global. L'anomenada *pluridisciplinarietat*, *interdisciplinarietat* o *multidisciplinarietat* és una fita difícil d'aconseguir i mancada sovint d'una aproximació metodològica clara.

L'Institut d'Estudis Catalans, mitjançant les seves societats científiques, pretén dur a terme un dels seus objectius estatutaris: la difusió de la ciència. Enguany, en la publicació que presentem, es recullen els textos que corresponen a un intent de proporcionar un enfocament global sobre el problema de l'aigua a partir de la visió temàtica i especialitzada de set societats de l'Institut. La Societat Catalana de Tecnologia, la Societat Catalana d'Ordenació del Territori, la Institució Catalana d'Estudis Agraris, la Societat Catalana d'Estudis Jurídics, la Societat Catalana de Geografia, la Societat Catalana de Biologia i la Institució Catalana d'Història Natural han ofert, durant els mesos d'abril i de maig de 2001, un cicle de conferències en el qual s'ha reflectit la seva visió en aspectes tan diversos sobre l'aigua com la captació i la reutilització, la qualitat i la depuració, la gestió, la qualitat i els ecosistemes, els riscos associats a l'aigua a casa nostra i la normativa que en regula l'extracció, i l'ús i la depuració.

Globalment, el cicle ha aportat una visió multidisciplinària molt útil i interessant, que espero que hagi quedat ben recollida en aquesta publicació. Tinc l'esperança, també, que aquesta iniciativa de col·laboració pugui repetir-se en el futur, aprofitant la important aportació que poden oferir les societats científiques de l'IEC al coneixement científic i tècnic de problemes d'actualitat i d'interès del nostre país.



SOCIETAT CATALANA
D'ORDENACIÓ
DEL TERRITORI
RECURSOS I CAPTACIÓ
BALANÇ DELS RECURSOS HÍDRICS
A CATALUNYA,
A CÀRREC DE
ROBERT VERGÉS,
DE LA UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE CATALUNYA

Per a fer un balanç dels recursos hídrics a Catalunya cal, en primer lloc, conèixer la situació actual de la demanda d'aigua, distingint, d'una banda, la demanda urbana i industrial i, de l'altra, la demanda agrícola. Altres aspectes importants en relació amb el consum d'aigua són l'estacionalitat de la demanda, les dotacions i la procedència dels recursos d'aigua (xarxes regionals i recursos locals). Aquest primer bloc es completarà amb un comentari sobre l'evolució de la demanda d'aigua que hi ha hagut els darrers anys i amb les previsions de demanda futura.

En segon lloc, és necessari determinar la qualitat dels recursos utilitzats i la garantia de subministrament que ens ofereixen aquests recursos d'aigua. Per a efectuar un balanç hídric no n'hi ha prou amb els aspectes quantitius; cada cop més la societat reclama disposar d'aigua de bona qualitat, especialment per a usos urbans. La garantia de subministrament té en compte que la disponibilitat de recursos hídrics varia en funció de la meteorologia, i per a avaluar-la es requereix la utilització de models matemàtics que simulen el comportament del sistema hidràulic.

En tercer lloc, cal tenir en compte les diferents possibilitats que hi ha d'estalvi i de reutilització d'aigua depurada. L'estalvi es pot aconseguir disminuint les dotacions i també reduint les pèrdues de les xarxes i millorant-ne la gestió. També cal considerar la necessitat de mantenir cabals circulants en els rius i de no sobreexplotar els aqüífers subterranis.

Finalment, hi ha la possibilitat d'augmentar els recursos disponibles mitjançant el transvasament d'aigua d'altres conques o bé dessalant aigua.

1. LA PLANIFICACIÓ HIDROLÒGICA

Catalunya està dividida pràcticament en dues meitats, pel que fa a la planificació hidrològica. D'una banda, hi ha la zona que pertany a la conca del riu Ebre i, de l'altra, les anomenades *conques internes* de Catalunya, que inclou els rius i les rieres que desemboquen directament al mar.

1.1. *El Pla Hidrològic de les Conques Internes de Catalunya*

Aquest document, aprovat definitivament l'any 1998, constitueix la principal referència en matèria de planificació hidràulica. Aquest Pla va ser elaborat per la Generalitat de Catalunya a partir de la divisió del territori en quatre sistemes:

- Sistema nord, format pels subsistemes Muga-Fluvià, Ter i Tordera.
- Sistema centre, format pels subsistemes Besòs-Maresme, Llobregat, Anoia i Foix.
- Sistema sud.
- Sistema Baix Ebre-Montsià.

El Pla Hidrològic es va redactar l'any 1989 i preveia tres horitzons temporals: 1992, 2002 i 2012. Per a cadascun d'aquests horitzons es van avaluar els recursos i les demandes (taula 1, 2 i 3):

TAULA 3. *Pla Hidrològic de les Conques Inter-
nes de Catalunya (1989). Balanç*

Sistema	Balanç (hm^3/any)		
	1992	2002	2012
Nord	143	131	126
Centre	-98	-263	-416
Sud	28	-2	-16
Baix Ebre-Montsià	0	1	2
Total conques internes	73	-133	-304

El Pla Hidrològic de les Conques Internes és un document que ha quedat obsolet pel que fa a la metodologia emprada. Els dos aspectes més destacables són que, d'una banda, la demanda es calculava com una quantitat d'aigua que la població i les indústries haurien de consumir en una situació teòrica òptima (per habitant i per superfície de sòl industrial, respectivament). Aquest mètode tendeix a sobrevalorar la demanda.

De l'altra, quan es varen fer els estudis corresponents a aquest Pla no es donava gaire importància als aspectes qualitius de l'aigua ni tampoc a la necessitat de mantenir cabals circulants als rius. Aquests dos aspectes comporten una reducció dels recursos disponibles. Per tant, es pot afirmar que al Pla Hidrològic els recursos estan sobrevalorats.

A la pràctica, els dos aspectes esmentats es compensen, per la qual cosa les xifres dels balanços continuen sent versemblants.

Però els aspectes més destacables són qualitius:

- A les conques internes de Catalunya la demanda per a regadiu no arriba al 25 %.
- Al sistema centre la demanda per a regadiu representa el 10 % de la demanda total. Les xifres que s'acostumen a utilitzar en parlar d'aigua per a regadiu no són aplicables en absolut a la situació de les conques internes de Catalunya.

- Al sistema centre la demanda d'aigua supera els recursos disponibles, tot i que actualment ja hi ha una aportació des del riu Ter.
- Al sistema sud la demanda està força equilibrada amb els recursos, gràcies a l'aportació d'aigua des dels canals del delta de l'Ebre.

Un cop fet aquest breu repàs del Pla Hidrològic veurem quina és la demanda d'aigua a l'àrea metropolitana de Barcelona, que és la zona amb un consum d'aigua més gran.

1.2. *El Pla Hidrològic de l'Ebre*

El 49 % de la superfície de Catalunya correspon a la conca del riu Ebre. En aquesta part del territori hi viu menys del 9 % de la població total catalana.

La conca més gran és la del riu Segre, seguida per la del Noguera Pallaresa i la meitat del Noguera Ribagorçana, que està compartida amb l'Aragó. Altres conques de menor superfície són les dels rius Montsant, Ciurana, Canaleta, Sec i Algàs (aquesta compartida també amb l'Aragó).

Els recursos disponibles són els següents:

- a) Segre: aportació mitjana de 1.150 hm³/any, amb un nivell màxim de 2.187 hm³/any i un nivell un mínim de 325 hm³/any.
- b) Noguera Pallaresa: aportació mitjana de 1.350 hm³/any, amb un nivell màxim de 2.100 hm³/any i un nivell mínim de 570 hm³/any.
- c) Noguera Ribagorçana: aportació mitjana de 627 hm³/any, amb un nivell màxim de 1.000 hm³/any i un nivell mínim de 320 hm³/any.
- d) Les altres conques tenen aportacions molt menors.

S'estima que l'aportació mitjana de l'Ebre si no hi hagués cap intervenció humana seria d'uns 18.000 hm³/any.

A la pràctica, a Tortosa la mitjana des de l'any hidrològic 1960/1961 ha estat de 12.600 hm³/any, amb un nivell màxim de 29.000 hm³/any i un nivell mínim de 4.300 hm³/any.

A la part catalana de la conca de l'Ebre, la demanda principal són els regadius. A Catalunya hi ha unes 200.000 ha de regadiu (Urgell, 75.000 ha; Pinyana, 13.500 ha; Aragó i Catalunya, 40.000 ha; marge dret del Delta, 15.000 ha, i marge esquerre del Delta, 12.500 ha; la resta, unes 45.000 ha, corresponen a petits regadius).

La demanda d'aigua per a regadiu és d'uns 2.000 hm³/any, amb dotacions que arriben fins a 20.000 m³/ha/any al Delta.

La demanda per abastament d'aigua és de 45 hm³/any. A més, 55 hm³/any corresponen al transvasament d'aigua al Camp de Tarragona des dels canals del Delta.

Pel que fa a demandes futures, el Pla hidrològic de l'Ebre preveu el subministrament d'aigua a 150.000 ha de nous regadius (Segarra-Garrigues, Algerri-Balaguer, Garrigues sud, Terra Alta, Xerta-Sènia i Aldea-Camarles). Aquesta superfície pot representar una nova demanda de 1.000 a 1.500 hm³/any addicionals.

Els aspectes més interessants que cal destacar són els següents:

- Els recursos disponibles a la part catalana de la conca de l'Ebre superen amb escreix les demandes d'aigua.
- El consum per regadiu representa el 95 % del consum total.
- Els cabals a l'estiu al tram final de l'Ebre sovint són inferiors a 100 m³/s, que és la xifra que s'ha utilitzat sovint com a cabal ecològic a la desembocadura.

— S'observa una tendència descendent en les aportacions que arriben a la desembocadura.

2. L'ABASTAMENT URBÀ A L'ÀREA METROPOLITANA DE BARCELONA

L'abastament d'aigua a Barcelona i a la seva regió metropolitana, que comprèn la major part dels municipis de les comarques del Barcelonès, el Baix Llobregat, el Garraf, el Maresme, l'Alt Penedès, el Vallès Oriental, el Vallès Occidental, l'Anoia i la part costanera de la Selva, depèn o dependrà en el futur en gran mesura dels recursos d'aigua superficial dels rius Ter i Llobregat, atès que els recursos locals són, des de fa temps, insuficients i molt sovint inadequats per a atendre les necessitats d'aigua de les poblacions i les indústries de la zona.

20

La competència de la xarxa de subministrament d'aigua als diferents usuaris (abastament *en baixa*, des dels dipòsits fins als domicilis) és municipal, d'acord amb la legislació de règim local. La responsabilitat de l'abastament públic (*en alta*, des de la captació fins als dipòsits) correspon a l'empresa pública Aigües Ter Llobregat (ATLL), creada pel Parlament de Catalunya. La situació és força similar al Camp de Tarragona, on l'abastament en alta correspon al Consorci d'Aigües de Tarragona i a la franja litoral de les comarques gironines, on actua el Consorci de la Costa Brava. A les comarques de Ponent hi ha també diverses mancomunitats amb la responsabilitat de la gestió en alta.

L'àrea de Barcelona disposa d'una autèntica xarxa regional, anomenada *sistema Ter-Llobregat*, per a la captació, la potabilització i l'adducció de l'aigua als diferents municipis que hi són connectats. Aquesta xarxa disposa de tres estacions de tractament d'aigua potable, Ter (Cardedeu i la Roca del Vallès), Llobregat (Abrera) i Llobregat (Sant Joan Despí).

La situació actual de l'abastament d'aigua a l'àmbit en qüestió es caracteritza pel fet notable que els recursos disponibles a penes excedeixen la demanda de cabals. Així, en anys amb una sequera estival més acusada, com ha estat el cas dels estius dels anys 1994, 1998, 1999 i 2000, apareixen problemes de subministrament en certes zones de l'àmbit, fet que demostra que s'està arribant al sostre dels recursos disponibles.

Un altre aspecte que cal destacar és que la qualitat de l'aigua procedent dels recursos locals és en molts indrets totalment inadequada, i només s'utilitza a causa de la manca de recursos de millor qualitat. És evident que en el moment que es disposi de cabals procedents de la xarxa regional (de qualitat i quantitat garantides) aquests recursos locals se substituiran força ràpidament pels primers.

2.1. *Demanda d'aigua a la regió de Barcelona*

21

La demanda d'aigua en aquesta regió ha estat avaluada per ATLL, que ha analitzat, municipi a municipi, les necessitats reals d'aigua i els problemes que tenen els recursos locals (garantia i qualitat). És a dir, les dades que s'exposen a continuació responen al consum real:

- *Demografia*

Durant la primera meitat dels anys setanta, la població total de l'àrea va créixer de 500.000 persones, fins a sobrepassar els quatre milions d'habitants. En canvi des del començament dels anys vuitanta el creixement absolut ha estat molt petit i, per tant, es pot parlar d'un vertader estancament demogràfic (taula 4).

TAULA 4. *Evolució històrica de la població (1970-1996)*

<i>Comarca</i>	<i>1970</i>	<i>1975</i>	<i>1981</i>	<i>1986</i>	<i>1991</i>	<i>1996</i>
Alt Penedès	56.788	60.900	64.894	67.005	69.863	73.196
Anoia	65.903	70.281	78.201	79.594	82.450	86.964
Baix Llobregat	387.609	513.052	573.461	583.354	610.192	643.419
Barcelonès	2.275.950	2.412.613	2.454.491	2.376.600	2.302.137	2.131.378
Garraf	54.764	62.904	69.084	71.816	76.915	90.435
Maresme	189.574	230.137	253.527	269.502	293.103	318.891
Selva (parcial)	27.596	31.743	36.719	43.378	47.416	52.123
Vallès Occidental	445.823	545.750	598.324	620.786	649.699	685.600
Vallès Oriental	155.371	194.610	225.095	240.464	262.513	285.129
Total àrea	3.659.378	4.121.990	4.353.796	4.352.499	4.394.288	4.369.131

D'altra banda, s'observa un desplaçament intern de la població des de les zones centrals de l'àrea cap a la perifèria. Així, a partir del començament dels anys vuitanta, la comarca del Barcelonès perd habitants a un ritme de 15.000 hab./any, una gran part dels quals es traslladen a les comarques del Baix Llobregat (4.000-5.000 hab./any), el Maresme (4.000-5.000 hab./any), el Vallès Occidental (4.000-5.000 hab./any) i el Vallès Oriental (3.000-4.000 hab./any).

S'ha de destacar l'enorme concentració de la població al voltant de Barcelona i a les tres comarques centrals (Barcelonès, Baix Llobregat i Vallès Occidental): el Barcelonès representa el 49 % de la població, amb el 3 % del territori, mentre que el 80 % de la població total de l'àrea (i el 60 % de Catalunya) viu a les tres comarques esmentades, que representen únicament el 30 % de la superfície total de l'àrea.

El trasllat de població té lloc també durant els mesos d'estiu, fet que origina una població estacional en determinades zones costaneres i perifèriques de l'àrea. La població estacional no es típicament turística ja que, excepte a la ciutat de Barcelona, al Maresme nord i a la Selva, no es rep una afluència turística pròpiament dita. En realitat es tracta de la mateixa població de l'àrea que es desplaça a les segones

residències. La població estacional es pot estimar en uns 550.000 habitants, el 15 % de la població fixa, i és especialment significativa al Garraf (quasi el 100 % de la població fixa), al Vallès Oriental (25 %), al Maresme nord (100 %) i a la Selva (més de 300 %).

- *Prognosi de creixement demogràfic*

Per al conjunt de l'àmbit de l'estudi, les projeccions realitzades pel Pla Territorial Metropolità de Barcelona donen un increment d'unes 550.000 persones fins a l'horitzó 2025, la qual cosa representa una taxa de creixement anual acumulativa del 4,1%. Aquest creixement global, relativament modest però, representa un creixement molt important per a les comarques de la perifèria de l'àmbit ja que, dins el context de l'esmentat reequilibri del territori metropolità, implica el trasllat d'uns 200.000 habitants més, procedents del Barcelonès, amb la qual cosa l'augment de població d'aquestes comarques serà de 750.000 persones l'any 2025 (taula 5).

23

TAULA 5. *Prognosi de població de l'àrea de Barcelona (horitzó 2025)*

Comarca	Horitzó 2025		Coef. increm.	TCAA (%)
	Població 1996	Població 1996-2025		
Alt Penedès	73.196	111.113	37.917	1,52
Anoia	86.964	129.425	42.461	1,49
Baix Llobregat	643.419	876.729	233.310	1,36
Barcelonès	2.131.378	1.932.124	-199.254	0,91
Garraf	90.435	139.295	48.860	1,54
Maresme	318.891	354.897	36.006	1,11
Selva (parcial)	52.123	111.317	59.194	2,14
Vallès Occidental	685.600	821.853	136.253	1,20
Vallès Oriental	285.129	449.396	164.267	1,58
Total àmbit	4.369.131	4.926.149	557.018	1,13

L'any 1998, l'Institut d'Estadística de Catalunya va publicar una monografia, *Projeccions de població de Catalunya 2010-2030*, que analitza quatre escenaris d'evolució de la població de dret per al conjunt de Catalunya. Posteriorment, l'any 1999, el mateix Institut d'Estadística de Catalunya va desenvolupar un dels quatre escenaris (el que en l'estudi s'anomena «escenari tendencial»), que determina l'evolució de les diverses comarques. El resultat d'aquesta prognosi es recull a la taula 6:

TAULA 6. *Projecció de població de dret de l'àrea de Barcelona (1999)*

<i>Comarca</i>	<i>1996</i>	<i>2001</i>	<i>2006</i>	<i>2011</i>
Alt Penedès	73.196	76.532	80.654	84.467
Anoia	86.964	90.230	94.631	98.645
Baix Llobregat	643.419	669.079	702.737	733.693
Barcelonès	2.131.378	2.027.598	1.953.741	1.905.103
Garraf	90.435	100.622	111.530	120.938
Maresme	318.891	340.090	365.880	389.276
Selva (parcial)	52.123	55.543	59.946	63.885
Vallès Occidental	685.600	715.789	755.337	791.952
Vallès Oriental	285.129	305.683	328.811	348.788
Total	4.369.131	4.381.166	4.453.267	4.536.747

És important assenyalar que d'aquestes dades es dedueix que la taxa de creixement anual acumulativa prevista en l'*escenari tendencial* és del 2,5 %, mentre que en l'estudi que va servir de base per al Pla Territorial Metropolità de Barcelona i que s'ha utilitzat com a base de l'estudi de demanda d'aigua, la taxa de creixement anual acumulativa era del 4,1 %.

- *Demanda actual urbana i industrial*

La demanda s'avalua a partir de les informacions següents:

- Volums d'aigua subministrats pels serveis d'aigua municipals procedents de dos recursos possibles:

- cabals subministrats per la xarxa general
 - fonts pròpies municipals
- Fonts pròpies industrials, d'urbanitzacions i d'altres usuaris.

La demanda actual total d'aigua urbana i industrial és d'uns 500 hm³/any, equivalent a un cabal continu de 16 m³/s. D'aquesta demanda total, la urbana domèstica i pública és de 370 hm³/any, el 75 % de la demanda total, mentre que la demanda industrial és de 130 hm³/any, el 25 % restant.

Pel que fa a la distribució territorial de la demanda, una mica més de la tercera part correspon a la comarca del Barcelonès. Les tres comarques més poblades que constitueixen els sistemes congestionats i en via de congestió (Barcelonès, Baix Llobregat i Vallès Occidental), s'emporten quasi el 75 % de tota la demanda d'aigua de l'àmbit de l'estudi (taula 7).

25

TAULA 7. *Demanda urbana i industrial (1998)*

<i>Comarca</i>	<i>Demanda urbana hm³/any</i>	<i>Demanda industrial hm³/any</i>	<i>Demanda total hm³/any</i>	<i>Percentatge del total de l'àmbit</i>
Alt Penedès	5,7	1,9	7,6	1,5
Anoia	7,9	1,9	9,8	1,9
Baix Llobregat	53,5	39,1	92,6	18,4
Barcelonès	168,0	32,0	200,0	39,8
Garraf	10,9	1,1	12,0	2,4
Maresme	32,8	10,9	43,7	8,7
Selva (parcial)	12,3	3,8	16,1	3,2
Vallès Occidental	58,1	25,1	83,2	16,5
Vallès Oriental	25,2	12,9	38,1	7,6
Total de l'àmbit	374,4	128,7	503,1	100,0

La forta implantació industrial a les comarques del Baix Llobregat i a les dues comarques del Vallès, també es

confirmen en vista de les dades de la demanda d'aigua industrial, ja que en aquestes comarques la proporció de l'aigua industrial supera la mitjana (al voltant del 40 %). A aquest respecte, cal ressaltar la forta demanda industrial del Barcelonès.

- *Estacionalitat de la demanda*

La demanda punta es manifesta al mes de juliol (i en segon terme al mes de setembre) ja que, al mes d'agost, d'una banda, hi ha una aturada general de l'activitat industrial i, de l'altra, el desplaçament massiu de la població supera amb escreix l'afluència turística. Això no vol dir que en determinats municipis del Maresme i del Vallès Oriental i, òbviament, de la Selva, amb activitat industrial poc significativa o inexistent, no es presentin demandes elevades al mes d'agost; les xifres obtingudes per al mes de juliol, no obstant això, són igualment aplicables en aquests casos.

Al mes de juliol, la demanda total de l'àmbit pot estimar-se un 15 % més elevada que la mitjana mensual, al voltant de 48 hm³/mes (uns 18 m³/s).

Pel que fa al subministrament d'ATLL, el cabal mitjà mensual subministrat l'any 1998 a partir de les plantes de tractament del Ter (Cardedeu i la Roca del Vallès) i del Llobregat (Abrera), va ser de 639.000 m³/dia (7,4 m³/s), mentre que al mes de juliol va ser d'uns 792.000 m³/dia (9,2 m³/s), és a dir, un 24 % superior a la mitjana i pràcticament igual a la capacitat de les dues plantes de tractament.

- *Dotacions*

Aquest paràmetre tan característic de la demanda mostra una variabilitat enorme de municipi a municipi, si bé hi ha una certa uniformitat comarcal. Pel que fa a les dotacions

mitjanes anuals globals, els valors se situen dins la forquilla de 192 a 3.138 l/hab./dia (Santa Coloma de Gramenet i Castellbisbal, respectivament). Evidentment, la gran variació és deguda a les particularitats de cada municipi, principalment a la demanda industrial i a l'estacionalitat de la demanda, ja que per a calcular la dotació mitjana anual habitualment es divideix la demanda per la població fixa. D'aquesta manera, destaquen per les seves dotacions elevades les comarques amb una forta implantació industrial i amb una estacionalitat elevada de la demanda (Baix Llobregat, Maresme i la part de la Selva estudiada) i la dotació moderada del Barcelonès.

La dotació mitjana anual de tot l'àmbit, per a tots els usos, és de 310 l/hab./ dia (aproximadament 110 m³/hab./any). La del Barcelonès és de 260 l/hab./dia, mentre que les dotacions observades a les altres comarques són totes superiors a la mitjana. Les dotacions urbanes (domèstiques i públiques) estan més igualades, i només destaquen les comarques amb una gran estacionalitat, com el Garraf, el Maresme i la Selva (parcialment).

La dotació per a usos domèstics i públics és d'uns 80 m³/hab./any, que correspon a uns 210 l/hab./dia. La dotació per a usos industrials es determina en funció de la superfície industrial, i és de 0,6 l/s/ha.

Pel que fa a la dotació domèstica, Josep Alabern ha elaborat diferents gràfiques que mostren les grans variacions que hi ha en funció de la tipologia de l'habitatge, del nombre d'ocupants i del cabal instal·lat. Les xifres de dotació domèstica varien entre els 55 m³/hab./any en una zona urbana, fins als 110 m³/hab./any en una urbanització de segona residència (taula 8).

TAULA 8. *Dotacions globals mitjaneres anuals (1998)*

<i>Comarca</i>	<i>Dotació global m³/hab./any</i>	<i>l/hab./dia</i>
Alt Penedès	126	345
Anoia	125	343
Baix Llobregat	141	388
Barcelonès	94	258
Garraf	125	342
Maresme	136	372
Selva (parcial)	296	811
Vallès Occidental	120	327
Vallès Oriental	132	362
Total àmbit	113	311

• *Procedència dels cabals*

Les fonts de subministrament en l'àmbit de l'estudi són les següents:

28

- Xarxes regionals
 - xarxa d'ATLL (plantes del Ter i del Llobregat)
 - xarxa d'AGBAR (planta de Sant Joan Despí i pous de Cornellà)
 - aqüeducte de Dosrius
 - xarxa de la mina pública de Terrassa
 - xarxa de l'Alt Maresme
 - xarxa de la Costa Brava sud.
- Fonts pròpies (aigua subterrània aprofitada mitjançant pous)
 - municipals
 - industrials
 - urbanitzacions i altres usuaris (com ara comunitats de propietaris).

Les xarxes regionals subministren actualment 340 hm³/any, que és l'equivalent al 75 % de tota la deman-

da d'aigua (taules 9 i 10). Per tant, 160 hm³/any s'obtenen a partir de fonts pròpies (aquífers subterranis). La quantitat d'aigua gestionada pels serveis d'aigua municipals (públics, privats o mixtos) és de 430 hm³/any, el 85 % de la demanda total, mentre que les fonts pròpies no municipals (industrials i urbanitzacions) només representen 70 hm³/any (15 %).

TAULA 9. *Distribució dels cabals (1998)*

<i>Comarca</i>	<i>Xarxes regionals</i>		<i>Recursos locals</i>		<i>Total</i> <i>hm³/any</i>
	<i>hm³/any</i>	<i>%</i>	<i>hm³/any</i>	<i>%</i>	
Alt Penedès	0,025	0,3	7,534	99,7	7,559
Anoia	0,770	7,8	9,075	92,2	9,845
Baix Llobregat	46,417	50,1	46,220	49,9	92,637
Barcelonès	196,518	98,3	3,489	1,7	200,007
Garraf	0,878	7,3	11,104	92,7	11,982
Maresme	30,518	69,9	13,133	30,1	43,651
Selva (parcial)	12,043	75,0	4,008	25,0	16,051
Vallès Occidental	69,489	83,6	13,673	16,4	83,161
Vallès Oriental	17,697	46,5	20,353	53,5	38,050
Total àmbit	374,354	74,4	128,589	25,6	502,944

29

TAULA 10. *Procedència dels cabals (1998)*

<i>Procedència</i>	<i>hm³/any</i>	<i>%</i>
Xarxa ATLL	228,2	45,4
Xarxa AGBAR	101,5	20,2
Aqüeducte de Dosrius	0,7	0,1
Xarxa mina pública de Terrassa	19,3	3,8
Xarxa Alt Maresme	8,7	1,7
Xarxa Costa Brava sud	12,0	2,4
<i>Total xarxes en alta</i>	374,4	74,4
Fonts pròpies municipals	53,8	10,7
<i>Total abastament municipal</i>	428,2	85,1
Fonts pròpies industrials	62,7	12,5
Urbanitzacions i altres	12,0	2,4
<i>Total abastament no municipal</i>	74,7	14,9
Total àmbit	502,9	100,0

La població servida per les xarxes regionals (és a dir la que, de forma total o parcial, té accés a cabals procedents d'aquestes xarxes), és d'unes 4.050.000 persones, aproximadament el 90 % de la població fixa total.

- *Recursos locals*

Els cabals procedents de recursos subterranis són de 175 hm³/any, és a dir, el 35 % dels cabals subministrats totals. El 65 % restant (325 hm³/any) és d'origen superficial (Ter i Llobregat).

Entre els aquífers destaca el del delta del Llobregat, la cubeta d'Abrera i el conjunt dels aquífers del Besòs (taula 11). El 62 % de l'aigua subterrània prové dels diferents aquífers de la conca del riu Llobregat. Quant a l'evolució dels cabals totals extrets de l'aquífer del delta del Llobregat, les extraccions actuals són menys de la meitat dels del començament dels anys setanta, quan la sobreexplotació va originar problemes seriosos, com ara la intrusió de l'aigua de mar.

TAULA 11. *Distribució dels recursos locals per aquífers (1998)*

<i>Aquífer</i>	<i>m³/any</i>	<i>%</i>
Delta del Llobregat	56,7	29,0
Cubeta de Sant Andreu	8,1	4,1
Cubeta d'Abrera	38,6	19,8
Riera de Rubí/Arenes	0,8	0,4
Penedès	7,5	3,8
Anoia	1,1	0,6
Carme Capellades	8,0	4,1
Total conca del Llobregat	120,8	61,9
Garraf	11,6	5,9
Besòs	29,2	15,0
Maresme	5,9	3,0
Tordera	19,3	9,9
Costa Brava sud	8,4	4,3
Total àmbit de l'estudi	195,2	

- *Evolució històrica de la demanda*

Les dades de subministrament mostren que la introducció de les taxes hidràuliques va comportar una disminució del consum d'aigua. A partir d'aleshores hi ha hagut un cert augment, fins a arribar al nivell del començament dels anys noranta (taula 12).

TAULA 12. *Evolució de la demanda a la xarxa regional (1992-1999)*

	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999
ATLL	214,7	212,3	224,3	216,1	193,2	191,3	233,0	235,5
Agbar	105,9	97,3	75,8	88,9	108,4	110,4	71,3	81,3
Mina publ. Terrassa	2,6	1,9	4,2	4,2	4,2	5,2	4,0	4,9
Total	323,2	311,5	304,3	309,2	305,7	306,9	308,3	321,7

D'altra banda, l'augment progressiu dels cabals subministrats a alguns municipis de la perifèria de l'àmbit (els dos Vallès, principalment), reflecteix els dos fenòmens ja esmentats:

- El desplaçament de la població des del centre cap a la perifèria.
- L'existència d'una demanda latent a la xarxa regional, que té dos components: un increment de la demanda actual per a suplir les necessitats i una substitució dels recursos locals que presenten problemes de garantia i/o de qualitat.

- *Demanda futura a l'horitzó 2025*

La prognosi de la demanda total en l'àmbit de l'estudi a l'horitzó 2025 s'ha avaluat en 636 hm³/any, equivalent a un cabal mitjà de 20 m³/s, aproximadament (taula 13).

La demanda total a la xarxa regional que permetria satisfer aquesta demanda (considerant, com s'ha dit, els

TAULA 13. Demanda futura el 2025

Comarca	Població 2025 hab.	Demanda 1994		Demanda 2025		Recursos locals hm ³ /any	Demanda a xarxa regional hm ³ /any	Increment demanda regional hm ³ /any	Increment demanda regional hm ³ /any
		hm ³ /a	%	hm ³ /a	%				
Alt Penedès	111.113	8,5	1,7	15,2	2,4	3,1	12,1	6,7	12,1
Anoia	129.425	17,5	3,5	25,9	4,1	9,3	16,6	8,4	16,4
Baix Llobregat	876.729	91,6	18,4	138,8	21,8	39,1	99,8	47,2	57,3
Barcelonès	1.932.124	208,7	41,9	195,3	30,7	0,0	195,3	-13,4	-7,9
Garraf	139.295	11,4	2,3	20,9	3,3	0,0	20,9	9,5	20,9
Maresme	354.897	36,0	7,2	48,3	7,6	2,8	45,5	12,3	25,0
Selva (parcial)	111.317	7,2	1,4	15,8	2,5	3,1	12,8	8,6	12,8
Vallès Occidental	821.853	81,9	16,4	112,6	17,7	25,6	87,0	30,7	42,7
Vallès Oriental	449.396	35,9	7,2	63,4	10,0	9,4	54,0	27,5	39,0
Total àmbit	4.926.149	498,8	100,0	636,2	100,0	92,3	543,9	137,4	218,1

recursos locals en el nivell establert per a una situació actual òptima) és de 544 hm³/any (17,2 m³/s). L'increment de la demanda respecte de la situació actual de partida és de 137 hm³/any, és a dir un cabal continu de 4,4 m³/s, mentre que l'increment de la demanda envers la xarxa regional s'avalua en 282 hm³/any, un cabal mitjà de quasi 7 m³/s.

La dotació global de tot l'àmbit de l'estudi augmenta de 310 l/hab./dia a 350 l/hab./dia. El motiu d'aquest increment és bàsicament el desplaçament de la població a municipis amb dotacions més elevades (degudes a un nivell de vida més elevat i a un tipus d'habitatge —proporció més alta de cases amb jardí— que comporten una demanda unitària més alta). També s'ha de considerar un factor de seguretat que ha de permetre absorbir augments de la població motivats, per exemple, per una immigració superior a la que estimaven els estudis demogràfics oficials (taula 14).

TAULA 14. *Dades principals*

<i>Paràmetres</i>	<i>Actual</i>	<i>Actual b</i>	<i>Futura 2025</i>
Població de fet (hab.)	4.435.000	4.435.000	5.000.000
Demanda a la xarxa regional (hm ³ /any)	325	400	550
Demanda de recursos locals (hm ³ /any)	175	100	100
<i>Demanda total (hm³/any)</i>	500	500	650
Recursos superficials (hm ³ /any)	325	225	225
Recursos subterranis (hm ³ /any)	175	100	100
Recursos addicionals (hm ³ /any)	0	175	325
<i>Recursos totals (hm³/any)</i>	500	500	650
Dotació per càpita (m ³ /hab./any)	113	113	129

3. RECURSOS UTILITZATS

3.1. *Quantitat i garantia de subministrament*

Per a decidir si un sistema d'abastament és suficient per a satisfer la demanda d'aigua cal definir el criteri de garantia.

La dificultat d'aquesta definició és que no es pot establir un criteri amb validesa universal ja que les situacions són extremadament diverses. Entre diferents abastaments varien les conseqüències econòmiques i socials de les fallades de subministrament, l'existència de fonts alternatives de recursos, la capacitat de reducció de la demanda i també el nivell de risc acceptat per la població servida.

D'altra banda, el criteri que s'utilitzi ha de buscar un compromís entre la senzillesa —per a facilitar-ne la comprensió—, i la representativitat —per a reflectir el nombre, la magnitud i la seqüència de les fallades.

Per a abastar grans aglomeracions urbanes, com és el cas, els especialistes proposen un criteri de servei sense fallades. Aquest plantejament es basa en la idea que el subministrador es compromet a servir un determinat volum, subjecte a fortes penalitzacions si no compleix. El Centre d'Estudis Hidrològics del Cos d'Enginyers de l'exèrcit dels Estats Units d'Amèrica diu que «generalment es consideren intolerables els dèficits en l'abastament d'aigua potable. Tanmateix, es pot admetre alguna disminució en el volum destinat a usos municipals o industrials sense produir efectes econòmics greus, reduint alguns dels usos menys importants com rec de jardins, rentat de cotxes, etc. Dèficits superior al 10 % solen produir danys notables. La majoria dels embassaments per a abastament es dimensionen per a subministrar el volum garantit (*safe yield*) durant la sequera més crítica registrada, si es manté un volum de reserva per a utilitzar-lo si es presenta una sequera sense precedents».

Per tant, en la planificació del sistema d'abastament a una població important s'ha d'utilitzar el criteri de servei a prova de fallades, ja que les anàlisis que s'efectuen es basen en dades i hipòtesis subjectes a errors de diversos tipus:

- Les sèries de recursos naturals dels anys 1940 a 1989 de què es disposa provenen d'aforaments imprecisos i escassos.
- Els períodes secs de la sèrie històrica utilitzada (1940-1989) poden ser menys desfavorables que els d'abans de 1940 i es poden veure superats en el futur.
- Aquesta sèrie no reflecteix la possible reducció de recursos que pot haver-hi com a conseqüència del canvi climàtic.
- Les simulacions que s'efectuen únicament estudien els volums d'aigua i no tenen en compte aspectes de qualitat d'aigua, fet que comporta, a la pràctica, una disminució dels recursos disponibles.
- Les projeccions de la demanda futura són imprecises per naturalesa.

35

3.2. *Model de simulació de l'explotació del sistema d'abastament Ter-Llobregat*

Per simular amb precisió el sistema d'abastament Ter-Llobregat i la seva capacitat per fer front a la demanda actual i futura, s'ha desenvolupat un model matemàtic de simulació de l'explotació mensual del sistema. En aquest model s'han representat:

- Tots els usos i demandes del Ter i del Llobregat.
- Les canonades principals, amb l'objectiu de distingir entre demandes servides amb recursos del Llobregat, del Ter o d'ambdós rius.
- Les possibles conduccions futures des dels rius Ebre i Roine.
- Els recursos subterranis que poden afectar els

recursos superficials (infiltració a cubetes al·luvials).

En el desenvolupament del model, s'han seguit les fases d'anàlisi següents:

1) *Recollida de dades*. Les dades necessàries per a elaborar el model són les següents:

- *Recursos*. Sèries d'aportacions naturals mensuals a totes les conques d'interès. S'ha utilitzat el període de 1940-1941 a 1989-1990.
- *Usos i demandes*. Sèries de valors mensuals dels usos de l'aigua i de les demandes actuals i futures.
- *Infraestructura de regulació i transport*. Capacitats dels embassaments actuals i futures i de les conduccions.
- *Règim d'explotació*. Prioritats de servei entre demandes i embassaments. Resguards de protecció davant d'avingudes dels embassaments.

2) *Construcció del model*. Cal preparar l'esquema que permeti la simulació del sistema Ter-Llobregat amb la precisió suficient.

3) *Calibratge del model*. Per verificar el model que pot representar correctament la realitat, s'ha reproduït el període històric de 1980-1981 a 1989-1990.

4) *Simulació de diferents alternatives d'explotació*. El model permet analitzar una quantitat il·limitada d'hipòtesis d'infraestructura, de demandes i de règims d'explotació. Un cop efectuada la simulació es poden valorar els resultats

obtinguts (càlcul de garanties, evolució del nivell dels embassaments, etc.).

La simulació efectuada amb la demanda actual de la xarxa (350 hm³/any) mostra que en períodes secs hi haurà fallades de subministrament en un de cada deu anys. Evidentment, en anys humits no hi haurà problemes, però en canvi en anys secs hi haurà restriccions. Per la situació futura de la xarxa (550 hm³/any) els problemes es presentaran en sis de cada deu anys. Tant la situació actual com la futura són socialment inacceptables.

3.3. *Qualitat*

L'aigua potable ha de complir la reglamentació tecnico-sanitària vigent a l'Estat espanyol (RD 1138/1990). Malgrat això, s'ha de valorar que el dia 25 de desembre de 1998 va entrar en vigor la Directiva europea 98/83 (DOCE 5/12/98) sobre aigües potables, que incideix especialment en l'absència dels productes més tòxics. Cada vegada és més important de dotar els consumidors, tant particulars com industrials, d'una aigua de molt bona qualitat, no només des del punt de vista sanitari.

37

4. ESTALVI I REUTILITZACIÓ

L'aigua dolça és un recurs natural escàs indispensable per a la vida i també per a un gran nombre de processos industrials. És prioritària, per tant, una política d'estalvi d'aigua i de millora de l'eficiència de l'ús.

Els aspectes principals que incideixen en l'ús eficient de l'aigua són els següents:

- Estalvi d'aigua a la indústria.
- Possibilitats de reducció de les dotacions domèstiques.
- Reducció de pèrdues i millores de gestió en les xarxes d'abastament.
- Necessitat de mantenir cabals circulants als rius i de no sobreexplotar els aqüífers.
- Reutilització d'aigua regenerada com a nou recurs hidràulic, de forma que permeti l'alliberament d'aigua potable per a l'abastament.

4.1. *Estalvi d'aigua a la indústria*

A l'àrea de Barcelona, entre els anys 1990 i 1994, l'aigua utilitzada per a usos industrials va disminuir el 28 %. L'any 1994, el consum de la indústria va ser de 156 hm³, dels quals 110 hm³ es varen distribuir per la xarxa i 46 hm³ es varen obtenir per fonts pròpies. L'estalvi efectuat ha estat fruit de les actuacions següents:

- Increment del preu de l'aigua (cànon de sanejament, cànon d'infraestructura hidràulica i, actualment, cànon hidràulic).
- Mesures d'assistència tècnica i de demostració dels beneficis econòmics que proporciona l'estalvi, etc., per part de les administracions.
- Incentius econòmics i financers. Subvencions.
- Incidència dels costos de depuració (a menor consum d'aigua, menor cost de depuració).
- Renovació de les instal·lacions industrials, transformació dels circuits de refrigeració, etc. Les noves tecnologies utilitzen menys aigua.

L'Institut Català d'Energia (ICAEN) del Departament d'Indústria, Comerç i Turisme de la Generalitat de Catalunya ha fet més de 415 auditories d'ús de l'aigua entre 1992 i 1997, en el marc del Programa d'estalvi d'aigua a la indústria que promou aquest organisme. El potencial de reducció obtingut a partir d'aquestes auditories d'ús de l'aigua efectuada a un nombre significatiu d'indústries es va avaluar en un 40 %, distribuït entre els diferents sectors industrials de la forma següent (taula 15):

TAULA 15. *Estalvi d'aigua per sectors*

<i>Estalvi d'aigua per sectors</i>	
Alimentari	33 %
Tèxtil	36 %
Químic	53 %
Paperer	27 %
Pell	32 %
Mitjana	40 %

39

En el marc d'aquest mateix Programa es va identificar un estalvi potencial màxim de 23 hm³/any. Des de 1992, 224 indústries ja han adoptat algunes de les mesures recomanades en els seus diagnòstics i han arribat a estalviar 6,6 hm³/any, amb una inversió de 3.500 MPTA (taula 16).

TAULA 16. *Mesures d'estalvi*

<i>Mesures d'estalvi</i>	<i>hm³/any estalviats</i>
Sanitària	0,2
Condicionament	0,3
Control i gestió	2,2
Depuració	1,0
Millores de procés	0,3
Neteges	0,3
Refrigeració	1,8
Reutilització	0,3
Altres	0,2
Total	6,6

Prenent en consideració l'estalvi potencial (23 hm³) i l'estalvi realitzat (6,6 hm³), encara quedarien per estalviar 16,4 hm³/any. Tanmateix considerarem un sostre d'estalvi a la indústria encara més optimista, al voltant de 20 hm³/any. Aquest potencial d'estalvi es distribuiria de la manera següent: 6 hm³/any dels consums de xarxa i 14 hm³/any de pous.

Cal tenir en compte que els estalvis addicionals seran cada vegada més costosos i els resultats, menys espectaculars. També s'ha de recordar que els usuaris d'aigua de pou tenen un menor incentiu d'estalvi (ja que és molt més barata), que és on hi ha un potencial d'estalvi més alt.

- *Possibilitats de reducció de les dotacions domèstiques*

40

La reducció de les dotacions domèstiques exigeix:

- La participació dels usuaris: modificant hàbits de consum de l'aigua i invertint en la substitució d'aparells.
- La motivació per part de les administracions.
- El desenvolupament tecnològic de nous aparells, amb la col·laboració del sector de fabricació d'aparells.

Els resultats que presumiblement es poden obtenir depenen:

- del tipus i del nivell de consum de la zona: com més nivell de consum més marge per a l'estalvi
- de l'eficàcia del programa d'estalvi que s'implanti.

A l'àrea de Barcelona, el nivell de consum d'aigua per a usos urbans i industrials és baix (112 m³/hab./any) en relació amb altres zones (Madrid, 125 m³/hab./any; Califòrnia, 240 m³/hab./any, i Lluenguadoc-Rosselló, 131 m³/hab./any).

La reducció del consum per habitatge, modificant els dispositius usals (vàters, aixetes, dutxes, etc.), té un cost molt elevat, superior a les 200.000 PTA/habitatge. En el número 1998/4 de la revista *Nueva Cultura del Agua*, Francisco Heras Hernández fa un estudi sobre els estalvis anuals teòrics que es poden obtenir a Madrid amb la implantació generalitzada a tots els abonats de sistemes senzills d'ús eficient de l'aigua. Aplicant la mateixa metodologia d'aquest estudi, s'han estès els resultats a l'àrea de Barcelona, tenint en compte que el consum d'aigua és el 80 % del de Madrid (taula 17).

TAULA 17. *Estalvi màxim teòric en hm³/any*

<i>Sistema d'estalvi</i>	<i>Madrid</i>
Tecla d'estalvi en cisternes	25,0
Difusors de dutxes	20,9
Rentadores de baix consum	11,7
Rentavaixelles de baix consum	5,0
Aixetes limitadores de cabal	13,4
Reg de jardins	12,0
Descompte del 10 % per actuacions ja efectuades	-10,0
Total	78,0

En el cas de Barcelona, el límit d'estalvi teòric que es podria obtenir amb aquestes actuacions seria de 60 hm³/any. A més, perquè aquesta xifra d'estalvi es mantingui cal mantenir tots els aparells en perfecte estat, en tot moment.

• *Reducció de pèrdues i millores de gestió a les xarxes d'abastament*

En primer lloc s'ha de definir que el que s'anomena *pèrdua* és l'aigua no facturada, és a dir, en el concepte *pèrdua* s'engloben diferents aspectes:

- Deficiències en els aparells de mesura. Els comptadors tenen un límit de precisió i si la circulació d'aigua és molt minsa (gotejos) no mesuren l'aigua que circula.
- Usos públics no subjectes a facturació com, per exemple, presa d'aigua per a bombers, neteja de carrers, etc.
- Finalment tindríem pròpiament les fuites de canonades i dipòsits.

42

Les úniques pèrdues reals són les fuites. Tanmateix hi ha una confusió generalitzada que fa que molt sovint es pensi que es poden reduir dràsticament les pèrdues quan en realitat això no és possible.

De les dades obtingudes de diferents abastaments arreu del món s'ha pogut constatar que els abastaments de l'àrea metropolitana de Barcelona tenen un alt rendiment, i s'avalua que el nivell global de fuites és del 8 %. La major part d'aquest percentatge de fuites correspon a trencaments accidentals de canonades, provocats per obres i per l'efecte del trànsit a les ciutats. A Madrid es comptabilitzen més de 3.500 trencaments de canonades a l'any. També hi ha una altra part de fuites ocasionada per petits gotejos de les juntes entre canonades. De vegades, l'eliminació d'aquests gotejos és complexa, ja que comporta molèsties socials molt importants. Per exemple, per a eliminar un petit goteig sota un carrer cal tallar l'aigua, tallar la circulació, aixecar el paví-

ment, reparar la fuga, posar material, compactar-lo perfectament i tornar a pavimentar. Lògicament aquesta operació requereix força dies.

A Madrid, el percentatge de pèrdues és de l'11%, mentre que l'aigua no facturada representa el 21 % del total.

El potencial d'estalvi per aquest concepte a l'àrea de Barcelona és de l'1,6 % en un període de vint anys, que representaria un volum anual de 5 hm³ al cap de d'aquest període.

- *Necessitat de mantenir cabals circulants als rius i de no sobreexplotar els aqüífers*

Mantenir uns cabals de circulació mínims als rius és una necessitat assumida totalment per la nostra societat els darrers anys. El cabal mínim ecològic s'ha de considerar com un límit dels recursos explotables.

Un aspecte important que s'ha de destacar és que hi ha una certa contradicció entre l'estalvi d'aigua i el manteniment de cabals circulants als rius i la no-sobreexplotació dels aqüífers. En efecte, en el moment que hi ha un període de sequera i els embassaments baixen per sota del 35 %, la mesura que adopta l'administració hidràulica, amb el consens general de la societat, és la reducció dels cabals circulants pels rius, a fi d'emmagatzemar l'aigua als embassaments. És clar, per tant, que el primer estalvi que es fa i possiblement el més important és la reducció, al mínim indispensable per a l'abastament a les poblacions, dels cabals circulants. Les consideracions mediambientals s'obvien.

- *La reutilització d'aigua regenerada com un nou recurs hidràulic*

Molts usos de l'aigua es poden satisfer amb aigua regenerada. Els més comuns i tradicionals són el regadiu i certs usos industrials. Altres, com els d'abastament per a consum humà, s'han de considerar exclosos. La utilització d'aigua regenerada permet alliberar recursos per a altres usos que exigeixen una qualitat més alta.

A l'àrea de Barcelona, hi ha un gran volum d'aigua procedent de les depuradores d'aigua residual, que és susceptible de ser regenerada, si bé algunes aigües residuals ja es reutilitzen totalment en barrejar-se amb un curs fluvial i comptabilitzar-se per tant com a recurs primari. Aquest és el cas dels efluent de les depuradores de Manresa, Olesa de Montserrat, Martorell, etc., per la qual cosa podem dir que es produeix una reutilització indirecta. Però la major part de les aigües residuals es produeixen a menys de 20 quilòmetres de la costa, on es concentra la població, i això fa difícil la reutilització, ja que cal construir noves conduccions travessant zones molt urbanitzades i a més també cal elevar l'aigua des del nivell del mar. Altres aigües residuals, procedents de zones industrialitzades, o amb gran concentració de sal, produeixen una aigua no reutilitzable.

Els usos més comuns per a l'aigua regenerada són els següents:

- Usos de reg agrícola.
- Usos de reg de zones verdes.
- Usos industrials. El més comú és el de refrigeració, el qual, en el moment actual, en molts casos ja utilitza aigües de baixa qualitat procedents de pous propis.

BIBLIOGRAFIA

AIGÜES TER-LLOBREGAT. *L'abastament d'aigua a les comarques de l'entorn de Barcelona*. Abril 1999.

COCH, A. *Visió general de recursos, usos i demandes de la part catalana de la conca de l'Ebre*. Maig 2000.

CONFEDERACIÓ HIDROGRÀFICA DE L'EBRE. *Pla Hidrològic de la Conca de l'Ebre*.

GENERALITAT DE CATALUNYA. *Pla Hidrològic de les Conques Internes de Catalunya*.



**PROPOSTES DE FUTUR
EN LA REUTILITZACIÓ
D'AIGÜES A CATALUNYA,
A CÀRREC DE
JOAN COMPTE I COSTA,
DIRECTOR GENERAL
DE DEPURBAIX**

1. CONSIDERACIONS GENERALS SOBRE LA REUTILITZACIÓ DE L'AIGUA

1.1. *Definició de conceptes*

Reutilització directa d'aigües: aplicació d'aigües ja utilitzades i prèviament depurades, per qui les va derivar, abans de retornar-les a la llera pública, a altres diferents usos successius.

Reutilització indirecta: captació d'aigües per a aprofitar-les en les lleres públiques on es produeixen els abocaments dels efluent depurats.

Regeneració: tractament terciari que permet assolir la qualitat taxada per a la reutilització.

1.2. *Àmbit de la reutilització*

Ens referim exclusivament a la reutilització directa de les aigües residuals prèviament depurades per processos fisico-químics o biològics, de qualsevol nivell o intensitat.

Els casos de reutilització d'aigües residuals amb un fort component industrial requeriran una anàlisi particularitzada. Si bé des del punt de vista bacteriològic pot no haver-hi problemes, caldrà analitzar la presència i la repercussió de metalls o d'altres components.

No es considera reutilitzable una aigua residual sense depuració prèvia.

1.3. *Usos possibles de la reutilització*

Els usos possibles de la reutilització són els següents: usos domiliaris, usos i serveis urbans, cultius d'hivernacle, reg

de cultius, reg de pastura, reg de boscos, refrigeració industrial, estanys, masses d'aigua i cabals circulants, aqüicultura i recàrrega d'aqüífers.

1.4. *Avantatges de la reutilització*

Els avantatges de la reutilització són els següents:

- S'alliberen recursos de millor qualitat, i s'incrementa l'oferta de recursos hídrics quan es produeix a la zona costanera.
- S'aprofiten els nutrients que conté l'aigua, especialment quan s'utilitza per a reg agrícola i jardineria.
- Es redueix l'aportació de contaminants als cursos naturals d'aigua.
- Es redueixen les instal·lacions addicionals de tractament d'aigua d'abastament.
- Es contribueix a la sostenibilitat i a les polítiques que promouen la conservació dels recursos hídrics.
- Es treballa a favor de la cultura d'estalvi d'aigua.
- Representa un prestigi tecnològic que beneficia tots els sectors econòmics.

2. ANÀLISI DE LA VIABILITAT DE LA REUTILITZACIÓ DE LES AIGÜES TRACTADES DE LA DEPURADORA DEL BAIX LLOBREGAT

2.1. Àmbit d'actuació

L'àmbit d'actuació és la zona mitjana i baixa de les comarques del Baix Llobregat i Barcelonès. S'adjunten plànols geològics del Delta.

50

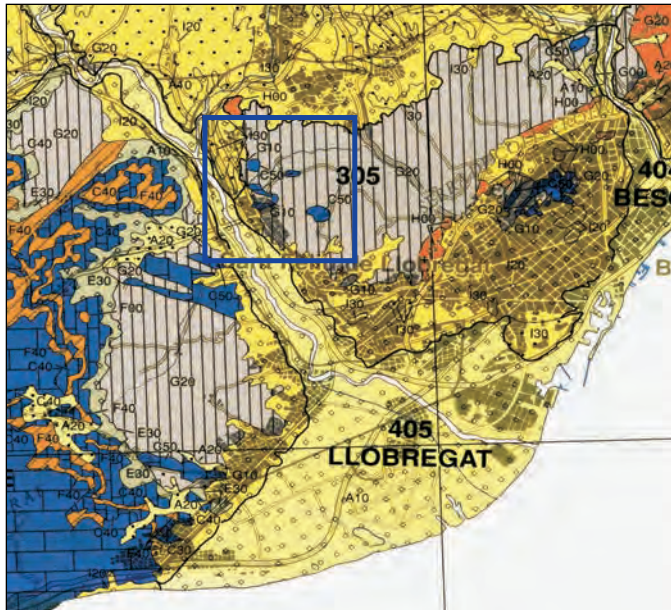


FIGURA 1. Plànol geològic del delta del Llobregat.

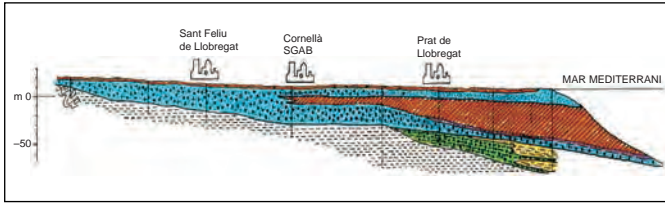


FIGURA 2. Plànol geològic del delta del Llobregat (secció).

Al plànol adjunt es poden observar els principals nuclis d'extraccions de recursos subterranis. La capacitat és d'uns 150 hm³. Les extraccions anuals durant el període 1995-1999 van ser d'uns 60 hm³/any.

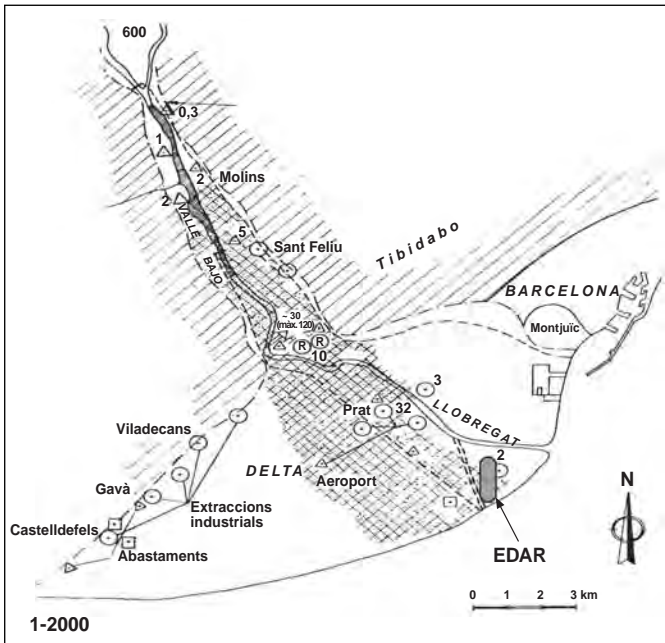


FIGURA 3. Nuclis d'extraccions de recursos subterranis.

El problema principal de l'aqüífer profund del Delta és la intrusió salina. S'adjunten plànols piezomètrics i d'estat de la salinitat en mg/l de Cl⁻.

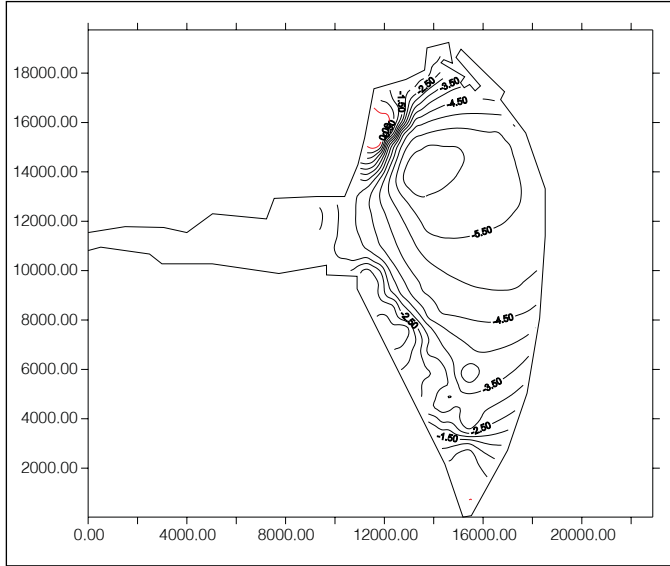


FIGURA 4. Piezometria 5/99.

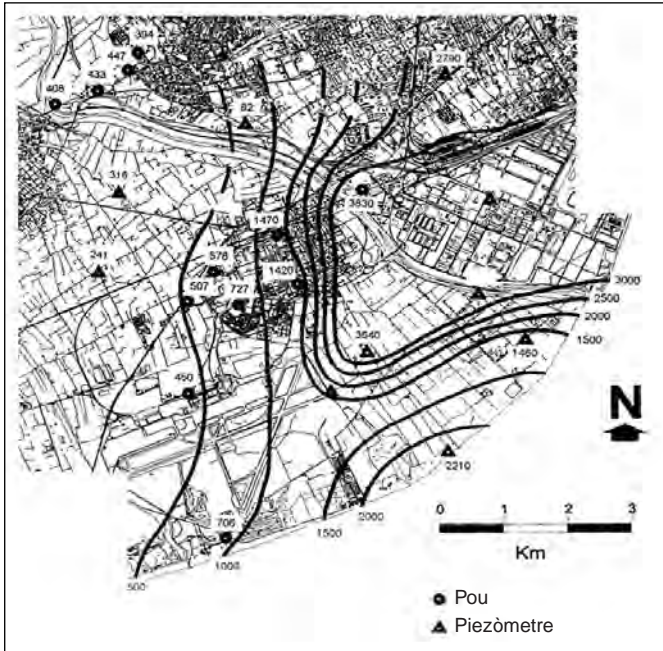


FIGURA 5. *Estat d'intrusió salina. Sector central del Delta 5/99.*

2.2. *Recursos d'aigües depurades*

Els cabals a curt i a llarg termini són els següents:

TAULA 1. *Recursos d'aigües depurades*

EDAR	Cabals (m ³ /s)			
	Situació a curt termini		Situació a llarg termini	
	Mitjana anual	Mitjana estiu	Mitjana anual	Mitjana estiu
Sant Feliu de Llobregat	0,57	0,46	0,72	0,57
Gavà-Viladecans	0,57	0,46	0,72	0,57
Baix Llobregat*	4,19	3,77	6,29	5,66
Total	5,33	4,69	7,73	6,80

* El volum depurat previst a la depuradora del Baix Llobregat és de 140 hm³/any.

2.3. Demandes

Les demandes principals detectades a la zona són:

- *Manteniment de zones humides*

Per a mantenir les zones humides del marge dret de la nova llera del riu Llobregat, segons estableix la declaració d'impacte ambiental del desviament del riu, es necessitarà un cabal punta de 400 l/s.

- *Retorn al riu Llobregat. Contribució al cabal ecològic*

S'han fet diversos estudis sobre cabals ecològics: Ambiotek, SL i el Departament d'Ecologia de la Universitat de Barcelona, l'any 1996, Consorci CDM/GFE i l'Estudi EMSSA, l'any 1995, i la Junta d'Aigües.

El cabal ecològic estimat és de 3 m³/s amb una aportació mínima del riu Llobregat d'1 m³/s. Per tant, s'estima una contribució al cabal ecològic de 2 m³/s.

- *Reg agrícola*

La superfície regable al Delta i a la vall baixa del riu Llobregat és d'un 3.000 ha, repartides, tal com indica la taula 2, entre les zones MD2, MD3, MD4 i MD5 del marge dret.

Les superfícies regades estan en regressió i poden reduir-se a la meitat els propers anys, a causa de la previsió urbanística i dels canvis socioeconòmics.

TAULA 2. *Superfície regable del riu Llobregat*

<i>Marge dret del Llobregat</i>	<i>Curt termini</i>	
	<i>Sup. reg</i>	<i>Demandes punta m³/s</i>
MD2: zona aigües amunt assut canal marge dret	106,6	0,123
MD3: zona aigües amunt Sant Boi	275,6	0,317
MD4: zona aigües avall Sant Boi entre riu Llobregat i riera de Sant Climent	2.011,7	2,313
MD5: zona marge dret riera de Sant Climent	1.050,9	1,208
Total	3.444,8	3,965

- *Reg de zones verdes*

S'estimen les necessitats, segons les estacions, que reflecteix la taula 3:

TAULA 3. *Reg de zones verdes*

	<i>Estiu (m³/s)</i>	<i>Hivern (m³/s)</i>
Aeroport	0,07	0,03
Polígon industrial Zona Franca	0,14	0,07
Total	0,21	0,10

- *Ús industrial*

Les necessitats per a ús industrial a la zona propera a l'EDAR es reflecteixen a la taula 4:

TAULA 4. *Necessitats d'aigua per a ús industrial*

<i>Empresa</i>	<i>Consum</i>	<i>Utilització (m³/d)</i>	<i>T-1 (m³/d)</i>	<i>T-2 (m³/d)</i>	
LA SEDA RAYON (tèxtil)	10.000	Refrig. oberta Diversos	8.000 2.000	8.000	2.000
LA SEDA TERLENKA	10.000	Refrig. oberta Refrig. tancada Intercanvi	7.000 1.500 2.500	2.500	
COURTAULDS (tèxtil)	12.000	Refrig. oberta	7.500	10.500	1.500
SARRIÓ (paperera)	8.500	Dilució paper Refrig. circuit	7.500 1.000		7.500
DAMM, SA (cervesera)	5.000	Neteja en calent Neteja en fred Refrig. + vapor. Producc. cervesa	2.500 1.000 700 800		3.200
SANDOZ	3.000	Osmosi Refrigeració Neteja Diversos	1.000 500 500 1.000	1.000	1.000
ZONA FRANCA (Pulcra, Temeco, Cromogenia)	7.500	Diversos	7.500	1.500	2.000
ROCA RADIADORS	5.000	Dilució pasta Proves hidr. Òsmosi Diversos	1.500 1.250 150 2.100		
Totals	61.000			28.000	19.700

Els tractaments de l'aigua que s'ha de reutilitzar segons les qualitats requerides són el tractament T-1, que consisteix en una coagulació-floculació, més filtració, més desinfecció, i el tractament T-2, que consisteix en una nitrificació-desnitrificació, més carbó actiu, més intercanvi iònic, més desinfecció. Aquest tractament més sofisticat sembla que no es justifica econòmicament.

- *Altres usos*

Altres usos possibles de l'aigua regenerada podrien ser millorar la qualitat de l'aqüífer mitjançant una barrera contra la intrusió salina amb uns 10 hm³/any d'aportació a les actuals zones humides, com a reserva contra incendis i recàrrega de l'aqüífer.

- *Programació de les demandes que cal satisfer*

En una primera fase, una programació de les demandes podria incloure aigua per a contribuir al cabal ecològic, reg agrícola de la zona MD4, reg de zones verdes i una prova pilot de barrera contra la intrusió salina.

En una segona fase es podria destinar aigua per a millorar la qualitat de l'aqüífer i per a proveïment industrial.

Caldrà aprofundir en la conveniència de proveir individualment les indústries amb una xarxa d'aigua de serveis. De fet, la millora de la qualitat de l'aqüífer redundaria en benefici del conjunt d'usuaris d'aigües subterrànies.

57

- *Resum de les demandes*

Les demandes es resumeixen a la taula 5:

TAULA 5. *Demandes*

<i>Ús</i>	<i>hm³/any</i>
<i>1a fase</i>	
Cabal ecològic	21/31*
Reg agrícola	24
Reg de zones verdes	3,5
Prova pilot barrera intrusió salina	1
<i>Total 1a fase</i>	<i>49,5/59,5</i>
<i>2a fase</i>	
Barrera intrusió salina	9
Proveïment industrial	8,4

* Segons la pluviometria de l'any.

- *Balanç hídric*

Comparant recursos i demandes resultaria la taula 6:

TAULA 6. *Balanç hídric*

<i>Demandes*</i>	<i>1a fase</i>		<i>2a fase</i>	
	<i>Estiu</i>	<i>Mitjana anual</i>	<i>Estiu</i>	<i>Mitjana anual</i>
Reg agrícola	1,4	1	1	0,7
Reg de zones humides	0,1	0,05	0,1	0,
Cabal ecològic	2	-	2	-
Reg de zones verdes	0,2	0,1	0,20	01
Reutilització industrial			0,25	0,25
Barrera intrusió marina			0,35	0,35
Total m ³ /s	3,7	1,15	3,90	1,45
Recursos Total m ³ /s	3,8	4,2	3,8	4,2

* Les demandes de reg agrícola s'adeqüen a la disminució de les superfícies regades.

2.4. *Qualitat de l'aigua regenerada*

Quant a la qualitat de l'aigua regenerada, els paràmetres de qualitat podrien ser els de la taula 7:

TAULA 7. *Paràmetres de qualitat*

	<i>Aigua de reg</i>	<i>Aigua ús industrial-refrigeració</i>	<i>Aigua ús mediambiental</i>	<i>Barrera salina</i>
<i>Paràmetres microbiològics</i>				
Coliformes fecals (<i>Escherichia coli</i>)	< 200 ucf/100 ml	< 10.000 ucf/100 ml	< 200 ucf/100 ml	0
Ous de nemàtodes intestinals	< 1 ou/l		< 1 ou/l	< 1 ou/l /10 l
<i>Legionella pneumophila</i>	0 ufc/100 ml			
<i>Paràmetres físicoquímics</i>				
Sòlids en suspensió	< 20 mg/l	< 35 mg/l	< 25 mg/l	< 10
Terbolesa	< 5 NTU			< 2 NTU
Bor	< 1 mg/l			
Cadmi	< 0,01 mg/l			
Molibdè	< 0,01 mg/l			
Seleni	< 0,02 mg/l			
Temperatura			20 °C	
Oxigen			> 5 mg/l	
DBO			≤ 6 mg/l	
PH			6 – 8,5	
Fòsfor			≤ 1 mg /l	
Nitrits			≤ 0,03 mg/l	Nitrogen total < 15/l
Amoni			≤ 1 mg/l	
Clor residual			≤ 0,005 mg/l	
Zinc total			< 2 mg/l	
Coare			≤ 0,112 mg/l	

2.5. *Proposta d'actuacions de reutilització*

A falta de la redacció del projecte que afini les conclusions d'aquest primer estudi, les actuacions que caldria desenvolupar podrien ser les següents:

- 1a fase: Reutilització d'aigua per a cabal ecològic, reg agrícola i reg de zones verdes.

Es necessitaria un tractament terciari (filtració més desinfecció) de 3,7 m³/s, canonades i estacions de bombament i una planta pilot de barrera contra la intrusió salina de 2.500 m³/dia.

- 2a fase: Millora de la qualitat de l'aigua de l'aquífer i proveïment industrial.

Es necessitaria un tractament terciari (microfiltració més osmosi inversa) o 30.000 m³/dia i la construcció dels pous d'infiltració i d'una xarxa de subministrament.

2.6. Valoració dels costos d'inversió i d'explotació

Una primera valoració dels costos es reflecteix a la taula 8:

TAULA 8. *Valoració de costos*

<i>Actuació</i>	<i>Costos d'inversió</i>		<i>Costos de manteniment i explotació</i>	
	<i>MPTA</i>		<i>MPTA/any</i>	
	1a fase	2a fase	1a fase	2a fase
Planta de regeneració	4.900		617,07	106,5
Estacions de bombament	826		50,32	4,4
Canalitzacions	5.457	346	12,69	0,61
Obres de connexió	195		2,2	
Planta d'osmosi	400	3.100		250
Total	11.778	3.446	682,28	361,51

2.7. Finançament de les inversions

S'ha de tenir en compte que el BOE de 2 de març de 1993 declara obra d'interès general la depuració i la reutilització directa i per recàrrega de les aigües residuals del Baix Llo-

bregat, i la reutilització és inclosa dins de l'annex d'obres del Pla Hidrològic Nacional, aprovat pel Congrés de Diputats.

Quant al finançament, es preveu la possibilitat d'obtenir fons de la Unió Europea en condicions similars al sistema de sanejament i depuració del Baix Llobregat.

2.8. *Beneficis de la solució proposada*

Els beneficis principals serien:

1) L'augment de l'oferta de recursos hídrics de Catalunya, en la mesura que se substitueix l'ús de cabals regulats per l'ús d'aigües reutilitzades (55 hm³/any). En conseqüència s'incrementa la garantia de subministrament.

2) La millora mediambiental de l'entorn, que contribuiria al cabal ecològic del riu i al manteniment de les zones humides del marge dret.

3) En el futur, un cop elaborats els estudis de detall, els models i les experiències pilot necessaris, hi ha la possibilitat també de contribuir a la millora de la qualitat del recurs subterrani limitant la penetració salina i d'incrementar l'oferta de recursos hídrics augmentant la recàrrega de l'aquífer del Baix Llobregat.

3. L'ESTAT DE LA REUTILITZACIÓ A CATALUNYA I LES PREVISIONS DE FUTUR. RÀTIOS DE REUTILITZACIÓ¹

TAULA 9. *Volums depurats del mes de juliol (hm³/dia)*

	<i>En servei</i>	<i>Previstos</i>	<i>Total</i>	<i>%</i>
Costa	0,4	0,1	0,5	25
Interior del país	0,6	0,15	0,75	35
Depuradora del Besòs	0,4	-	0,4	20
Depuradora del Baix Llobregat	-	0,4	0,4	20
Total Catalunya	1,4	0,65	2,05	100

TAULA 10. *Volums globals depurats anuals (hm³)*

	<i>En servei</i>	<i>Previstos</i>	<i>Total</i>	<i>%</i>
Costa	140	30	170	22,5
Interior del país	220	50	270	35
Depuradora del Besòs	170	-	170	22,5
Depuradora del Baix Llobregat	-	140	140	20
Total Catalunya	530	220	750	100

TAULA 11. *Volums reutilitzats en servei i/o compromesos*

	<i>Volums mesos estiu (m³/dia)</i>	<i>Volums anuals (hm³/any)</i>
Costa	60.000	6
Interior del país	5.000	0,5
Total	65.000	6,5

TAULA 12. *Volums previstos per a una reutilització futura*

	<i>Volums mesos estiu (hm³/dia)</i>	<i>Volums anuals (hm³/any)</i>
Costa	0,20	20
Interior del país	0,05	5
Depuradora del Besòs	0,00*	0
Depuradora del Baix Llobregat	0,35**	55
Total	0,55	80

* No reutilitzable fins a la implantació del tractament biològic.

** Segons dades de l'estudi de DepurBaix.

1. Dades facilitades per l'Agència Catalana de l'Aigua l'any 1999.

Actualment es reutilitza el 5 % del volum depurat a la costa, sense el Besòs, la qual cosa equival aproximadament a l'1 % del volum total depurat a Catalunya.

Observant només els mesos d'estiu, els cabals reutilitzats i/o compromesos representen el 15 % dels cabals depurats a la costa, sense el Besòs, en aquesta època de l'any.

Els volums previstos permetrien reutilitzar en el futur el 16 % del volum futur depurat a la costa de Catalunya (s'inclou la reutilització prevista en una primera etapa al Baix Llobregat). A l'estiu representarien el 42 % dels cabals depurats a la costa.

La construcció del tractament biològic de la depuradora del Besòs i la segona etapa de la reutilització al Baix Llobregat, permetrien incrementar de forma important les ràtios anteriors.

L'Agència Catalana de l'Aigua està desenvolupant un pla sectorial de reutilització per a planificar-la millor, ubicar les possibles demandes solvents i quantificar els volums reutilitzables i l'increment que comportarien en l'oferta de recursos hídrics de Catalunya.

L'Agència Catalana de l'Aigua també està desenvolupant el projecte de reutilització de les aigües de la depuradora del Baix Llobregat.

BIBLIOGRAFIA

- AMBIOTEK, SL; DEPARTAMENT D'ECOLOGIA DE LA UNIVERSITAT DE BARCELONA (1996). *Estudis dels cabals ecològics*.
- CMB (1991). *Estudis de reutilització industrial*.
- CONSORCI CDM/GFE; ESTUDI EMSSA (1995). *Estudis dels cabals ecològics*.
- ECOEXPERT. *Estudis dels cabals ecològics*. [Estudi encarregat per la Junta d'Aigües]

EMSSA (1995). *Estudi sobre la reutilització de les aigües residuals a l'Àrea Metropolitana de Barcelona (Zona Llobregat)*. Barcelona.

FUNDACIÓ CENTRE INTERNACIONAL D'HIDROLOGIA SUBTERRÀNIA. *Estudis de l'aqüífer del Delta del Llobregat*.

JUNTA DE SANEJAMENT (1994). *Estudi de la reutilització de les aigües de la futura EDAR del Prat de Llobregat*. Barcelona.

MOPTMA (1995). *Estudi pilot sobre possibilitats d'aprofitament de l'aqüífer del delta del riu Llobregat*. Direcció General de Qualitat de les Aigües.

SOGEMASA (1992). *Estudis de reutilització industrial*.

I també documentació de la comissió conjunta sobre la reutilització.

**SOCIETAT CATALANA
DE TECNOLOGIA**
QUALITAT I DEPURACIÓ
**LA QUALITAT DE LES AIGÜES
A LA UNIÓ EUROPEA,**
A CÀRREC DE
MANUEL A. SOLER I MANUEL,
DE LA UNIVERSITAT
POLITÈCNICA DE CATALUNYA

És ben coneguda la dependència que la vida i la prosperitat tenen de l'aigua, però cal recordar que l'aigua és un compost, també anomenat *element*, prou singular pel que fa a les propietats físiques i químiques.

Gràcies a les seves propietats, l'aigua té dues funcions bàsiques a la natura: ser un constituent i ser un element de transport, per la qual cosa canvia el contingut o la qualitat. Així transporta matèria, i dóna lloc, entre d'altres, al fenomen de la gliptogènesi. També transporta energia arreu del planeta. D'aquesta manera suporta tot un seguit de cicles vitals segons la teoria de Gaia.

Aquesta funció de transport permet l'intercanvi de matèria i energia entre l'exterior i l'interior dels ésser vius i, per tant, del nostre cos. Transport que pot introduir substàncies perilloses a l'organisme.

En parlar de la qualitat de les aigües a la Unió Europea, ens podem referir a molts aspectes, com són la distribució espacial i temporal, però analitzarem bàsicament la qualitat: ecològica, bacteriològica, física i química, indubtablement lligada a la quantitat o l'abundància del recurs.

Pel que fa a aquest concepte de qualitat, els éssers vius hem desenvolupat òrgans, habilitats i estratègies per protegir-nos d'allò que pot contenir l'aigua que no és bo per a la nostra integritat, supervivència i descendència.

L'ésser humà, en l'estat més original, com els altres animals, abans de beure aigua guaitava l'entorn, cercant depredadors i possibilitats de perills. Fet això, observava si a prop hi havia altres animals afeblits o morts per haver fet ús d'aquelles aigües. Després, amb els seus sentits en mesurava subjectivament les qualitats organolèptiques, com ara la brutícia general, el color, la terbolesa, l'olor i el gust. Eren les variables considerades per a fer ús del líquid.

Totes aquestes prevencions podien no ser suficients per a protegir la integritat buscada i la salut individual o de grup. Calia doncs, utilitzar la memòria i la capacitat de

correlació d'uns i d'altres per a identificar els possibles orígens dels seus mals, que l'aigua podia contenir. Eren els alhors de l'epidemiologia i ja tenim quelcom més que un sol ésser humà; tenim comunicació, coneixement, història, una cultura i una societat.

A mesura que la societat es desenvolupava, anaven apareixent instruments per a controlar la qualitat de l'aigua. Uns prou simples i ingeniosos, també premonitoris dels actuals *bioassajos*. És el cas de les anguiles als pous i les cisternes, encara utilitzades pels nostres avantpassats més propers, és a dir, pels besavis. També van aparèixer ben aviat tècniques per a mantenir o corregir la qualitat de l'aigua. Les que trobem ja al món dels faraons, on practicaven la floculació, o als exèrcits de Cirus el Gran, que amb gerres de plata desinfectaven l'aigua de boca.

Tot això s'ha anat complicant al món desenvolupat, predominantment a l'urbà; la societat, el repartiment de treballs i responsabilitats, la ciència i la tecnologia, empenyen les garanties que exigim a la qualitat de l'aigua, qualitat que la nostra activitat sempre ha malmès amb l'antropogènesi del seu cicle. Poc a poc, som més incapaços de sobreviure fora d'una organització complexa. Cada vegada més individus humans, incloent-hi els dèbils o amb capacitats minvades, poden sobreviure en millors condicions en la nostra societat.

67

1. EL MÓN DESENVOLUPAT I L'AIGUA

Com que el cicle de l'aigua forma una unitat, no podem deslligar la qualitat del concepte actual de l'ús que en pensem fer. Aquesta concepció té un abast espacial i temporal. El temps actual i el dels nostres successors. Tot sota un concepte prou confús, anomenat *sostenibilitat*; sostenibilitat filla d'un eixam d'atavismes modernitzats, com ara:

- La por del desconegut, de la maleïda molècula que, possiblement transportada per l'aigua i com un tret, entrarà en el nostre organisme i ens provocarà càncer.
- La font de l'eterna joventut, amb aigües prístines que netegen, mantenen i aprimen el nostre cos.
- La flor romanial que guarirà totes les nostres malalties.
- La superioritat de l'home sobre la natura, abans agressiva i perillosa, contra la qual havia de lluitar i que havia de vèncer, i que ara, ja vençuda, protegim mitjançant l'ecologisme.

Tot això es barreja amb el dia a dia, l'economia, el treball, la salut, el confort, etc., que es mostra a la figura 1:

68

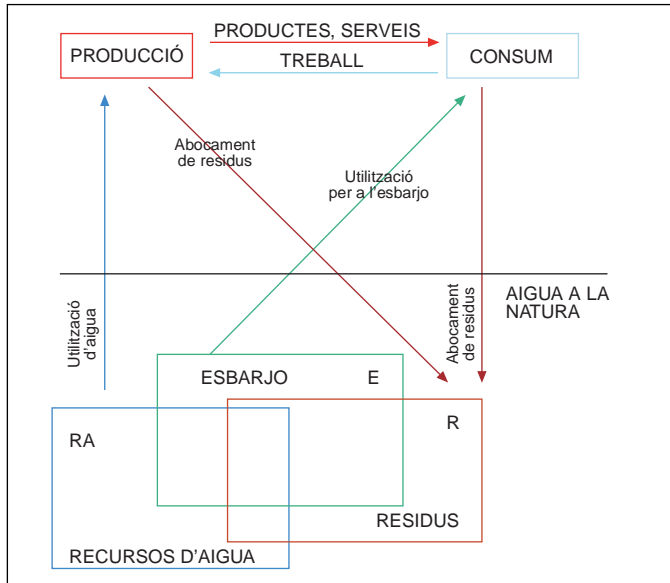


FIGURA 1. *El món desenvolupat i l'aigua.*

A la part superior es veu la relació entre els centres de producció i nosaltres, els individus; béns, serveis, treball, salaris i pagaments s'intercanvien. Tot això es recolza sobre el medi ambient. Un dels components del medi ambient és l'aigua. Necessitem els recursos disponibles d'aigua, un dels rectangles, per a fer anar els centres de producció. Necessitem l'aigua per a beure i per a la neteja en general. Són les fletxes.

Una part dels residus que tots generem aniran al medi ambient i afectaran l'aigua, i en minvarà les possibilitats d'altres usos. Aquesta part correspon a un altre rectangle. Cada vegada més volem una altra fracció del medi i de l'aigua per a esbarjo, navegació, pesca, bany, paisatge, etc., i el manteniment de les altres vides que comparteixen el món amb nosaltres. És el darrer rectangle.

Òbviament, els recursos disponibles són limitats, encara que siguin renovables com l'aigua, ja que la pressió d'ús pot desbordar fàcilment la capacitat temporal de regeneració del cicle.

La grandària dels rectangles d'ús i la part que ocupen del recurs aigua depenen de l'opció política i social en cada moment, i s'aconsegueixen aplicant, entre d'altres, la tecnologia, la qual cosa representa inversions i despeses.

En les etapes inicials del desenvolupament, es decideix no aplicar tecnologia i contaminar, però quan s'arriba a un cert desenvolupament s'opta per no contaminar, per protegir al ciutadà, per un ús sostenible del medi ambient, la qual cosa s'aconsegueix nodrint els fons públics i pagant per aquest escreix de seguretat i confort.

Aquesta darrera és l'opció que l'Europa comunitària ha establert i que d'immediat seguirem a través de les directives referents a l'aigua.

Es conclou que, a la nostra societat, els ciutadans han decidit posar fi a la depredació del medi ambient a causa del desenvolupament liberal assalvatjat; així doncs:

- Els recursos d'aigua han de tenir més qualitat i han de rebre menys residus.
- Una part dels recursos s'han de destinar a les necessitats futures.
- Una part dels recursos s'han de dedicar a l'esbarjo i a la conservació del medi ambient.
- L'aigua de consum humà ha de tenir la millor qualitat possible.

Pertany a la ciència, la tècnica, l'economia i a les lleis trobar la manera que aquests rectangles canviïn de mida, es desplacin, i modifiquin les zones superposades per a assolir aquests objectius.

2. LA POLÍTICA COMUNITÀRIA SOBRE L'AIGUA

És convenient tenir clara la implicació econòmica i social de la política europea per a aconseguir una perspectiva correcta de la finalitat de la Directiva 98/83 relativa a la qualitat de les aigües destinades al consum humà i de les altres directives emanades des de Brussel·les, i de com poden influir en la política de l'aigua en aquest país.

El Tractat de Maastricht és una fita en el procés polític i econòmic de convergència europea. La unió econòmica i monetària europea (EUM) s'aconseguirà mitjançant objectius macroeconòmics (convergència nominal), i altres objectius sociopolítics amb repercussions econòmiques més perceptibles pels ciutadans i per les entitats productives. Entre aquestes darreres, trobem els objectius orientats a afavorir l'eficiència en les activitats productives i la utilització dels recursos garantint la sostenibilitat. En aquest procés apareixeran fases inicials possiblement suportades amb cert desgrat i, fins i tot, problemàtiques, però els planificadors,

com veurem, preveuen aquestes eventualitats i introduir-hi rectificacions si calgués.

El Tractat de Maastricht, de novembre de 1993, fa una crida als països membres a promoure el progrés econòmic i social equilibrat i durador dels seus pobles, dins d'un mercat únic interior, tot reforçant la cohesió i protegint el medi ambient.

Al si de la Unió Europea trobem països amb climes i recursos d'aigua ben diferents: nord i centre d'Europa enfront del sud o de la riba mediterrània. El nivell econòmic, tendint cap a l'homogeneïtzació, també denota la mateixa diferenciació.

La recerca d'un mercat únic ens porta a fer un ús comú del medi ambient i de l'aigua. També ens porta a oferir una qualitat de vida semblant per a tots els ciutadans, partint de les desigualtats assenyalades al paràgraf anterior, a què cal afegir les culturals fruit de la història pròpia.

Als anys setanta, a la UE es van fixar regles o directives que afectaven la qualitat de les aigües, però que van obviar aspectes fonamentals com ara el regadiu i la quantitat de recursos, i van ajornar una visió global del problema de l'aigua.

Al desembre de l'any 2000 es va aprovar la Directiva marc de l'aigua, que pretén donar-ne una visió global. Els orígens d'aquesta proposta arrenquen de 1995, arran d'una petició formulada pel Consell i la Comissió de Medi Ambient del Parlament Europeu. Es basa en els principis del Tractat i en el V Programa d'Acció de la Comunitat «cap a un desenvolupament sostenible», i compta amb el beneplàcit del Consell, el Parlament Europeu, el Comitè Econòmic i Social i el Comitè de les Regions, entre d'altres. És a dir, amb una bona representació política i econòmica de l'Europa comunitària.

Entre els anys setanta i noranta, hi ha dues visions del problema: una de puntual, la qualitat de l'aigua per a un objectiu concret, i una de global, el marc per a la gestió. Tro-

bem categories de directives; directives que limiten els abocaments al medi aquàtic (abocament de tòxics, tractament d'aigües residuals, directiva dels nitrats, productes fitosanitaris, utilització dels fangs de depuradora); directives que tracten de la qualitat de l'aigua (qualitat per a poder ser potabilitzades, aigües potables, aigües de bany i banderes blaves, aigües per a la producció de peixos i mol·luscos), i darrerament apareix la 98/83/CEE de qualitat de les aigües destinades al consum humà.

Als anys setanta, la política comunitària referent a l'aigua es concreta en una sèrie d'actes legislatius sobre objectius de qualitat d'aigües: superficials,¹ de bany,² aptes per a la vida dels peixos,³ per a la cria de mol·luscos,⁴ i destinades al consum humà.⁵ D'altres es dirigeixen al control de les emissions de substàncies perilloses⁶ i a la protecció de

1. «Directiva 75/440/CEE relativa a la calidad requerida para las aguas superficiales destinadas a la producción de agua potable» (1975), *Diario Oficial de las Comunidades Europeas*, núm. L194 (25 juliol). (També vegeu la transposició a l'OM d'11 de maig de 1988, l'OM de 15 d'octubre de 1990, l'OM de 30 de novembre de 1994 i el RD 1541/1994).

2. «Directiva 76/160/CEE relativa a la calidad de las aguas de baño» (1976), *Diario Oficial de las Comunidades Europeas*, núm. L31 (5 febrer).

3. «Directiva 78/659/CEE relativa a la calidad de las aguas continentales que requieren protección o mejora para ser aptas para la vida de los peces» (1978), *Diario Oficial de las Comunidades Europeas*, núm. L222 (14 agost).

4. «Directiva 79/923/CEE relativa a la calidad exigida a las aguas para cría de moluscos» (1979), *Diario Oficial de las Comunidades Europeas*, núm. L281 (10 novembre).

5. «Directiva 80/778/CEE relativa a calidad de las aguas destinadas al consumo humano» (1980), *Diario Oficial de las Comunidades Europeas*, núm. L229 (30 agost).

6. «Directiva 76/464/CEE relativa a la contaminación causada por determinadas sustancias peligrosas vertidas en el medio acuático» (1976), *Diario Oficial de las Comunidades Europeas*, núm. L129 (18 maig).

les aigües subterrànies.⁷ Va seguir un període de maduració i reflexió sobre la legislació i als anys noranta apareix una segona onada: tractament de les aigües residuals urbanes,⁸ i protecció contra la contaminació per nitrats.⁹

Paral·lelament van tractar la qualitat ecològica de l'aigua, el programa comunitari d'acció en la protecció i la gestió de les aigües subterrànies d'una manera integrada, i la revisió de la directiva relativa a les aigües subterrànies, de bany, consum humà, prevenció i control integrats de la contaminació.¹⁰ Amb tot això va aflorar la qüestió de la política de l'aigua, ja que les directives vigents comporten costos connexos importants. Aquesta qüestió política es manifesta en les crítiques del Parlament Europeu als textos presentats per la Comissió, que titlla de poc generals en la visió de futur. El Consell Econòmic Social incideix en la major protecció dels recursos hídrics i del medi. El Comitè de les Regions cerca la participació de les estructures administratives locals.

Com a conseqüència d'aquest procés, apareixen quatre objectius principals de la política de l'aigua, que poden ser antagònics entre si:

— el subministrament d'aigua potable

7. «Directiva 80/68/CEE relativa a la protecció de las aguas subterráneas contra la contaminación causada por determinadas sustancias peligrosas» (1980), *Diario Oficial de las Comunidades Europeas*, núm. L20 (26 gener).

8. «Directiva 91/271/CEE relativa al tratamiento de las aguas residuales urbanas» (1991), *Diario Oficial de las Comunidades Europeas*, núm. L135 (21 maig).

9. «Directiva 91/676/CEE relativa a la protecció de las aguas contra la contaminación producida por nitratos» (1991), *Diario Oficial de las Comunidades Europeas*, núm. L375 (31 desembre).

10. «Directiva 96/61/CE relativa a la prevención y al control integrados de la contaminación (PCIC)» (1996), *Diario Oficial de las Comunidades Europeas*, núm. L257 (10 octubre).

- el subministrament d'aigua per a altres necessitats econòmiques
- la protecció del medi ambient
- l'atenuació dels efectes adversos de les inundacions i les sequeres.

Entre aquests objectius destaca la protecció del medi ambient i el fet que els tres primers, i una mica també el quart, estan íntimament relacionats amb la qualitat de l'aigua.

El lligam que s'estableix entre la qualitat de l'aigua i la protecció del medi ambient és decisiu. Així, defineix *l'estat de les aigües superficials* a partir de l'estat ecològic i químic, i *l'estat ecològic* a partir de la qualitat i el funcionament dels ecosistemes aquàtics, tot introduint un indicador de la qualitat hidromorfològica. És a dir, va més enllà de l'estricta qualitat de l'aigua i parla de la qualitat conjunta del riu, de la conca i de l'aigua que conté.

Aquestes definicions coexisteixen amb la de qualitat de «l'aigua amb destinació al consum humà» i d'altres aigües.

Sobre la qüestió de la qualitat de l'aigua, podríem fer diverses disquisicions però ens centrem en algun dels mecanismes que es proposen per a aconseguir millorar-la:

- el mecanisme que garanteixi una tarifació de l'aigua a un preu de recuperació íntegra del cost
- el mecanisme de reglamentació de la informació a les autoritats nacionals i a la comissió de problemes específics
- mesures per a combatre la contaminació accidental
- un procediment d'elaboració d'estratègies coordinades per a abordar la contaminació causada per contaminants o grups de contaminants particulars.

Abans, la política de l'aigua es basava a fixar objectius de qualitat per als components ambientals hídrics i per als diferents usos de l'aigua i controlar la qualitat de l'aigua per comprovar el compliment dels objectius.

La introducció de l'anomenada *Directiva marc* afegeix l'establiment de la planificació per a arribar als objectius de qualitat fixats i de sistemes d'autorització de captació de les aigües.

Un cop presentada aquesta visió global, analitzem l'abast de les dues últimes directives: la de qualitat per al consum humà i la *Directiva marc*.

3. LA QUALITAT DE LES AIGÜES DE CONSUM HUMÀ

La *Directiva 98/83/CE* del Consell de la UE es refereix a la qualitat de les aigües destinades al consum humà.

En el cas comunitari, ens trobem en un procés de refosa i harmonització legislativa, i s'afegeixen noves directives que deroguen i substitueixen les anteriors. Un exemple n'és l'anomenada *Directiva marc*, per la qual s'estableix un marc comunitari d'actuació en l'àmbit de la política d'aigües.

En el cas espanyol, la nostra opinió és que el procés de refosa i d'harmonització legislativa, previst a l'article 82 de la Constitució, ha quedat aturat amb la modificació de la Llei d'aigües de 1985, el 1999, i a l'espera del Pla Hidrològic Nacional i la llei corresponent. D'aquí la baixa efectivitat en aplicar les directives comunitàries de sanejament transposades, i també conseqüència de l'espera per a veure aparèixer les definitives noves directives europees, per a adaptar-les després.

A Catalunya, igual que amb el Pla de Sanejament, es va preferir recollir l'esperit i part de la lletra de les propostes comunitàries i d'avançar-se; i l'any 1999 es va aprovar la

Llei d'ordenació i gestió de l'aigua, coneguda com a *Llei catalana de l'aigua*.

Val la pena destacar alguns aspectes importants per al nostre objectiu de la Directiva 98/83/CE de qualitat de les aigües destinades al consum humà:

- Cal examinar la Directiva en funció del principi de subsidiarietat. Pel mateix motiu reconeix atenuants a causa de les diferents característiques naturals i socioeconòmiques. Per aquestes raons es poden establir excepcions (fins a tres terminis de tres anys) i calendaris d'aplicació més amplis (cinc anys ampliables, excepcionalment, a tres més).
- Els estats poden afegir-hi paràmetres, però no treure'n.
- Els paràmetres de qualitat i salubritat essencials i preventius són necessaris per a definir els objectius mínims de la qualitat del medi ambient que s'han d'assolir per a mantenir i fomentar l'ús sostenible de l'aigua destinada al consum humà. Per tant, s'han d'adoptar mesures de protecció adequades per a assegurar la puresa de les aigües superficials i de les aigües subterrànies, així com per a evitar que la qualitat es perdi com a conseqüència de les substàncies i materials emprats en la preparació i distribució de les aigües o per qualsevol altra causa que degradi la qualitat actual de les aigües destinades a consum humà. Per les mateixes raons, obliguen a adoptar les mesures correctives necessàries per a restablir la qualitat i donen prioritat al compliment d'aquestes mesures.
- Inclou el principi de prevenció, perquè les aigües destinades a consum humà puguin consumir-se amb seguretat tota la vida i donin un alt nivell de

protecció de la salut. Per això implica les aigües emprades en la indústria alimentària; quant als riscos microbiològics i químics, els valors es revisaran i fixaran basant-se en motius de salut pública i avaluació de riscos. Prohibeix tot subministrament d'aigua que representi un perill per a la salut, però també preveu els riscos que una interrupció o una restricció del servei comporten per a la salut humana (possible resolució en un termini de fins a trenta dies).

- L'usuari integra el concepte de consumidor i per això s'han de complir els paràmetres en el punt on l'aigua està a la seva disposició. D'igual manera, impera el concepte de consumidor en incloure en l'aplicació de la Directiva els subministraments de 10 m³ diaris, o a cinquanta persones si el subministrament és part d'una activitat comercial o pública.

77

El tractament de les aigües residuals, la protecció de les aigües per a consum, piscifactories, bany, etc., han estat i són objectius de la política hidràulica comunitària, així com aconseguir una utilització racional de l'aigua i evitar-ne el malbaratament, la qual cosa s'aconseguirà motivant el ciutadà en part a través del cost de l'aigua.¹¹ La Unió Europea, inicialment en el període 1994-1999, ha dedicat 7.000 milions d'ecus mitjançant fons estructurals per a la construcció de depuradores d'aigües residuals, però no creu oportú mantenir una política de subvencions en el futur.

11. COMISSIÓ EUROPEA (1998), *La Unió Europea i el medi ambient. Europa en moviment*, Direcció General d'Informació, Comunicació, Cultura i Sector Audiovisual, Bèlgica, 36 p.

4. LA QUALITAT DE LES AIGÜES I LA CONSTITUCIÓ

El capítol 1r, secció 2a, article 31/2 de la Constitució espanyola fa referència al sistema tributari: «La despesa pública realitzarà una assignació equitativa dels recursos públics i la seva programació i execució respondrà als criteris d'eficiència i economia». Per tant, cal obtenir recursos econòmics per a millorar la qualitat dels recursos hídrics.

Al capítol 3r, article 43.1 diu: «Es reconeix el dret a la protecció de la salut». A l'apartat 2: «Correspon als poders públics organitzar i protegir la salut mitjançant mesures preventives, prestacions i serveis necessaris». Ambdós concorden amb les directives que tractem.

En el mateix capítol, a l'article 45.2, reproduït textualment, diu: «Els poders públics vetllaran per la utilització racional de tots els recursos naturals, amb el fi de protegir i millorar la qualitat de vida i defensar i restaurar el medi ambient, i trobaran suport en la solidaritat col·lectiva, que és indispensable».

Al mateix capítol, l'article 51 indica sobre la defensa dels consumidors, que també s'ha d'aplicar als serveis públics:

- Els poders públics garantiran la defensa dels consumidors i dels usuaris, protegint-ne, mitjançant procediments eficaços, la seguretat, la salut i els legítims interessos econòmics.
- Els poders públics promouran la informació i l'educació dels consumidors i usuaris.

S'ha de recordar que, desenvolupaments estatutaris i competencials a part, l'article 149 de la Constitució sobre competències exclusives de l'Estat diu: «22. La legislació, l'ordenació i la concessió de recursos i aprofitaments hidràulics quan les aigües passen per més d'una comunitat autòno-

ma, i l'autorització de les instal·lacions elèctriques [...]. 23. Legislació bàsica sobre protecció del medi ambient, sense perjudici de les facultats de les comunitats autònomes d'establir normes addicionals de protecció».

Catalunya es troba sota una jerarquia legislativa dependent de la UE i de l'Estat espanyol, que a la vegada depèn de Brussel·les, però amb una autonomia en aquest camp que permet incidir en la qualitat de l'aigua, des del medi natural fins a l'aigua de boca. Cal dir que en tots els graus legislatius es manté una visió prou convergent i unitària de com tractar el recurs de l'aigua.

Si obviam que les directives s'han de *transposar*, només ens queden les actuacions prèvies a l'aparició de les directives i les col·laterals que es produeixin.

Considerant que es tracta de garantir la qualitat i la quantitat del recurs hídric, la legislació existent o en projecte que ens afecta és la Llei d'aigües i el Reglament del domini públic hidràulic,¹² la possible legislació o accions que es deriven del Pla Hidrològic Nacional,¹³ del *Llibre blanc de l'aigua*¹⁴ i de la modificada Llei d'aigües.¹⁵ S'han anunciat altres actuacions, com el Pla de Sanejament, però queden incloses en les actuacions esmentades.

12. A. REVERTE NAVARRO, E. PÉREZ PÉREZ (1995), *Legislació d'aigües*, Tecnos.

13. MINISTERIO DE OBRAS PÚBLICAS Y TRANSPORTES (1993), *Plan Hidrológico Nacional*, memòria, Secretaría de Estado para las Políticas del Agua y del Medio Ambiente, Dirección General de Obras Hidráulicas y Calidad de las Aguas. *Anteproyecto Ley del Plan Hidrológico Nacional*, Secretaría de Estado para las Políticas del Agua y del Medio Ambiente, Dirección General de Obras Hidráulicas y Calidad de las Aguas.

14. MINISTERIO DE MEDIO AMBIENTE (1998), *Libro blanco del agua en España*, Dirección General de Obras Hidráulicas y Calidad de las Aguas.

15. «Modificación de la Ley 29/1985, de 2 de agosto, de aguas» (1999), *Boletín Oficial de las Cortes Generales*, Congrés dels Diputats, sèrie A, 121/000171, VI legislatura (24 maig).

L'article 84 i següents de la Llei d'aigües (29/1985) ja tracta sobre la protecció de la qualitat, els perímetres de protecció, els abocaments, els límits d'explotació dels aquífers, etc., els quals es desenvolupen en el Reglament i es posposen, parcialment, al Pla Hidrològic Nacional (PHN).

L'article 104 tracta el règim econòmic financer basat en el sistema de cànon, que inclouran despeses de funcionament i conservació, d'administració, de gestió i d'amortització, però no els vinculats a l'esgotament del recurs. Aquests aspectes també es tracten en el PHN en projecte, però amb la mateixa absència de cost relatiu en l'esgotament del recurs.

La gestió prevista en l'àmbit comunitari encaixa amb la tradició espanyola per unitats de conca. A la Llei d'aigües de 1985 es manté aquesta tradició però unificant la gestió de les aigües superficials i subterrànies, que queden de domini públic.

Òbviament, la competència local en l'abastament d'aigües és la que es veurà més afectada per la Directiva 98/83, de qualitat de l'aigua per a consum humà. La competència local es manté a la Llei d'aigües de 1985 i també a la llei que es derivi del PHN. Cal destacar dos aspectes importants de la Llei d'aigües: la delegació de gestió en comunitats d'usuaris (capítol IV) i l'esment a la concessió per a l'abastament a diverses poblacions, aquest cop molt clar en l'article 229 del Reglament. És a dir, la gestió de l'aigua, global o en una de les etapes del cicle, és complexa, s'ha de delegar en part i no és possible, en la majoria dels casos, abordar-la des d'una sola corporació local de manera aïllada.

La modificació de la Llei d'aigües 29/1985 reconeix que l'aplicació ha permès constatar l'existència de problemes pràctics en la gestió, i s'intenta fer una previsió de futur per a dotar-la d'instruments eficaços per a afrontar les noves demandes en quantitat i qualitat. La qualitat es pretén solucionar amb noves tecnologies (dessalinització, reutilització), poten-

ciant-ne l'ús eficient, partint del mesurament, i flexibilitzant el règim de concessions (contracte de cessió de dret d'ús d'aigua a un rang igual o superior) i l'adquisició de les concessions pels organismes de conca, conegut com *mercat de l'aigua*. La convergència amb el text de la Directiva europea és clara.

Cal preguntar-se com assimilaran aquests canvis les entitats gestores de conques. Si ens referim a l'experiència passada i únicament a la integració de les aigües subterrànies a la tradicional gestió de les aigües superficials,¹⁶ els resultats han estat desiguals i no sempre suficientment fructuosos, i es reconeix la necessitat de reconsiderar el model tradicional de política hidràulica.¹⁷ També s'ha de destacar un baix rendiment en la recaptació dels cànons que s'han de repercutir i, per tant, una pèrdua de les possibilitats econòmiques per a millorar la gestió del cicle de l'aigua i la seva qualitat.

5. LA DIRECTIVA MARC DE L'AIGUA 200/60/CE

En el procés de refosa i harmonització comunitari, destaca l'aprovació de la Directiva (23/10/2000) per a establir un marc comunitari en l'àmbit de la política d'aigües.¹⁸

16. ASSOCIACIÓ INTERNACIONAL D'HIDROGEÒLEGS, GRUP ESPANYOL (AIHG-GE) (1996), *Jornada sobre les aigües subterrànies en las conques de l'Ebre, el Xúcar, internes de Catalunya i el seu paper en el Pla Hidrològic*, Lleida, febrer 1996.

17. MINISTERIO DE MEDIO AMBIENTE (1998), *Libro blanco del agua en España*, Dirección General de Obras Hidráulicas y Calidad de las Aguas.

18. *Directiva 2000/60/CE del Parlament Europeu i del Consell de 23 d'octubre de 2000 i Comissió de les Comunitats Europees. Documents ES 14. COM (97) 49 final (Proposta de directiva del Consell per la qual s'estableix un marc comunitari d'actuació en l'àmbit de la política de l'aigua)*, Oficina de Publicacions Oficials de les Comunitats Europees, núm. de catàleg CB-CO-97-079-ES-C.

Proposa establir un marc per a la protecció de les aigües superficials i subterrànies amb plantejaments, objectius, principis i mesures bàsiques comuns.

Es fa un plantejament mediambiental global i sostenible, que pretén contribuir a la disponibilitat de subministraments en quantitats i qualitats necessàries per a un desenvolupament sostenible. Això inclou un enfocament combinat per controlar la contaminació i fixar objectius mediambientals.

Si observem el calendari previst, tindrem una idea més clara de l'abast d'aquesta Proposta de directiva. Els terminis proposats, referits a desembre de cada any són els següents:

- Any 2000. Aprovació de la Directiva.
- Any 2001. Programes de seguiment de l'estat de la qualitat de les aigües.
- Any 2003. Disposicions reglamentàries i administratives.
- Any 2004. Nomenament d'autoritats competents a les conques.
Primer estudi de les demarcacions hidrogràfiques.
Registre de zones protegides.
- Any 2009. Programes de mesures i plans hidrològics de les conques.
- Any 2012. Control de la contaminació puntual i difusa.
- Any 2015. Obtenció d'un bon estat de les aigües superficials i subterrànies.

El control de contaminació i la pèrdua de qualitat de l'aigua es basen en la Directiva PCIC 96/61/CE¹⁹ i la de substàncies perilloses.²⁰

El control i la coordinació correspon a l'Agència Europea de Medi Ambient, que elabora i dona informació mitjançant l'Eurostat, i coordina els esforços administratius.

En els aspectes econòmics, s'enfortirà el cofinançament comunitari d'infraestructures ambientals i es recorrerà a la tarifació, que ha de ser un reflex fidel dels costos concrets, a través de la captació i el consum d'aigües superficials i subterrànies i l'emissió de contaminants, internalitzant la contaminació difusa i mantenint el principi de «qui contamina, paga».

Es proposa recuperar la totalitat dels costos de tots els serveis relacionats amb l'aigua i, amb això, fer desaparèixer les externalitats, les subvencions creuades i els ajuts estatals. A més, la tarifació li confereix la funció d'incentiu i de gestió de la demanda.

En els costos distingeix els de la prestació del servei a l'usuari, als quals estem habituats, i els ambientals o vinculats a l'esgotament del recurs, no tan assimilats ni treballats al nostre país ni a la resta d'Europa. És a dir, un cop reconeguda la importància de l'aigua i el seu abastament en qualitat i quantitat, un cop definit un alt nivell de qualitat de l'aigua d'abastament i assumida la unitat de conca com a unitat de gestió, es dictamina que el mecanisme de tarifació és el que permet la sostenibilitat econòmica que necessita la posada en pràctica de la Directiva.

19. «Directiva 96/61/CE relativa a la prevención y al control integrados de la contaminación (PCIC)» (1996), *Diario Oficial de las Comunidades Europeas*, núm. L257 (10 octubre).

20. «Directiva 76/464/CEE relativa a la contaminación causada por determinadas sustancias peligrosas vertidas en el medio acuático» (1976), *Diario Oficial de las Comunidades Europeas*, núm. L129 (18 maig).

6. EL MARC AUTONÒMIC CATALÀ

Recentment s'ha unificat la gestió de l'aigua, abans dividida en Junta d'Aigües i Junta de Sanejament, integrades en l'Agència Catalana de l'Aigua (ACA), per fer un tractament integral del cicle de l'aigua.

El Parlament també ha aprovat el Projecte de llei d'ordenació i gestió de l'aigua.²¹ Podem dir que enllaça amb la política comunitària de l'aigua i, concretament, amb el Projecte de directiva marc per a la gestió de l'aigua.²² La llei manté la gestió per conques i crea els districtes de conca fluvial. Cal destacar la creació de les entitats locals de l'aigua (ELA), com a entitats locals supramunicipals, a les quals s'atribueix la competència i els recursos econòmics de l'ACA i de les entitats locals en matèria d'abastament i sanejament.

Destaquem la gestió unificada dels cànons d'infraestructures, de sanejament i tarifes de sanejament, imprescindible per a aconseguir la millora de la qualitat de l'aigua, l'aplicació i la recaptació de les quals havien suscitat en algun cas certa conflictivitat social.

El títol II, que tracta sobre l'abastament d'aigua als municipis, posa l'èmfasi en les xarxes bàsiques d'abastament als municipis i el repartiment de competències que sobre aquestes exerciran la Generalitat i els municipis.

Amb aquests aspectes destacats, creiem que, sense desgranar la totalitat de la legislació, hem comentat els

21. LOGA (1999), *Butlletí Oficial del Parlament de Catalunya*, núm. 392, de 26 d'abril de 1999. Projecte de llei d'ordenació i gestió de l'aigua. Tramitacions en curs.

22. *Directiva 2000/60/CE del Parlament Europeu i del Consell de 23 d'octubre de 2000 i Comissió de les Comunitats Europees. Documents ES 14. COM (97) 49 final (Proposta de directiva del Consell per la qual s'estableix un marc comunitari d'actuació en l'àmbit de la política de l'aigua)*, Oficina de Publicacions Oficials de les Comunitats Europees, núm. de catàleg CB-CO-97-079-ES-C.

extremes que ens ocupen de la qualitat de l'aigua i, concretament, de la Directiva 98/83/CE.

Ara fem una petita reflexió sobre la dificultat d'aconseguir una bona qualitat de les nostres aigües, amb un marc legislatiu i una organització administrativa adequats i preparats. La reflexió és extensiva a les dificultats en la convergència econòmica i social.

Amb una ullada a la taula adjunta, en què es donen xifres sobre la situació geogràfica i productiva relatives a l'aigua de Espanya, Alemanya, dos dels motors d'Europa, Catalunya i Baden-Württemberg, i altres zones del món, demostren que ens trobem en una situació de desavantatge comparatiu respecte als països d'Europa central i del nord,²³ fet que podrà provocar un cost diferencial fort de l'economia²⁴ en conjunt per als sectors que basen la seva activitat en la utilització dels recursos hídrics i per al ciutadà en general.

Cal esperar una política europea de suport pel que fa als recursos hídrics i la seva qualitat i quantitat, si realment es busca la convergència i la potenciació de sectors, com el turístic, a la nostra zona.

Cal afegir que les escasses i sobtades aportacions de recursos hídrics al nostre territori es fan sobre terres predominantment calcàries, fet que representa un grau de salinitat de les aigües naturals superficials i subterrànies elevat. Un cas emblemàtic és el del riu Llobregat, amb aigües dures i salines després de rebre les aportacions del Cardener i d'altres fons de la zona minera del curs mitjà.

Trobem més dades sobre aquesta situació hídrica desfavorable al *Llibre blanc de l'aigua a Espanya*, esmentat d'una

23. M. SOLER, *et al.*, ICAEN (1995), *Gestió de l'aigua: Captació, distribució i utilització*, IX Jornada sobre l'Estalvi d'Aigua a la Indústria i als Municipis, octubre 1995, Barcelona, ICAEN.

24. MINISTERIO DE MEDIO AMBIENTE (1998), *Libro blanco del agua en España*, Dirección General de Obras Hidráulicas y Calidad de las Aguas.

	Catalunya	Espanya	Baden- Württemberg	Alemanya occidental	Japó	UE90	OCDE	Total mundial
a) Consum industrial (1)	213	745,7	10.221	11.607	1.944			
hm ³ /any								
b) Consum prod. energia	3.070 (2)	6.194	30.318	-	3.331			
hm ³ /any								
<i>Ràtios</i>								
hm ³ /any/× 1.000 MPPTA VAB								
A)	22,3	31,3	66	33,2	37,8			
B)	322,6	260	197	-	64,8			
hm ³ /any/km ²								
A)	6,66	20,7	41	30,7	3,85			
B)	95,9	172	121,7	-	6,59			
hm ³ /any 1.000 hab.								
A)	35	80	161,6	93,9	49,9			
B)	506	667	479	-	85,5			
VAB								
valor afegit brut								
MPPTA								
milions de pessetes								
tep								
tones equivalents de petroli								
1) No refrigeració producció d'energia. Si per al Japó, Alemanya amb autogeneració.								
2) 1.718 hm ³ aigua de mar.								

manera explícita,²⁵ amb una escorrentia que és el 60 % de la mitjana europea i una aportació enganyosa per càpita mitjana de 2.800 m³/hab./any, en no tenir en compte la irregularitat espacial i temporal de la distribució i la manca de transferències des d'un altre país. Hi ha dades més disperses però igualment eloqüents respecte a aquesta situació hídrica, tant en quantitat com en qualitat al document conegut com *Dobriss*.²⁶

A l'eficiència demostrada en la utilització dels escassos recursos disponibles, hem d'afegir la reducció de la carrega contaminant, ja que si el 1992 les nostres indústries ja eren més eficients utilitzant l'aigua que les de Baden-Württemberg, d'aleshores ençà, amb l'ajut dels programes d'estalvi de l'ICAEN i dels plans de descontaminació gradual de l'antiga Junta de Sanejament, avui ACA, tot això ha millorat, i ens trobem al sector industrial, amb reduccions de l'abocament superiors al 50 % en un període de cinc anys, expressat en termes de la demanda química d'oxigen abocada.

7. ALTRES IMPACTES ECONÒMICS DE LA QUALITAT DE L'AIGUA

En diversos treballs²⁷ s'ha analitzat l'impacte econòmic de l'aplicació de la Directiva 93/83/CE, sobre la qualitat de l'aigua per a consum humà. A la taula 2 presentem els resultats més significatius d'aquest impacte econòmic:

25. MINISTERIO DE MEDIO AMBIENTE (1998), *Libro blanco...*

26. EUROSTAT (1995), *Europe's Environment. Statistical Compendium for the Dobriss Assessment*, Brussel·les, Luxemburg, ECSC, EC, EAEC, 1995.

27. EUREAU (1992), *Drinking water directive 80/778. Proposal for modifications*, Wieu of EUREAU; F. PORTA (1999), *La repercussió de la directiva marc de l'aigua a Espanya*, Màster de gestió i tecnologia de l'aigua, EUETIT, UPC.

TAULA 2. *Costos en infraestructures*

	<i>MPTA</i>	<i>Milions d'euros</i>
Per a tractament de trihalometans	106.000	637
Substitució de connexions de plom	53.000	319
Altres paràmetres	25.000	150
Subtotal	184.000	1.106
Costos d'exploració	Sense valorar	

L'Asociación Española de Abastecimientos de Agua y Saneamiento (AEAS), estima que aquestes inversions, conjuntament amb les de sanejament i les de tractament de les aigües pluvials (pendents i imprescindibles), representaran un increment del 29 % del preu de l'aigua, és a dir, unes 43 PTA/m³ per a l'abastament urbà.

Per la nostra part, fa uns anys vam estudiar la repercussió del valor afegit en la gestió del cicle urbà de l'aigua en les tarifes de les factures, i vam obtenir el resultat que es reflecteix a la taula 3:²⁸

TAULA 3. *Preus de l'aigua a Espanya*

<i>Comunitat</i>	<i>Preu mínim</i>	<i>Preu màxim</i>	<i>Preu mitjà cobrat</i>	<i>Preu mitjà amb valor afegit</i>
Andalusia	39	127	94	269
Aragó	35	86	82	262
Astúries	92	92	92	272
Cantàbria	71	71	71	295
Castella-la Manxa	36	80	62	270
Castella i Lleó	48	87	61	313
Catalunya	72	211	198	259
Extremadura	87	116	98	313
Galícia	53	72	60	258
La Rioja	116	116	116	288
Madrid	122	122	122	244
Múrcia	191	191	191	289
Navarra	91	91	91	244
País Basc	61	99	85	236
Comunitat Valenciana	97	132	116	253

28. M. SOLER (1997), *El coste del ciclo integral del agua urbana*, Water Economy and Policies in the Mediterranean for the XXI Century, València, maig 1997, FECOVAL.

D'aquesta taula deduïm que no és suficient la pujada proposada per l'AEAS, per diverses raons:

- El preu mitjà que s'hauria de repercutir és més gran del que actualment l'AEAS afirma que es factura, que és d'unes 150 PTA/m³.
- El preu mitjà actual, i les diferents tarifes que s'apliquen, no recullen les despeses reals que es produeixen en el cicle urbà de l'aigua. Si se segueix per aquest camí, les infraestructures urbanes de distribució i sanejament desapareixeran per manca de manteniment i renovació. Ens estem gastant el patrimoni d'infraestructures.
- La taula amb els preus que hem adjuntat no considera les despeses de protecció, regulació i gestió dels recursos, incloent-hi el de manteniment i renovació de les infraestructures existents, per la qual cosa la tarifa actual encara hauria de ser una mica més alta que la que proposem.
- Als costos esmentats, tots reals i en part no cobrats, cal afegir-hi els que aportarà la Directiva marc²⁹ sobre costos administratius de gestió, que se xifren en uns 15.000 MPTA anuals per a l'Europa comunitària, als quals s'ha d'afegir els d'aplicació sectorial, uns 654.000 MPTA al llarg de vint anys.
- Finalment la Directiva marc vol introduir un cost en funció de l'ús de l'aigua i de la disponibilitat o

29. *Directiva 200/60/CE del Parlament Europeu i del Consell de 23 d'octubre de 2000 i Comissió de les Comunitats Europees. Documents ES 14. COM (97) 49 final (Proposta de directiva del Consell per la qual s'estableix un marc comunitari d'actuació en l'àmbit de la política de l'aigua)*, Oficina de Publicacions Oficials de les Comunitats Europees, núm. de catàleg CB-CO-97-079-ES-C.

esgotament, que té una funció de protecció mediambiental i pretén la regulació del consum o de la demanda de l'aigua. Sobre aquest cas és francament difícil pronunciar-se en aquest moment, per manca de tradició d'aplicació en el nostre entorn, encara que hi ha antecedents en altres països.

Queda considerar la incidència econòmica de la reducció necessària de la contaminació difusa, encara no avaluada però d'una gran influència en la pèrdua de qualitat de les aigües superficials i subterrànies.

8. RESUM

La Directiva 98/83/CE, de qualitat d'aigua per a consum humà, i la 2000/60/CE o Directiva marc de l'aigua, són una fita legislativa, i pretenen introduir un nivell de qualitat envejable, però exigeix la selecció dels recursos disponibles i la seva protecció; i si cal, el tractament addicional de l'aigua i també la modificació de la xarxa de subministrament per a eliminar els materials que puguin degradar la qualitat de l'aigua. Per això es requereixen mitjans tècnics, com ara controls analítics, conducció d'operacions de tractament, coneixement de l'estat de la xarxa, etc.

El conjunt d'aquestes actuacions representarà en molts casos inversions i increment de costos d'exploració, tots repercutibles en l'usuari.

És a dir, s'han d'afrontar aspectes tècnics o de coneixement, econòmics o de viabilitat, i socials o d'acceptació de les mesures que cal implantar.

Cal observar que el marc normatiu disponible relatiu a la gestió de l'aigua permet:

- Actuacions per a disposar de bons recursos, com ara la gestió de recursos en l'àmbit de la conca i de la subconca, tant superficials com subterranis, la declaració de zones i de recursos protegits i d'interès, la possibilitat d'actuacions conjuntes amb les comunitats d'usuaris, la reutilització i dessalinització, la creació del mercat de l'aigua, etc.
- Actuacions per a crear o enfortir els aspectes tècnics i de coneixement. Algunes entitats públiques i privades han estudiat, i ho continuen fent, les tecnologies per a la reutilització, la dessalinització, la protecció i l'explotació dels aquífers. L'oferta tecnològica del país és suficient, les possibilitats de formació també, i els plans de recerca i desenvolupament tenen com a prioritat el medi ambient i dins d'aquest, l'aigua.
- Actuacions per a disposar dels recursos econòmics a través de les tarifes que permetin un servei de l'aigua urbà equilibrat pel que fa a la inversió i l'explotació actuals i futures i, per tant, sostenibles.
- Actuacions programades en terminis suficients i coordinades entre les diferents administracions perquè es pugui transmetre a la societat, a la ciutadania en general i als sectors econòmics la idea de la necessitat de l'aigua, i perquè es faci una gestió responsable, sostenible i d'alta qualitat del recurs de l'aigua, de manera que s'aconsegueixi la col·laboració activa de tots els implicats. No es pot obviar la qüestió de costos, que seran acceptats si aquesta transmissió d'informació sobre l'aigua es fa de manera adequada. A més, els terminis estan previstos i permeten la detecció de problemes i la cerca de solucions per a les diferents característiques naturals i socioeconòmiques.

Òbviament, això comportarà treballar millor conjuntament amb les entitats que poden col·laborar i compartir els problemes que tinguem, i ser capaços de comunicar-ho a la ciutadania i als sectors econòmics.

BIBLIOGRAFIA

ASSOCIACIÓ INTERNACIONAL D'HIDROGEÒLECS. GRUP ESPANYOL (1996). «Jornada sobre les aigües subterrànies en les conques de l'Ebre, Xúcar, internes de Catalunya i el seu paper en la planificació hidrològica». Lleida, febrer 1996.

COMISSIÓ EUROPEA (1998). *La Unió Europea i el Medi Ambient. Europa en Moviment*. Brussel·les: Direcció General d'Informació, Comunicació, Cultura i Sector Audiovisual. 36 p.

Directiva 200/60/CE del Parlament Europeu i del Consell de 23 d'octubre de 2000 i Comissió de les Comunitats Europees. Documents ES 14. COM (97) 49 final (Proposta de directiva del Consell per la qual s'estableix un marc comunitari d'actuació en l'àmbit de la política de l'aigua). Oficina de Publicacions Oficials de les Comunitats Europees, núm. de catàleg CB-CO-97-079-ES-C.

«Directiva 75/440/CEE relativa a la calidad requerida para las aguas superficiales destinadas a la producción de agua potable» (1975). *Diario Oficial de las Comunidades Europeas*, núm. L194 (25 juliol). (També veg. la transposició a l'OM d'11 de maig de 1988, l'OM de 15 d'octubre de 1990, l'OM de 30 de novembre de 1994 i el RD 1541/1994).

«Directiva 76/160/CEE relativa a la calidad de las aguas de baño» (1976). *Diario Oficial de las Comunidades Europeas*, núm. L31 (5 febrer).

«Directiva 78/659/CEE relativa a la calidad de las aguas

- continentales que requieren protección o mejora para ser aptas para la vida de los peces» (1978). *Diario Oficial de las Comunidades Europeas*, núm. L222 (14 agosto).
- «Directiva 79/923/CEE relativa a la calidad exigida a las aguas para la cría de moluscos» (1979). *Diario Oficial de las Comunidades Europeas*, núm. L281 (10 noviembre).
- «Directiva 80/778/CEE relativa a la calidad de las aguas destinadas al consumo humano» (1980). *Diario Oficial de las Comunidades Europeas*, núm. L229 (30 agosto).
- «Directiva 76/464/CEE relativa a la contaminación causada por determinadas sustancias peligrosas vertidas en el medio acuático» (1976). *Diario Oficial de las Comunidades Europeas*, núm. L129 (18 maig).
- «Directiva 80/68/CEE relativa a la protección de las aguas subterráneas contra la contaminación causada por determinadas sustancias peligrosas» (1980). *Diario Oficial de las Comunidades Europeas*, núm. L20 (26 gener).
- «Directiva 91/271/CEE relativa al tratamiento de las aguas residuales urbanas» (1991). *Diario Oficial de las Comunidades Europeas*, núm. L135 (21 maig).
- «Directiva 91/676/CEE relativa a la protección de las aguas contra la contaminación producida por nitratos» (1991). *Diario Oficial de las Comunidades Europeas*, núm. L375 (31 desembre).
- «Directiva 96/61/CE relativa a la prevención y al control integrados de la contaminación (PCIC)» (1996). *Diario Oficial de las Comunidades Europeas*, núm. L257 (10 octubre).
- EUREAU (1992). *Drinking water directive 80/778. Proposal for modifications*. Wieu of EUREAU.
- EUROSTAT (1995). *Europe's Environment. Statistical Compendium for the Dobriss Assessment*. Brussel-les; Luxemburg: ECSC:EC:EAEC.
- MINISTERIO DE MEDIO AMBIENTE (2000). *Plan Hidrológico Nacional*.

- «Projecte de Llei d'Ordenació i Gestió de l'Aigua. LOGA» (1999). *Butlletí Oficial del Parlament de Catalunya*, núm. 392 (26 abril). [Tramitació en curs]
- MINISTERIO DE OBRAS PÚBLICAS Y TRANSPORTES (1993). *Plan Hidrológico Nacional*. Abril 1993. MOPT. Secretaría de Estado para las Políticas del Agua y del Medio Ambiente. Dirección General de Obras Hidráulicas y Calidad de las Aguas. [Memòria]
- (1993). *Anteproyecto de Ley del Plan Hidrológico Nacional*. Abril 1993. MOPT. Secretaría de Estado para las Políticas del Agua y del Medio Ambiente. Dirección General de Obras Hidráulicas y Calidad de las Aguas.
- MINISTERIO DE MEDIO AMBIENTE (1998). *Libro blanco del agua en España*. Dirección General de Obras Hidráulicas y Calidad de las Aguas.
- PORTA, F. (1999). *La repercusión de la directiva marc de l'aigua en España*. Barcelona: EUETIT: UPC. [Apunts del Màster de gestió i tecnologia de l'aigua].
- «Modificación de la Ley 29/1985, de 2 de agosto, de aguas» (1999). Sèrie A. 121/000171. *Boletín Oficial de las Cortes Generales* (24 maig).
- REVERTE NAVARRO, A.; PÉREZ PÉREZ, E. *Legislació d'aigües 1995*. [S. Il.]: Tecnos.
- SOLER, M. (1997). *El Coste del Ciclo Integral de l'aigua Urbana*. Water Economy and Policies in the Mediterranean for the XXI Century. FECOVAL, maig 1977, València.
- (1998). *La conca como unidad de manejo del recurso hídrico. La experiencia en España*. AGUA 98. CINARA. Cali (Colòmbia).
- SOLER, M. [et al.] (1995). *Consum industrial de l'aigua en Catalunya*. [Document intern per a l'ICAEN]
- SOLER, M. [et al.] (1995). *Gestió de l'aigua: Captació, distribució i utilització*. IX Jornada sobre l'Estalvi d'Aigua a la Indústria i als Municipis. ICAEN, octubre 1995, Barcelona.

SOLER, M. [et al.] (1997). *Manual de gestió del medi ambient*. Barcelona: Ariel Economía. 475 p.

SOLER, M.; ISLA, M. (1996). *Economical technical and normative policies for water management in an arid country, Spain. The experience of Catalonia. The Mediterranean water policies: The control of water non point source pollution*. Fundacione Eni Enrico Mattei, 18-19 juny, 1996, Venècia (Itàlia).

**REUTILITZACIÓ
PLANIFICADA
D'AIGÜES RESIDUALS
URBANES,
A CÀRREC DE
JOAN GARCÍA I SERRANO,
DE LA UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE CATALUNYA**

1. LA REUTILITZACIÓ I LA REGENERACIÓ: DESENVOLUPAMENT, BENEFICIS I USOS

L'aigua dolça és un recurs renovable essencial per a la vida i el desenvolupament de les poblacions d'éssers humans. La distribució mundial dels recursos hídrics és molt irregular, per exemple, un habitant de Gaza disposa de 59 m³/any, mentre que un islandès pot gaudir de 630.000 m³ anuals (Courbet i Verant, 2001). Aquesta irregularitat natural, juntament amb l'augment de la població urbana i els models de desenvolupament actuals, provoca que moltes zones àrides o semiàrides no disposin de prou recursos hídrics per a les poblacions d'humans. Una d'aquestes zones és la Mediterrània. En aquestes zones, la manca del recurs hídric es resol normalment transportant-lo des d'indrets llunyans fins on es necessita. En són exemples les propostes de projectes de transvasament del riu Roina i del riu Ebre, de tanta actualitat al nostre país. Tanmateix, aquestes propostes presenten cada vegada més rebuig social perquè hi ha una tendència creixent a reconèixer el valor intrínsec dels recursos naturals davant del seu valor utilitari. En aquest context, la reutilització de les aigües depurades és una alternativa que permet alliberar parcialment o totalment els recursos hídrics i, per tant, pot contribuir a assolir el tan desitjat desenvolupament sostenible, o si més no a aproximar-s'hi.

La *reutilització d'efluents urbans depurats* consisteix en l'aprofitament d'aigües que ja han estat usades. La reutilització és, doncs, un aspecte important dins del marc general dels recursos hídrics i del control de la contaminació. Permet disposar d'un recurs hídric alternatiu i fiable i, a més, redueix la contaminació.

La reutilització es pot classificar en *indirecta* o *direc-ta*. La *reutilització indirecta* es basa en l'abocament dels efluents depurats al medi ambient, la mescla amb aigua

dels ecosistemes i la utilització incidental. Per exemple, una planta potabilitzadora que capta i tracta aigües d'un riu on s'hi aboquen efluents depurats que es barregen i dilueixen amb el cabal circulant, és un procés de reutilització indirecta. Aquesta pràctica no ha de sorprendre, ja que és habitual al nostre país. La reutilització indirecta és sempre parcial perquè no s'aprofita tota l'aigua depurada. La *reutilització directa* consisteix en l'aprofitament de l'aigua sense que s'aboqui al medi ambient receptor. Pot ser una reutilització completa o total de l'aigua. La reutilització directa és el que es coneix com a *reutilització planificada*.

La reutilització es classifica segons els usos: no potables o potables. En la *reutilització per a usos no potables* l'aigua que s'aprofita té una qualitat inferior a la de l'aigua potable. En aquest cas, s'utilitza, per exemple, per a reg agrícola i de jardineria, per a la indústria i per a la neteja de carrers. La *reutilització per a usos potables* consisteix en la utilització directa de l'aigua reutilitzada com a aigua potable després de tractaments terciaris molt avançats, o indirectament després d'haver-se barrejat i diluït amb aigües corrents. La reutilització per a usos no potables és la més habitual i té una gran acceptació pública a les zones amb tradició en reutilització, com Califòrnia i Florida. La reutilització directa per a usos potables és una pràctica que s'efectua a molt pocs llocs del món, i no té una bona acceptació pública (Okum, 2001). La reutilització tant per a usos potables com no potables encara té problemes d'acceptació pública en regions on no hi ha tanta tradició i estan en plena fase d'implantació (Jeffrey, 2001), com és el cas de Catalunya i de l'Estat espanyol.

El notable desenvolupament de la reutilització planificada els últims temps obeeix fonamentalment a dos factors (Mujerigo, 2000). En primer lloc, en molts països i regions es pretén ampliar els abastaments i, en definitiva, augmentar la quantitat d'aigua disponible. Això és degut al fet que la

població i les dotacions segueixen augmentant de manera que les fonts d'aigua tradicionals són insuficients. Les distàncies entre noves fonts i els grans nuclis urbans cada vegada tendeixen a ser més grans. Amb molta freqüència hi ha grans limitacions de tipus ambiental per a construir embassaments. En algunes zones hi ha sovint sequeres recurrents que provoquen una reducció de la quantitat d'aigua disponible. En segon lloc, les exigències sanitàries i ambientals sobre el medi receptor, els requisits d'ubicació i els nivells de tractament cada vegada són més estrictes i, per tant, tendeixen a limitar els abocaments d'aigües depurades.

El procés de tractament necessari perquè una aigua residual depurada pugui ser reutilitzada és la *regeneració*. La regeneració té com a objectiu retornar a l'aigua el nivell de qualitat que tenia abans de ser usada totalment o parcialment. La implantació d'un projecte de regeneració té dos requisits fonamentals:

- 1) Definir els nivells de qualitat adequats per a cada ús.
- 2) Establir els processos de tractament per a regenerar l'aigua de manera que es puguin assolir els nivells de qualitat establerts prèviament.

L'elaboració i l'aprovació d'aquests dos punts constitueixen una de les parts més conflictives en qualsevol programa de reutilització (Mujeriego, 1990, 2000). Una prova en són la diversitat i l'heterogeneïtat dels criteris i de les normes de qualitat establerts pels diferents països, regions i organitzacions internacionals sobre la reutilització de les aigües.

La posada en marxa de programes de reutilització en una zona determinada té com a benefici general una gestió més adequada i completa dels recursos hidràulics. Altres beneficis són els que es descriuen a continuació (Mujeriego,

2000). La reutilització té més avantatges respecte de l'abocament directe de l'aigua al medi ambient quan les exigències de qualitat de la reutilització són menys restrictives. La reutilització permet reduir les aportacions de contaminants al medi ambient receptor; de fet, en el reg agrícola i de jardineria amb aigua regenerada es pot considerar que l'aigua rep un tractament addicional al sòl. La reutilització també promou que les instal·lacions de potabilització siguin més senzilles quant a processos, de manera que el preu de producció de l'aigua potable pot arribar a reduir-se. La reutilització agrícola i de jardineria permet que s'aprofitin els nutrients que conté l'aigua regenerada. Un altre benefici és que el cabal disponible d'aigua regenerada és molt fiable i regular, fins i tot més que moltes aigües corrents de la conca mediterrània.

Les aigües residuals regenerades s'utilitzen per a usos múltiples, entre els quals destaquen els següents:

- 1) reutilització urbana (jardineria, incendis, neteja de carrers i de cotxes)
- 2) reutilització industrial (refrigeració)
- 3) reutilització agrícola i forestal
- 4) reutilització ornamental i recreativa
- 5) reutilització per a la millora i la preservació del medi ambient
- 6) reutilització per a la recàrrega d'aqüífers.

La reutilització de les aigües és una pràctica molt estesa en alguns països i regions com Califòrnia, Florida, el Japó, Israel, Tunísia i Jordània. En cada cas, els programes de reutilització s'elaboren per respondre a demandes diferents segons el context local. A les regions àrides i semiàrides com Califòrnia, Jordània, Tunísia i Catalunya, les aigües regenerades s'utilitzen fonamentalment per a reg agrícola i de jardi-

neria, tant de cultius de consum cru com de cultius processats, i tant mitjançant reg per aspersió, com per goteig i per inundació. Japó és un cas particular perquè les aplicacions són fonamentalment de tipus urbà: alimentació de fonts i dipòsits ornamentals, usos en edificis i augment del cabal de trams de rius urbans, entre d'altres. La figura 1 mostra una comparació entre els usos de Califòrnia i del Japó. El cas de Catalunya és molt similar al de Califòrnia.

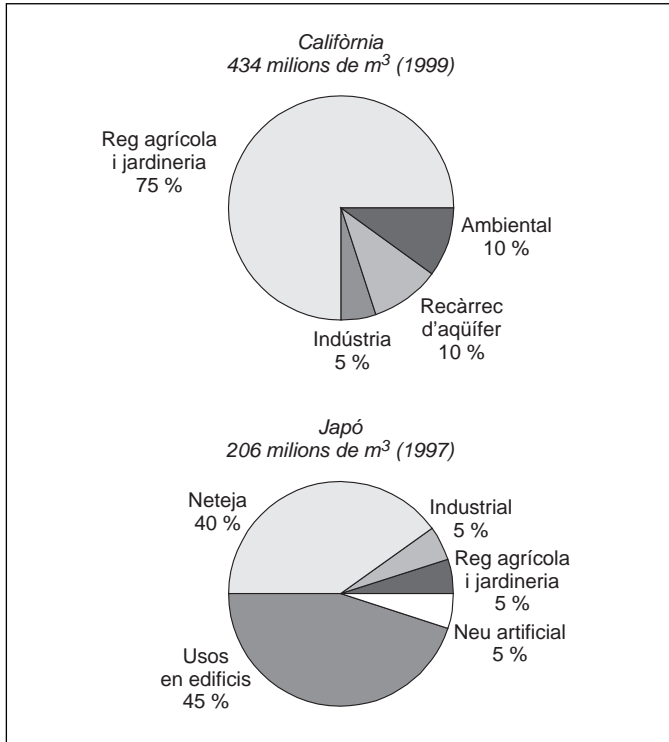


FIGURA 1. Comparació dels usos de les aigües reutilitzades a Califòrnia i al Japó.

Font: Courbet i Verant (2001).

En aquest article es tracta la reutilització per a reg agrícola i de jardineria, que constitueix l'ús principal al nostre país. Quant a tractaments de regeneració, el text se centra en els processos convencionals.

2. CARACTERÍSTIQUES FÍSQUES I QUÍMIQUES DE L'AIGUA REGENERADA PER A REG

La qualitat física i química que ha de tenir l'aigua regenerada depèn de l'ús que se'n faci (Mujeriego, 1990). La qualitat de l'aigua regenerada depèn també de la qualitat de l'aigua d'abastament, de la contaminació afegida i del tractament rebut per l'aigua residual. Normalment, si l'aigua d'abastament és adequada per al reg agrícola, l'aigua residual regenerada també ho és. Els problemes deguts a la salinitat i a l'acumulació de sodi solen aparèixer quan hi ha infiltracions d'aigua salada o salobre a la xarxa de sanejament, o bé si hi ha abocaments industrials salins.

La qualitat de l'aigua s'ha d'avaluar amb l'objectiu de preveure els efectes a llarg termini sobre les plantes i el sòl. Les analítiques que s'efectuen per avaluar la qualitat de l'aigua que serà regenerada no requereixen la precisió d'un estudi d'investigació. Tanmateix, s'han d'utilitzar els mètodes més adequats i estandarditzats. A la figura 1 es mostren les determinacions analítiques mínimes que cal fer en els programes de reutilització per a avaluar inicialment la qualitat de l'aigua. En aquest cas, es mostren els valors paramètrics d'aigües residuals tractades de diferents procedències. Des del punt de vista del reg agrícola i de jardineria són molt importants els paràmetres relacionats amb la salinitat i la qualitat de les sals presents. Desviacions importants d'aquests paràmetres poden provocar que l'aigua no es pugui reutilitzar sense aplicar un procés de desmineralització, amb

tots els inconvenients tècnics, d'exploració, de manteniment i financers que això representa en comparació amb un procés de tractament convencional. A continuació es descriuen aquests paràmetres.

TAULA 1. *Determinacions analítiques mínimes en els programes de reutilització per avaluar la qualitat de l'aigua. Com a exemple es mostren els valors paramètrics d'efluents secundaris de diferents procedències*

Paràmetres	Unitat	EDAR Lloret	EDAR Llaneres	EDAR Teià	EDAR Tordera	EDAR Oriús	EDAR Canyamars	EDAR Blanes
Data		23/11/00	24/11/00	20/11/00	24/11/00	24/11/00	24/11/00	24/11/00
Tipus de mostra		Integrada	Integrada	Integrada	Puntual	Puntual	Puntual	Puntual
PH		7,45	7,48	7,38	7,15	7,2	7,44	7,14
Conductivitat	dS /m	1,3	1,35	1,58	0,96	1,22	0,9	2,35
Ca ⁺²	mg/l	98	104	94	82	156	92	146
Mg ⁺²	mg/l	14,4	6,0	7,2	6,0	7,2	10,8	33,6
Cl ⁻	mg/l	260	309	309	162	167	134	680
Na ⁺¹	mg/l	201	226	241	141	151	108	300
Bor	mg/l	0,87	1,04	0,95	0,62	1,12	0,95	1,3
TAS		5,01	5,83	6,44	4,05	3,2	2,84	5,82

Font: dades pròpies.

Salinitat. Normalment es mesura mitjançant la conductivitat elèctrica. També es pot mesurar amb la matèria dissolta. Les aigües de reg que tenen una conductivitat elèctrica superior a 3-4 dS/m poden ocasionar problemes als cultius. Les concentracions dels ions majoritaris de les aigües, com el calci, el magnesi, el sodi, el bicarbonat, els clorurs i els sulfats solen estar correlacionades positivament amb la salinitat. A mesura que augmenta la salinitat, les plantes requereixen més energia per a extraure l'aigua del sòl, de manera que es produeixen plantes amb un desenvolupament escàs. La temperatura i la humitat afecten la resposta de les plantes a la salinitat. La salinitat és més crítica durant períodes calo-

rosos i secs, i especialment si es rega per aspersió (Mujeriego, 1990).

A la figura 2 es mostren el valors de conductivitat elèctrica d'aigües d'abastament i residuals depurades de diferents procedències de Catalunya. La comparació entre els valors d'abastament i els de l'aigua residuals dóna una idea de la magnitud de les aportacions salines. Com es pot observar, els valors són netament més elevats quan hi ha infiltracions d'aigua salobre o salada a la xarxa de sanejament, o bé quan hi ha abocaments industrials amb salinitat elevada. Aquests valors elevats de conductivitat limiten la reutilització de l'aigua per a reg agrícola i de jardineria sense recórrer a tractaments costosos de desmineralització, de manera que cal evitar l'entrada a les xarxes de sanejament d'aquestes infil-

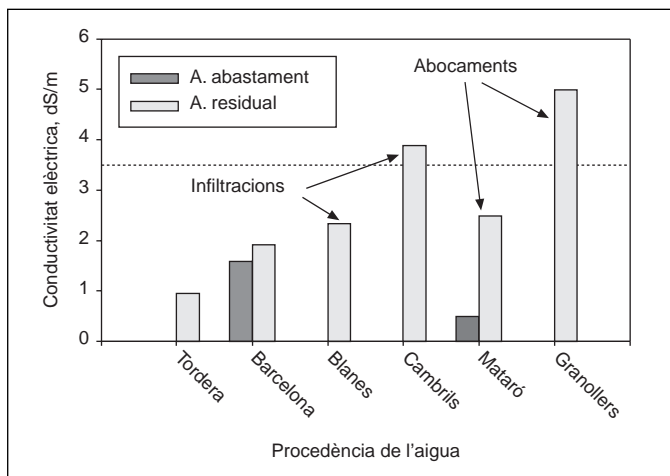


FIGURA 2. Valors de conductivitat elèctrica d'aigües d'abastament i residuals depurades de diverses procedències de Catalunya. La línia de punts indica el límit de conductivitat a partir del qual la salinitat pot ser un problema.

Font: dades pròpies i recopilades de fonts diverses.

tracions i d'abocaments mitjançant reparacions dels col·lectors i programes rigorosos de control d'abocaments.

Taxa d'absorció de sodi (TAS). És un paràmetre que relaciona les concentracions de sodi, calci i magnesi, expressades en termes de meq/l:

$$TAS = 2Na^+ / (Ca^{+2} + Mg^{+2})^{1/2}$$

Té una importància vital per a avaluar els riscos d'acumulació de sodi al sòl. La preocupació de l'acumulació de sodi (*sodicitat*) és l'alteració de l'estructura del sòl, que finalment provoca una minva de la permeabilitat i de la velocitat d'infiltració de l'aigua. La influència de la TAS en la permeabilitat del sòl depèn de la textura. Així, per exemple, l'aplicació d'aigües amb una TAS > 9 en un sòl de textura fina pot ocasionar problemes. Això no passa en sòls sorrenes.

106

La interpretació de la TAS s'ha de fer en relació amb la salinitat (conductivitat elèctrica), ja que l'aspecte important que cal tenir en compte és la contribució del sodi als valors totals de salinitat. Per exemple, l'ús d'aigües de reg amb una conductivitat elèctrica baixa però deguda fonamentalment al sodi pot donar lloc a salinització i acumulació de sodi al sòl. En canvi, les aigües amb una conductivitat elèctrica elevada (inferior, però, a 4 dS/m) i amb una TAS baixa no solen donar problemes. La figura 3 mostra la relació entre la conductivitat elèctrica i la TAS de les aigües residuals depurades de la taula 1 (com a exemple). Les aigües que queden per sobre de la línia estan en condicions favorables (és el cas de totes les analitzades) i les que queden per sota, desfavorables. Com es pot veure, a mesura que augmenta la TAS, perquè les condicions siguin favorables l'aigua ha de tenir més conductivitat elèctrica. Quan l'aigua es troba a la zona de condicions desfavorables, s'ha de desmineralitzar o bé s'hi han d'afegir reactius per a modificar la relació entre

les dues variables. Per exemple, si a l'aigua s'hi afegeix CaSO_4 , augmenta la conductivitat elèctrica i alhora disminueix la TAS (Mujeriego, 1990).

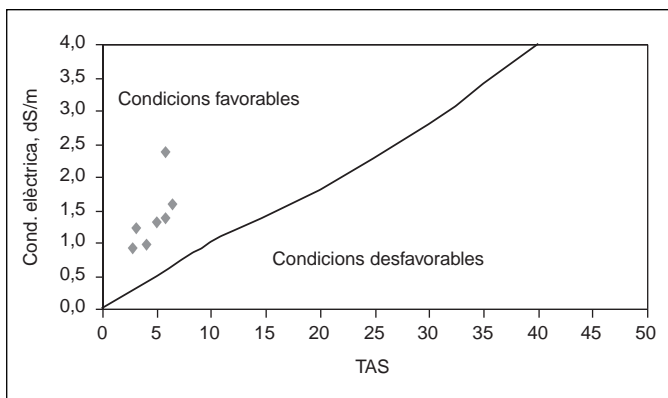


FIGURA 3. Relació entre la conductivitat elèctrica i la TAS de les aigües residuals depurades. La línia diagonal separa les condicions favorables de les desfavorables.

Font: elaborat a partir de Mujeriego (1990).

La qualitat que ha de tenir l'aigua regenerada s'estableix en funció del nivell de gestió que s'ha d'efectuar per a resoldre els problemes que es poden derivar de l'ús. A la taula 2 es mostren els paràmetres i els valors per a avaluar la qualitat de l'aigua regenerada. Les restriccions esmentades són més aviat arbitràries, ja que els canvis són graduals. En conseqüència, les restriccions s'han d'entendre com a indicatives. Quan hi ha restriccions severes pot haver-hi problemes seriosos o simplement menys producció vegetal.

Quan les aigües regenerades es desinfecten amb clor s'ha de tenir una cura especial amb les concentracions de clor residual. El clor és un oxidant molt fort que pot afectar negativament els vegetals. En general, es recomana que la

TAULA 2. *Paràmetres i valors per a avaluar la qualitat de l'aigua regenerada*

Possible problema de reg	Unitats	Grau de restriccions en l'ús		
		Cap	Moderat	Elevat
Salinitat: afecta la disponibilitat d'aigua per a cultiu				
Conductivitat elèctrica (CE)	dS/m	< 0,7	0,7-3,0	> 3,0
Matèria dissolta	mg/l	< 450	450-2.000	> 2.000
Permeabilitat: afecta la velocitat d'infiltració de l'aigua al sòl				
Valorada conjuntament mitjançant la CE i la TAS				
	TAS i CE			
	0-3	> 0,7	0,7-0,2	< 0,2
	3,0-6,0	> 1,2	1,2-0,3	< 0,3
	6,0-12	> 1,9	1,9-0,5	< 0,5
	12-20	> 2,9	2,9-1,3	< 1,3
	20-40	> 5,0	5,0-2,9	< 2,9
Toxicitat d'ions específics: afecta espècies vegetals sensibles				
Sodi (Na)				
Reg superficial	TAS	< 3	3,0-9,0	> 9
Reg per aspersió	mg/l	< 70	> 70	
Clorurs (Cl)				
Reg superficial	mg/l	< 140	140-350	> 350
Reg per aspersió	mg/l	< 100	> 100	
Bor (B)	mg/l	> 0,7	0,7-3,0	> 3,0
Efectes diversos: afecten cultius susceptibles				
Nitrogen total	mg N/l	< 5	5,0-30	> 30
Bicarbonats (sistema amb dispersió)	mg/l	< 90	90-500	> 500
Bicarbonats (efecte sobre el sòl)	meq/l	< 1,5	1,5-8,5	> 8,5
pH		Valors normals entre 6,5-8,4		
Clor residual	mg/l	< 1,0	1,0 - 5,0	> 5,0

Font: Mujeriego (1990).

concentració de clor residual sigui inferior a 1 mg Cl₂/l. Si la concentració és superior a 5 mg Cl₂/l, el reg s'ha d'aturar. En els programes de reutilització les concentracions de clor residual s'han de controlar a diari. Al mercat, hi ha jocs de mesura del clor residual que, amb un cost molt assequible, permeten controlar i donar seguretat al reg.

Un avantatge que presenten les aigües residuals regenerades per a ús agrícola i de jardineria és que contenen concentracions elevades de macronutrients: nitrogen, fòsfor i potassi (Sala i Millet, 1997). La reutilització en aquest sentit és molt interessant, atès que pot permetre un estalvi en fertilitzants i, a més, permet el reciclatge d'elements que podrien ser problemàtics per al medi receptor. A la taula 3 es mostra la valoració econòmica de les aportacions de nitrogen a la gespa d'un camp de golf. Com es pot observar, l'aigua regenerada efectivament permet fer aquest estalvi.

TAULA 3. *Valoració econòmica de les aportacions de nitrogen a la gespa del camp de golf Mas Nou (Girona) durant l'any 1992*

<i>Valoració</i>	<i>Aigua regenerada</i>	<i>Adob</i>	<i>Total</i>
Aportació nitrogen, kg N/ha	726	936	1.662
Aportació adob equivalent, kg/ha	2.513	4.200	6.713
Valoració econòmica, MPTA*	3,3 (45 %)	4,0 (55 %)	7,3 (100 %)

* Tenint en compte que la superfície total regada és de 33,7 ha.

Font: modificada a partir de Mujeriego *et al.* (1994).

L'aigua regenerada sol tenir una concentració de nitrogen que oscil·la entre 10 i 60 mg N/l (Sala i Millet, 1997). La distribució del nitrogen en les corresponents espècies químiques depèn del tractament a què ha estat sotmesa l'aigua residual. En molts efluents secundaris sol predominar l'amoniac. El reg amb aigua regenerada implica de forma inevitable que la principal aportació de nitrogen (i en general de tots els nutrients) tingui lloc durant l'estiu, ja que és quan

més es rega. Quan es calculen les aportacions de nutrients s'ha de tenir en compte que part de l'amoniac es volatilitza i una altra part important es desnitrifica. Només s'ha de fertilitzar el sòl quan l'aportació amb aigua regenerada sigui insuficient. Per a poder efectuar tots els càlculs d'aportacions i pèrdues de nutrients es recomana consultar el manual de Sala i Millet (1997).

La concentració de fòsfor a l'aigua residual varia entre 6-15 mg P/l. Aquesta concentració sol variar molt poc amb el procés de tractament de l'aigua, de manera que les aigües regenerades tenen concentracions molt similars. Les necessitats de les plantes generalment queden cobertes per l'aportació d'aigua regenerada i gairebé mai no calen fertilitzants per a aportar fòsfor. Fins i tot, si l'aigua té fòsfor en excés, tendeix a acumular-se al sòl i pot arribar a ser problemàtic. El potassi sol tenir una concentració a l'aigua que oscil·la entre 10-30 mg K/l. Aquesta concentració no es veu afectada pels tractaments que normalment s'efectuen a les aigües residuals urbanes.

3. MICROORGANISMES I ASPECTES SANITARIS DE L'AIGUA REGENERADA PER A REG

La reutilització de les aigües residuals regenerades presenta riscos sanitaris per a la salut pública (Mujeriego, 2000). Els microorganismes patògens entèrics són els contaminants més importants en els programes de reutilització. Els contaminants químics no solen tenir tanta importància ja que es tracta d'aigües d'origen urbà. Tanmateix, en els últims temps hi ha una gran susceptibilitat sobre els compostos orgànics sintètics, incloent-hi productes farmacèutics (Okum, 2001). Per aquesta raó els usos potables de les aigües regenerades tenen poca acceptació social. S'ha d'assegurar que a la plan-

ta de regeneració no arriben contaminants imprevistos que puguin perjudicar el programa de reutilització. En aquest sentit és necessari disposar d'ordenances d'abocament i de programes d'educació ciutadana per a evitar la incorporació a la xarxa de sanejament de compostos no desitjables (Mujeriego, 1999).

Els microorganismes entèrics patògens que tradicionalment més han preocupat són els bacteris. Els bacteris se solen quantificar indirectament a través dels microorganismes indicadors de contaminació fecal: coliformes totals (CT), coliformes fecals (CF), estreptococs fecals (EF), i últimament també *Escherichia coli*. Els darrers temps ha sorgit un interès especial pels virus patògens entèrics i els protozous paràsits, ja que s'ha demostrat diverses vegades que l'aigua regenerada lliure de bacteris indicadors de la contaminació fecal no ha d'estar contaminat necessàriament de virus i protozous (Lucena i Jofre, 1996; Bourrouet *et al.*, 2000). La detecció de virus entèrics és relativament complicada i en conseqüència s'està realitzant un esforç considerable per a desenvolupar virus model capaços d'indicar la presència de virus patògens. Aquests virus indicadors, denominats *bacteriòfags*, infecten bacteris que es troben en el tracte intestinal dels éssers humans. El control sobre protozous es fa analitzant pròpiament aquests organismes, que són fonamentalment *Cryptosporidium* i *Giardia*. Uns altres microorganismes d'interès en els programes de reutilització són els helmints paràsits, que s'analitzen a través del recompte del nombre d'ous. El problema dels helmints no acostuma a ser gaire important als països del nord i es restringeix fonamentalment a les zones tropicals o subtropicals.

Eliminació de microorganismes en processos de tractament convencionals. Els sistemes de depuració de les aigües residuals no produeixen una eliminació suficient dels micro-

organismes patògens per a garantir una bona qualitat sanitària (figura 4). Com es pot observar a la figura, a l'efluent encara hi ha una concentració elevada de microorganismes. Per aquesta raó, entre d'altres, es requereixen tractaments addicionals (anomenats *terciaris* o de *regeneració*) per a garantir la qualitat sanitària. A continuació es descriu l'eficàcia respecte a l'eliminació de microorganismes que es pot aconseguir mitjançant els diferents processos unitaris que poden constituir un tractament complet de l'aigua residual amb regeneració, incloent-hi el tractament primari, el tractament secundari i el tractament terciari —regeneració— (Mujeriego, 1990).

El tractament primari convencional consisteix en l'eliminació de la matèria en suspensió (MES) mitjançant sedimentació. Té un efecte molt limitat sobre l'eliminació dels microorganismes. Només els microorganismes de mida i pes més gran com és el cas dels ous d'helmints i cists de paràsits, seran eliminats en part. Normalment s'assoleixen rendiments d'eliminació dels helmints que oscil·len entre el 50 % i el 90 %, i menors per als paràsits.

El tractament secundari convencional consisteix en l'eliminació de la matèria orgànica dissolta mitjançant un cultiu de bacteris heterotròfics que utilitzen com a font de carboni i d'energia la mateixa matèria orgànica. Aquest tractament permet reduir les concentracions de microorganismes però sense arribar a un nivell generalment suficient. Els fangs activats disminueixen el 90 % els bacteris indicadors de la contaminació fecal i el 80-90 % els virus bacteriòfags que s'utilitzen com a indicadors. Els filtres percoladors redueixen del 50 % al 90 % les concentracions de bacteris i de virus.

Els tractaments terciaris poden arribar a assolir una eliminació completa de tots els microorganismes. A la figura 5 es mostra l'evolució de la concentració de coliformes

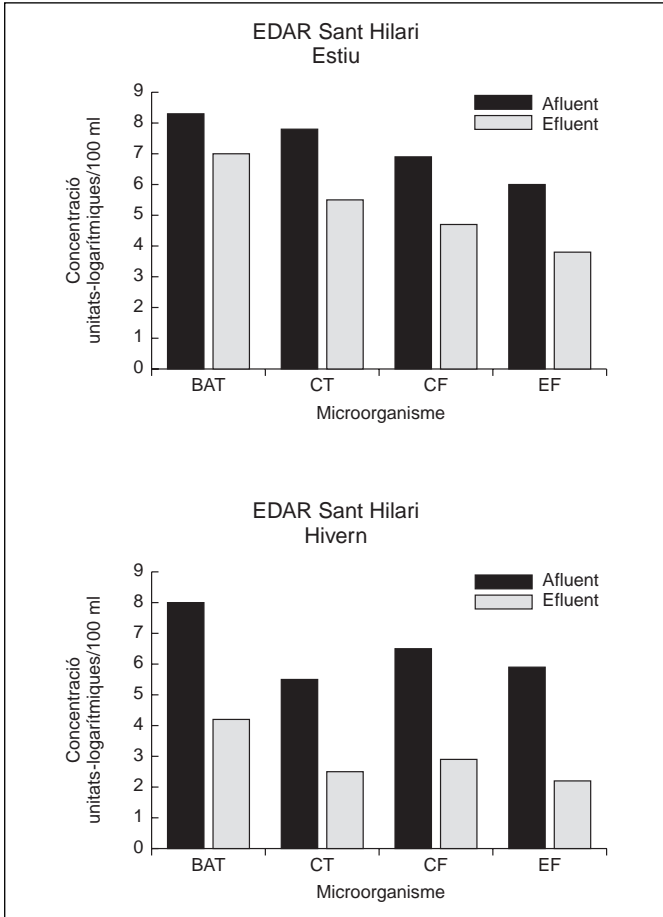


FIGURA 4. Eliminació de microorganismes indicadors de la contaminació fecal a l'EDAR de Sant Hilari (el llacunatge airejat és un sistema de fangs activats de baixa càrrega orgànica). BAT: bacteris aeròbics totals (no són microorganismes indicadors de la contaminació fecal); CT: coliformes totals; CF: coliformes fecals; EF: estreptococs fecals (EF). Valors corresponents a mitjanes de mostres puntuals de tres dies seguits. Font: Mujeriego et al. (1998).

fecals en els diferents processos unitaris d'un sistema de depuració d'aigües dotat amb sistema de regeneració. Com es pot observar, el punt on hi ha més eliminació de microorganismes és als processos de desinfecció.

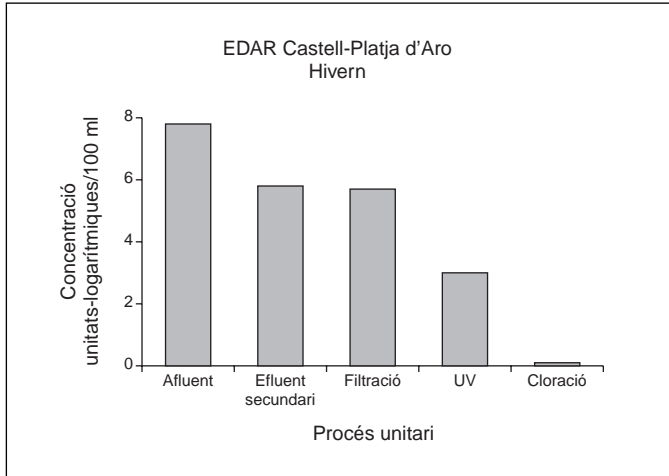


FIGURA 5. Evolució de la concentració de coliformes fecals en els diferents processos unitaris de l'EDAR de Castell-Platja d'Aro (tractament secundari i terciari). Els valors són les mitjanes de tres mostres puntuals obtingudes en tres dies seguits.

Els tractaments terciaris convencionals i complets constituïts per processos unitaris de coagulació, floculació, sedimentació, filtració en medi granular i desinfecció, poden arribar a assolir una eliminació completa de tots els microorganismes. La desinfecció és el procés unitari destinat específicament a eliminar microorganismes. Es pot considerar que tots els processos unitaris previs a la desinfecció es fan per a preparar l'aigua per a desinfectar-la, de manera que aquest procés sigui com més efectiu millor.

La desinfecció s'ha fet tradicionalment mitjançant cloració, és a dir, amb l'aplicació de clor o els seus derivats. L'eliminació de virus mitjançant cloració és molt variable, i diversos estudis han donat lloc a diferents resultats (Lucena i Jofre, 1996). El que sí que es coneix bé és que els virus són més resistents als efectes del clor que els bacteris. Per exemple, al treball de Bourrouet *et al.* (2000) la taxa d'eliminació de CF va ser de 5,5 unitats-logarítmiques/100 ml, mentre que la de bacteriòfags colifags somàtics va ser de 3,3 unitats-logarítmiques/100 ml. Amb aquestes dades queda clar que l'anàlisi de bacteris indicadors de la contaminació fecal no aporta una indicació fiable de la destrucció dels virus durant la desinfecció.

La desinfecció amb ozó no s'acostuma a utilitzar en els programes de reutilització d'aigües, ja que s'ha de produir *in situ* i resulta econòmicament inviable. A més, és difícil desinfectar amb ozó i mantenir les normes de qualitat microbiològiques, ja que reacciona amb la matèria orgànica, disminueix la concentració disponible per a fer la desinfecció i produeix un augment de la matèria orgànica.

La desinfecció amb radiació UV és un procés d'una gran actualitat i molt utilitzat últimament. Això és degut al fet que la desinfecció amb clor de les aigües residuals tractades presenta el problema dels productes derivats de la desinfecció, com els trihalometans, que es formen de la reacció entre el clor lliure i la matèria orgànica. Nombrosos estudis han posat en evidència la perillositat per a la salut pública d'aquests compostos, que, d'altra banda, no es formen amb la desinfecció amb radiació UV. Tanmateix, l'efectivitat de la desinfecció amb radiació UV depèn molt de la qualitat de l'aigua regenerada en termes de transmitància (facilitat amb què l'aigua transmet llum a 254 nm de longitud d'ona). A la figura 6 es mostra comparativament la concentració de coliformes fecals en diferents sistemes de desinfecció amb radia-

ció UV. Com es pot observar, el nivell de desinfecció es relaciona positivament amb la transmitància de l'aigua, que en definitiva determina les dosis de radiació UV. Quan la transmitància és baixa, els rendiments d'eliminació de microorganismes disminueixen molt, fins al punt que en molts casos no es poden complir els requisits d'algunes de les principals normes de reutilització de les aigües. En conseqüència, l'aplicació de la radiació UV no s'ha de considerar una solució universal al problema de la desinfecció, tal com s'està plantejant en molts projectes de reutilització. Quan l'aigua residual presenta un gran component industrial, els tractaments terciaris convencionals no són capaços d'augmentar la transmitància fins a un punt que la desinfecció amb radiació UV permeti aconseguir efluentes amb valors nuls de microorganismes.

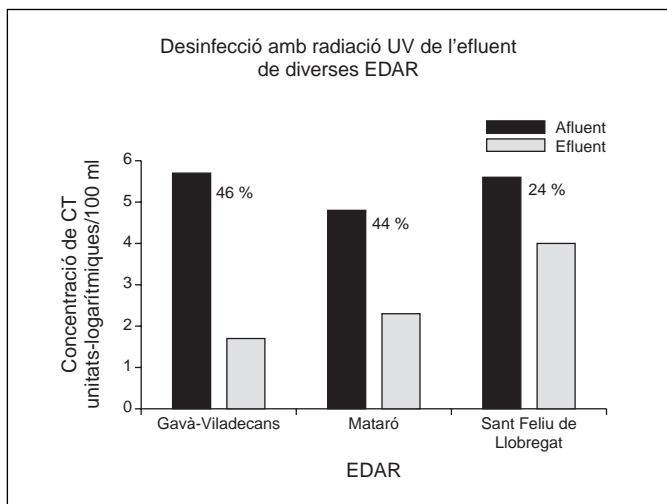


FIGURA 6. Eficàcia de la desinfecció en diferents sistemes de desinfecció amb radiació UV. L'afluent i l'efluent corresponen al del sistema de desinfecció. S'indica el percentatge de transmitància de l'aigua. Les dades són mitjanes de 4-8 mostres puntuals.

Font: elaborat a partir de Fernández (2000) i Aguirre.

Els tractaments terciaris avançats que inclouen la utilització de processos unitaris amb membranes ofereixen molts bons rendiments d'eliminació dels microorganismes. Les membranes de microfiltració permeten eliminar completament tots els indicadors bacterians (MOPTMA, 1995). Les membranes d'òsmosi inversa i d'electrodiàlisi eliminen completament tots els microorganismes. No obstant això, la utilització d'aquests processos de membrana només es justifica quan és necessari eliminar salinitat i no només com a processos destinats a la desinfecció. Tot i així, es preveu una aplicació gradual dels sistemes amb membranes, atès el gran dinamisme del sector, que de ben segur farà baixar els costos de les membranes.

Mecanismes de transmissió de malalties associades a la reutilització. Els mecanismes poden ser directes per contacte, ingestió o inhalació de les aigües que es van a reutilitzar, o bé poden ser indirectes per contacte amb objectes que hagin entrat en contacte amb les aigües (Mujeriego, 1990).

Per a desenvolupar la malaltia s'han de donar les circumstàncies següents:

- 1) Els agents infecciosos han de ser presents a la població que desenvolupa la malaltia.
- 2) Les persones han d'haver entrat en contacte directe o indirecte amb els agents infecciosos.
- 3) Hi ha d'haver un nombre suficient d'agents infecciosos en el moment del contacte. El contacte amb els agents infecciosos no sempre dona lloc a la malaltia. Pel que fa a les dosis d'infecció, els microorganismes que més preocupen són els virus, perquè requereixen una dosi baixa per a infectar.

En la reutilització per a reg agrícola i de jardineria el problema principal és la transmissió a través dels aerosols que es generen quan es rega per aspersió. Un aerosol és una partícula suspesa a l'aire que té una mida que oscil·la entre 0,01 i 50 μm . La inhalació d'aerosols és una possible via d'infecció directa. La infecció també pot tenir lloc indirectament a través dels aerosols dipositats a sobre dels vegetals. La concentració de microorganismes patògens als aerosols és una funció que depèn de la seva concentració en l'aigua regenerada, de manera que malgrat que es formin aerosols, si la desinfecció és prou bona, els riscos sanitaris són mínims. Els microorganismes presents als aerosols solen ser viables i poden desplaçar-se fins a llargues distàncies segons la intensitat dels vents.

Hi ha evidència que la reutilització, especialment en el reg de cultius comestibles, ha donat lloc a transmissió de malalties (Mujerigo, 1990; Yates i Gerba, 1998). No obstant això, gairebé tots els brots documentats han estat provocats per contaminació bacteriana o parasítica d'aigües residuals crues o d'efluents secundaris que no estaven desinfectats. L'aigua residual crua o tractada però sense haver estat regenerada és un material molt perillós, atès el risc sanitari que comporta la manipulació o l'ús d'aquesta aigua. L'aigua regenerada es produeix per a disminuir o fins i tot extingir els riscos sanitaris, i no es coneixen brots o epidèmies provocades per l'ús d'aigua regenerada.

Per a la reutilització d'aigües regenerades s'han d'aplicar les mesures de seguretat adequades per a la protecció dels usuaris; per aquesta raó és important conèixer les mesures de seguretat i els perills sanitaris que té associats la reutilització. Pot ser necessari un curs de formació per als treballadors i usuaris. Els controls han de ser molt estrictes.

Les mesures que s'han de seguir per a evitar riscos són les següents:

- Els treballadors han de tenir formació en primers auxilis, especialment per a evitar infeccions de ferides.
- Els treballadors que entrin en contacte amb l'aigua regenerada s'han de rentar bé la roba i se l'han de canviar.
- No es pot menjar a les zones d'ús.
- S'ha de senyalitzar la zona indicant que l'aigua no és potable i que no es pot beure.
- Les vàlvules, els aspersors i les conduccions han d'estar convenientment assenyalats per a distingir-los dels de l'aigua d'abastament; normalment s'utilitza el color morat.
- Els elements de la xarxa d'aigua regenerada només poden ser utilitzats pel personal autoritzat.
- S'ha d'evitar l'entollament i l'escorriment superficial de les aigües regenerades.
- Les conduccions d'aigua potable i regenerada han d'estar ben separades per a evitar que una fuita fortuïta de l'aigua regenerada pugui contaminar les aigües potables.
- S'ha de disposar de plànols de les zones d'utilització.
- Si es rega per aspersió es recomana utilitzar aspersors emergents sobre l'efecte de la pressió, de manera que quedin tapats al nivell del sòl quan no hi ha pressió.
- Si es rega per aspersió s'ha de tenir una precaució especial amb els aerosols, i pot ser necessari col·locar barreres de protecció del vent o fins i tot regar quan hi ha poc vent i no hi ha públic.

Aspectes normatius. El marc sanitari de la reutilització és un dels aspectes més controvertits. S'han de distingir dues

grans tendències mundials quant als aspectes sanitaris de la reutilització:

- 1) Els països del nord amb un nivell econòmic alt i que disposen de tecnologia analítica que permet fer seguiments exhaustius de la qualitat de les aigües. La seva preocupació actual se centra sobre virus i protozous paràsits. La tecnologia analítica els ha permès comprovar que la manca de micro-organismes indicadors de la contaminació fecal no garanteix completament la qualitat sanitària.
- 2) Els països del sud que no disposen de mitjans tècnics per a fer un bon seguiment sobre el control de la qualitat sanitària de les aigües. La seva preocupació actual se centra fonamentalment sobre el control de bacteris i helmints paràsits.

120

Entre aquestes dues grans tendències hi ha zones, com Catalunya, que són tecnològicament avançades però que no disposen de gaire experiència en projectes de reutilització.

El problema de la posada en marxa de normes de reutilització d'àmbit internacional és molt important dins d'un context mundial de globalització econòmica. Tanmateix, les dificultats per a aconseguir-ho són enormes: es tracta de definir normes aplicables a la vegada als països del nord i del sud. El 1973 l'OMS va emetre les primeres recomanacions. Tot i així, avui no hi ha normes internacionals veritables que estableixin la qualitat de les aigües regenerades en funció del seu ús. Alguns països han decidit posar en marxa reglamentacions pròpies, com és el cas d'Austràlia o de Sud-àfrica. No es disposa de cap norma europea sobre aquesta matèria. Els paràmetres sobre els quals fan referència habitualment les normes són de tipus microbiològic (bacteris i helmints) i físics i químics (terbolesa i MES). Altres

microorganismes, com els virus i els protozous paràsits, no apareixen a les normes. Tanmateix, tenint en compte la importància dels riscos de la reutilització de les aigües, és previsible que amb la millora analítica puguin ser finalment presents a les normes.

Els dos textos de referència generalment utilitzats pels països que es plantegen la reutilització de l'aigua residual són els següents:

- Les directrius de qualitat proposades per l'OMS el 1989 per a reg agrícola (se n'està fent una nova revisió).
- Les normes de qualitat de Califòrnia recollides en un document anomenat *Títol 22* de 1977 (Mujeriego, 1999).

Actualment, a l'Estat espanyol i a Catalunya no hi ha una normativa aplicable sobre reutilització. La Llei d'aigües de 1985 fa una referència general on s'indica que el Govern espanyol té la facultat d'emetre un reglament que permeti establir les condicions bàsiques de la reutilització planificada. A Catalunya es disposa de les recomanacions de la Direcció General de Salut Pública. A continuació es descriuen aquestes normatives o recomanacions:

El Títol 22 de Califòrnia. A Califòrnia tenen una gran experiència en regeneració i reutilització d'aigües. La primera normativa va ser promulgada l'any 1918, i des de llavors s'ha anat millorant i ampliant. La normativa actual és de 1978 i actualment està en procés de revisió. L'objectiu bàsic d'aquesta normativa és assegurar la salut pública sense impedir ni descoratjar la regeneració d'aigües. El Títol 22 fa referència a normes de qualitat de l'aigua, programes de presa de mostres, analítiques, normes d'explotació i manteni-

ment dels sistemes de regeneració i aspectes específics sobre la fiabilitat de les instal·lacions.

Els criteris de tractament i els nivells de qualitat exigits per la normativa es mostren a la figura 4. Normalment no s'exigeix un programa de vigilància i control gaire ampli, perquè en cas contrari les petites instal·lacions no ho podrien assolir. Per aquesta raó s'utilitzen expressions com «aigua oxidada» alternativament als límits de qualitat. Les concentracions es refereixen a coliformes totals, que inclouen coliformes fecals i altres coliformes de vida lliure. Les concentracions, a més, es refereixen al mètode d'anàlisi dels tubs múltiples i la quantificació mitjançant el nombre més probable. Els valors límit es refereixen a les medianes de les set últimes anàlisis. A continuació es descriu el Títol 22 segons el tipus de cultiu que s'ha de regar:

TAULA 4. *Nivells de tractament de l'aigua i criteris de qualitat. Aplicables a la regeneració per a reg segons el Títol 22 de la normativa de Califòrnia*

Nivell de tractament	Concentració de	
	CT/100 ml	Ús
Primari	—	Reg superficial de fruiters i vinya, farratges.
Oxidació i desinfecció	≤ 23	Pastures de bestiar productor de llet, camps de golf i cementiris fora de nuclis urbans.
Oxidació i desinfecció	$\leq 2,2$	Reg superficial de cultius comestibles on l'aigua no contacta amb la part comestible.
Oxidació i terciari complet*	$\leq 2,2$ màxim 23	Reg per aspersió de cultius comestibles. Reg de jardineria a zones urbanes.

* La terbolesa de l'efluent del filtre no pot sobrepassar una mitjana de 2 UNT.

Font: modificat a partir de Mujeriego (1990).

1) *Reg agrícola*. L'ús d'efluents primaris queda restringit a cultius en què el risc sanitari és mínim perquè no s'aprofita la part vegetal que entra en contacte amb l'aigua o bé perquè el vegetal rep un tractament i és processat abans de ser

consumit pels humans. En termes generals es poden utilitzar per a regar farratges i arbres fruiters. En el cas dels farratges, s'ha de permetre un període de temps suficient perquè els camps s'assequin abans de la collita o abans que el bestiar pasturi. Pel que fa a la fruita, no es permet la recollida de la que hagi estat en contacte amb l'aigua o amb el sòl.

La utilització d'efluents secundaris no és lliure d'un cert risc sanitari per esquitxades i aerosols. Per aquesta raó sempre es requereix un cert grau de desinfecció. Quan els efluents secundaris s'utilitzen per al reg de pastures per al bestiar productor de llet, no s'estableixen gaires restriccions. No se'n permet l'ús per a regar cultius de consum cru.

Els efluents terciaris s'utilitzen sempre que hi hagi contacte entre l'aigua i la part comestible. Quan s'efectua reg per aspersió és molt convenient utilitzar efluents terciaris. Diferents estudis han demostrat que amb els tractaments terciaris es pot assolir un nivell de qualitat de l'aigua que impliqui riscos sanitaris molt escassos o gairebé inexistents. Es pot arribar a exigir que alguns cultius comestibles regats amb aigua regenerada siguin tractats abans de ser posats a la venda.

2) *Reg de jardineria*. Els efluents secundaris es poden utilitzar, però amb un grau de desinfecció que no ha de ser necessàriament estricte. Es poden aplicar per a regar camps de golf allunyats de zones urbanes i cementiris. Se suposa que es rega en absència de públic i es deixa que la superfície regada s'assequi. Es tracta que el risc directe sigui baix i que només hi hagi risc indirecte per contacte amb els objectes que han estat mullats amb l'aigua.

Els efluents terciaris s'han d'utilitzar en zones on pot haver-hi contacte directe, i a més on es poden generar fàcilment aerosols. En aquest cas es tracta del reg de camps de golf, jardins i parcs de zones urbanes. Es permet reg per aspersió en zones amb públic.

2) *Directrius de l'OMS*. El 1989, l'OMS va emetre una sèrie de recomanacions destinades a aportar criteris pràctics i de fàcil compliment en relació amb la reutilització d'aigües residuals en països del sud (taula 5). Molts d'aquests països es troben en zones àrides o semiàrides i per tant no disposen ni de suficients recursos hídrics ni econòmics per a les instal·lacions de regeneració. Les directrius es basen en el fet que els principals riscos sanitaris provenen de les malalties transmeses per bacteris i helmints.

TAULA 5. *Directrius de l'OMS. Nivells de tractament de l'aigua i criteris de qualitat d'aigua per a reg*

<i>Categoria</i>	<i>Usos de l'aigua</i>	<i>Nematodes intestinals, ous/L</i>	<i>CF/100 mL</i>	<i>Tractament necessari</i>
A	Reg de cultius de consum cru, camps d'esport i parcs públics*	≤ 1	≤ 100	Llacunatge dissenyat per a eliminar microorganismes
B	Reg de cereals, farratges i fruiters	≤ 1	No hi ha recomanació	Llacunatge amb temps de permanència hidràulica de 8-10 dies.
C	Reg localitzat en els cultius de la categoria B	No hi ha recomanació	No hi ha recomanació	Com a mínim, un tractament primari

* Un límit més restrictiu de ≤ 200 CT/100 mL s'ha d'aplicar per a jardins on pot haver contacte directe amb el públic.
Font: modificat a partir de Mujeriego (199?)

En el marc de la regeneració hi ha desacord entre els països partidaris de normes estrictes com el Títol 22 i normes més suaus, com les de l'OMS. Els països amb dificultats econòmiques argumenten que requereixen reutilitzar l'aigua: tanmateix, no poden finançar instal·lacions de regeneració complexes per a obtenir una aigua que compleixi normatives severes. És el cas de Tunísia, on actualment es reguen

7.000 ha amb aigua reutilitzada, i on ha estat financerament impossible tirar endavant projectes de tractaments terciaris. En aquestes condicions, l'Estat ha preferit limitar els usos (prohibició de regar llegums destinades al consum cru, per exemple) i reglamentar les pràctiques agrícoles (prohibició de regar durant els deu dies anteriors a la collita) com a alternativa a posar en marxa normes molt estrictes que podrien limitar el desenvolupament de la reutilització. Malgrat aquests esforços, molts científics, tècnics i legisladors segueixen pensant que pràctiques com aquestes presenten riscos per a la salut pública (Courbet i Verant, 2001). Els qui defensen normes estrictes com les del Títol 22, creuen que no és seriós voler rebaixar els valors paramètrics perquè la reutilització sigui rendible. Els defensors del Títol 22 diuen que està basat en més de cinquanta anys d'experiència i que els legisladors estan segurs que amb el Títol 22 els riscos sanitaris són mínims i assumibles. A més, actualment no es disposa de cap estudi epidemiològic seriós que permeti argumentar una disminució de les exigències de la norma de Califòrnia (Courbet i Verant, 2001).

125

Esborrany de la Direcció General de la Qualitat de les Aigües. Aquest esborrany va aparèixer el maig de 1993 i encara no es disposa d'una reglamentació definitiva. Els aspectes que cal destacar són els següents:

- Els peticionaris del cabal d'aigua han de justificar les característiques de qualitat de les aigües i el tractament projectat per a assolir-les (s'han de complir les condicions esmentades a la figura 6 per als usos que impliquen contacte directe).
- El cabal es determinarà segons la superfície que s'ha de regar, els tipus de conreus i el mètode de reg.

- És responsabilitat del titular de la concessió fer les analítiques i els controls i complir la qualitat exigida.
- Si s'observa un incompliment de les condicions, el titular haurà d'aturar la reutilització. Com a principal inconvenient d'aquesta reglamentació cal destacar l'aspecte anterior, ja que és difícil que el titular ho pugui complir.

Recomanacions de la Direcció General de Salut Pública de la Generalitat de Catalunya. Les aigües es classifiquen en quatre grups (C, B, A2, A1) de més a menys qualitat. En realitat es tracta d'una transposició de les directrius de l'OMS.

4. TRACTAMENTS TERCIARIS PER A PRODUCCIÓ D'AIGUA PER A REG AGRÍCOLA

Les aigües residuals depurades de manera convencional (reducció de la matèria en suspensió i DBO_5) presenten riscos sanitaris per a la salut pública i de contaminació del medi ambient. Per aquesta raó no poden ser reutilitzades directament i han de ser tractades amb més o menys intensitat segons l'ús. Hi ha nombrosos tipus de tractaments terciaris que permeten assolir els nivells de qualitat predeterminats de les aigües. Es poden diferenciar dos grans grups de tipologies de tractament:

- 1) Les tècniques extensives, com els sistemes de llacunaatge o els aiguamolls construïts.
- 2) Les tècniques intensives, com el processos convencionals, la filtració en carbó activat o en membranes, més costoses.

Pel que fa a la selecció del tipus de tècnica més apropiada, els països tenen diferents aproximacions segons el context econòmic i social, i segons la seva manera de definir i quantificar els riscos. Si els riscos han d'estar molt controlats implica seleccionar tecnologies intensives, i si els riscos han de ser simplement baixos es poden seleccionar tecnologies extensives. En aquest text es tracten les tecnologies intensives convencionals.

Totes aquestes tècniques no són específiques per a la reutilització de les aigües residuals. Els sistemes de depuració i regeneració es basen en el *principi de les barreres múltiples*. Després d'un tractament primari, les aigües se solen sotmetre a un tractament secundari biològic. Al tractament primari s'elimina fonamentalment matèria en suspensió, mentre que al tractament secundari s'elimina la matèria orgànica dissolta. Aquestes dues etapes són presents en moltes estacions depuradores d'aigües residuals. Per a reutilitzar l'aigua s'efectua un tractament terciari: coagulació, floculació, sedimentació, filtració en sorra, carbó activat o bé en membranes i desinfecció. L'aplicació del principi de les barreres múltiples permet augmentar la fiabilitat del tractament, de forma que cadascun dels processos unitaris contribueix a l'eliminació dels contaminants. A més, en cas que algun dels processos falli temporalment, les conseqüències sobre la qualitat de l'aigua efluent són limitades.

El sistema de tractament terciari convencional pot ser:

- complet
- de filtració per contacte
- de filtració directa (Asano *et al.*, 1992).

La figura 7 mostra un esquema d'aquests tractaments. Els processos unitaris que poden constituir aquests sistemes són: coagulació, floculació, sedimentació, filtració i desinfecció.

ció. Els quatre primers processos tenen com a objectiu fonamental eliminar la matèria en suspensió (MES), mentre que la desinfecció té com a objectiu principal eliminar microorganismes patògens. A continuació s'expliquen aquests processos unitaris.

La coagulació té com a objectiu desestabilitzar la càrrega superficial de la MES mitjançant l'addició d'un coagulant que sol ser un catió polivalent (Al^{+3} , Fe^{+3}). La coagu-

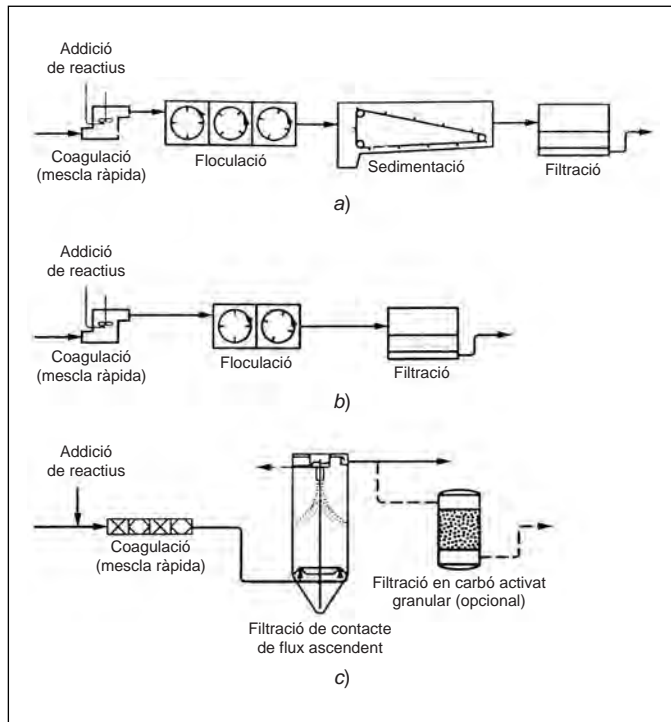


FIGURA 7. Esquema dels tractaments terciaris convencionals per a la producció d'aigua regenerada: a) complet, b) filtració per contacte i c) filtració directa.

Font: Asano *et al.* (1992).

lació s'efectua en línia en la mateixa canonada o bé en reactors de mescla completa. El temps necessari per a la coagulació oscil·la entre pocs segons i un minut. Es requereix una mescla molt intensa de l'aigua per a permetre que el coagulant interaccioni amb la MES.

La floculació consisteix en l'addició d'energia a l'aigua per a promoure el xoc entre la MES, de manera que es formin entitats de mida superior anomenades *flocs*. La floculació s'efectua en dos o més reactors de mescla completa (específicament anomenats *floculadors*) en sèrie amb un temps de permanència total de 15 a 20 minuts. L'agitació de l'aigua als floculadors és molt suau per a evitar que els flocs es trenquin.

La sedimentació consisteix a separar físicament els flocs de l'aigua mitjançant l'acció de la gravetat. L'aigua procedent dels floculadors es fa passar pels decantadors, la massa de flocs s'acumula al fons i es forma un residu anomenat *fang*. Els decantadors tenen rasquetes que permeten recollir els fangs acumulats.

L'aigua que surt dels decantadors pot tenir flocs que s'escapen, de manera que l'aigua encara pot tenir una mica de MES. Amb la filtració s'aconsegueix retenir la MES en una trama de partícules denominada *medi filtrant*. Normalment s'utilitzen filtres monocapa de sorra.

La desinfecció consisteix en l'eliminació dels microorganismes patògens. Anteriorment s'ha tractat de manera específica la desinfecció. A l'Estat espanyol la cloració encara és el mètode més utilitzat respecte a altres mètodes de desinfecció.

a) *Tractament terciari complet*. És el que s'aplica en la majoria dels casos i consta de tots els processos unitaris descrits anteriorment. És molt recomanable quan l'aigua regenerada no té restriccions d'ús (màxima qualitat, per

exemple reg de productes de consum cru o reg de jardineria). Es poden obtenir efluentes lliures de microorganismes, com es mostra a la figura 8, les dades de la qual provenen d'una planta pilot.

b) *Filtració directa*. Consta dels processos unitaris següents: coagulació, floculació, filtració i desinfecció, de manera que és similar al tractament complet encara que se suprimeix la sedimentació.

c) *Filtració per contacte*. Consta dels processos unitaris següents: coagulació, floculació (en línia i, per tant, menys efectiva), filtració i desinfecció. És similar al tractament complet però no es disposa de floculadors ni de decantadors.

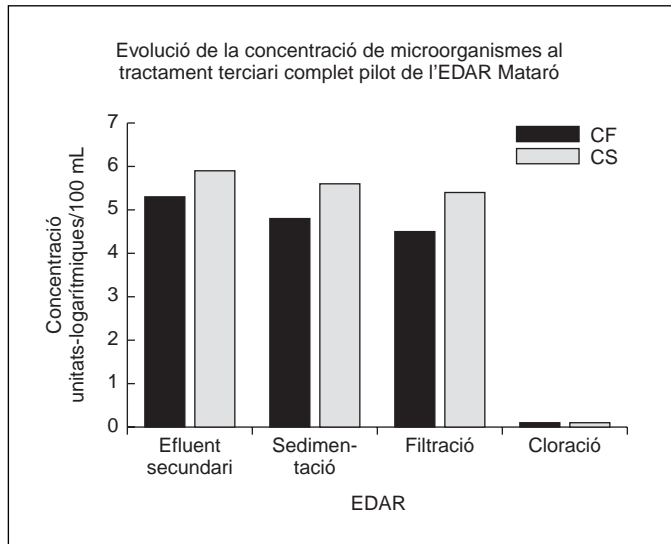


FIGURA 8. Evolució de la concentració de coliformes fecals (CF) i colifags somàtics (CS) en els diferents processos unitaris de la planta de tractament terciari pilot complet de l'EDAR de Mataró. Els valors corresponen a mitjanes de 4-8 mostres puntuals.

Font: dades pròpies.

Tant la filtració directa com la filtració per contacte són sistemes de tractament desenvolupats per reduir els costos dels sistemes complets.

5. DESENVOLUPAMENT DE LA REUTILITZACIÓ A CATALUNYA I A ESPANYA EN RELACIÓ AMB ELS ASPECTES SANITARIS

L'inici de la reutilització planificada a Catalunya es pot situar a l'any 1985. El Consorci de la Costa Brava va organitzar en aquella època un grup de treball constituït per diferents experts internacionals sobre reutilització d'aigües, amb l'objectiu d'adquirir els coneixements tècnics, econòmics i institucionals necessaris per a la posada en marxa de programes de reutilització d'aigües. El Consorci pretenia augmentar els recursos disponibles d'aigua i reduir els abocaments al medi ambient receptor, en especial a les platges, que són un dels principals atractius turístics de la Costa Brava (Mujeriego, 2000).

Després d'un període de sequera molt important durant els anys 1993 i 1994, l'interès per la reutilització es va generalitzar a tot l'Estat. A moltes zones es posen en marxa programes de reutilització, com al País Basc, a les Illes Canàries i Balears i en molts llocs de Catalunya. Davant l'absència d'un marc normatiu, en general s'adopta com a criteri general la seguretat; és a dir la utilització de criteris pròxims al del Títol 22 de Califòrnia.

6. CONCLUSIONS I RECOMANACIONS

1) La reutilització de l'aigua forma part del cicle integral de l'aigua i pot contribuir a una millor gestió dels recursos hídrics en zones com Catalunya.

2) Els criteris i les normes són variats. Tanmateix, a Catalunya es disposa de coneixements suficients per a ampliar les experiències sobre reutilització.

3) A l'espera d'una reglamentació definitiva, es recomana seguir directrius similars a la del Títol 22 per a garantir la seguretat i no desanimar la reutilització en el cas que hi hagués algun incident.

AGRAÏMENTS

Moltes de les dades i la informació ofertes en aquest treball han estat facilitats pels meus companys de Departament, Paula Aguirre i Rafael Mujeriego. Julián Garcia, estudiant d'enginyeria de camins, em va facilitar les dades d'eliminació de bacteriòfags. A tots ells, el meu agraïment sincer.

132

BIBLIOGRAFIA

- ASANO, T.; RICHARD, D.; CRITES, R.C.; TCHOBANOGLIOUS (1992). «Evolution of tertiary treatment requirements in California». *Water Environment and Technology*, 4 (2), p. 36-41.
- BOURROUET, A.; GARCIA, J.; MUJERIEGO, R.; PEÑUELAS, G. (2000). «Faecal bacteria and bacteriophage inactivation in a full-scale UV disinfection system used for wastewater reclamation». *1st World Water Congress of the International Water Association*. París 2000. Llibre 8, p. 118-125.
- COURBET, S.; VERANT, S. (2001). *La Réutilisation des eaux usées*. L'Engref 2001, p. 14-20.
- JEFFREY, P. (2001). «Potable and non-potable reuse: a question of perception. Letter». *Water*, 21 (febrer), p. 9.
- LUCENA, F.; JOFRE, J. (1996). «Los bacteriófagos como micro-

- organismos modelo en los procesos de tratamiento de aguas». Tom II: *Microbiología de las Aguas de Abastecimiento*. Madrid: Asociación Española de Abastecimiento de Agua y Saneamiento, p. 37-47.
- MOPTMA (1995). *Resultados de los Trabajos de Investigación y Desarrollo Realizados en el Año 1995*. Informe núm. 1. [Proyecto Derea]
- MUJERIEGO, R. (1990). *Manual Práctico de riego con agua Residual Municipal Regenerada*. Barcelona: Universitat Politècnica de Catalunya.
- (1999). *La reutilización Planificada del Agua: Criterios Sanitarios, Económicos y de Gestión*. Barcelona: Universitat Politècnica de Catalunya, p. 16.
- (2000). *La reutilización planificada del agua*. Comunicación presentada a la Mesa Española de Tratamiento del Agua 2000, Cadis, març 2000, p. 8.
- MUJERIEGO, R.; SALA, L.; GARCIA, J.; CARBÓ, M. (1994). *Gestió de l'Aigua Residual Regenerada Emprada pel Reg del Camp de Golf Mas Nou (IV)*. Barcelona: Universitat Politècnica de Catalunya, p. 106.
- OKUM, D. A. (2001). «Potable and non-potable reuse: distinctive differences. Letter». *Water*, 21 (febrer), p. 9.
- SALA, L.; MILLET, X. (1997). *Aspectos Básicos de Reutilización de las Aguas Residuales Regeneradas para el Riego de Campos de Golf*. Girona: Consorci de la Costa Brava, p. 126.
- YATES, M. V.; GERBA, C. P. (1998). «Microbial considerations in wastewater reclamation and reuse». A: ASANO, T. [ed.]: *Wastewater Reclamation and Reuse*. Lancaster: Technomic Publishing. (Water Quality Management Library; 10).



INSTITUCIÓ CATALANA
D'ESTUDIS AGRARIS
GESTIÓ DE RECURSOS HÍDRICS
LA GESTIÓ DE L'AIGUA
PER AL CONSUM URBÀ
I INDUSTRIAL,
A CÀRREC DE
FRANCESC VILARÓ I RIGOL,
PRESIDENT
D'AIGÜES TER-LLOBREGAT

1. QUÈ ÉS L'AIGUA URBANA I INDUSTRIAL?

- 1) Un producte alimentari.
- 2) Un producte indispensable per a la cocció dels aliments.
- 3) Un producte per a la higiene personal.
- 4) Un producte de neteja.
- 5) Un producte per a evacuar residus.
- 6) Un producte per a transportar fred i calor d'un lloc a un altre.
- 7) Un producte per a mantenir horts i per a jardineria en general.
- 8) Un producte que permet crear espais de lleure i esport (piscines, jardins públics i privats, parcs, pesca, esports d'aventura, paisatges i zones panoràmiques).
- 9) Un producte de cura personal (banys, balnearis, centres d'hidroteràpia).
- 10) Un producte per a produir energia neta.

2. L'ABASTAMENT D'AIGUA A BARCELONA I A L'ENTORN

L'abastament en alta (transport des d'embassaments reguladors dels rius Ter i Llobregat, potabilització a les plantes d'Abrera i Cardedeu - la Roca i distribució regional en alta fins a dipòsits de població) el fa l'empresa pública de la Generalitat de Catalunya, Aigües Ter-Llobregat (ATLL).

A partir dels dipòsits municipals, cada ajuntament en fa la distribució que li convé (empresa municipal, concessió privada, etc.).

2.1. *Situació actual*

La demanda actual a l'àrea, formada per 100 municipis de 7 comarques, amb un total de 4.435.000 habitants, és de

500 hm³/any. La xarxa regional distribueix entre 325 hm³/any i 350 hm³/any, mentre que la resta, 175-150 hm³/any, procedeix de pous locals.

En anys secs, la demanda a la xarxa regional és superior, atès que la majoria dels pous s'esgoten.

Cap a l'any 2025 es preveu una ampliació de l'àmbit, amb 5 milions d'habitants i una demanda de 650 hm³/any. Aquesta xifra es justifica, a més, per una dotació de 130 m³/hab./any, que no és superior a dotacions actuals de moltes ciutats.

A Madrid (canal d'Isabel II), l'any 1991 eren 4,7 milions d'habitants, amb una demanda de 600 hm³/any (127,6 m³/hab./any).

A Sevilla, la dotació per a 1991 era de 155 m³/hab./any i, el 1996, de 109 m³/hab./any.

D'altra banda, motius de garantia de subministrament, de qualitat i de preservació de la sobreexplotació de rius i aqüífers obligaran a reduir la utilització de recursos locals, tant superficials com subterranis. Això condueix a una demanda de recursos addicionals entre 225 i 325 hm³/any.

Encara suposant que la demanda s'estanqués en 500 hm³/any, la demanda de recursos addicionals per a garantir la quantitat i la qualitat de l'aigua seria de 175 hm³/any.

2.2. *Tres problemes greus en la situació actual: quantitat, qualitat i medi ambient*

a) *Quantitat*

— Els pous associats a rius freqüentment secs s'esgoten al menor índex de sequera. Una part important (33 %) dels recursos totals no tenen garantia. Ho demostra el creixement de demanda a ATLL.

- La garantia del sistema Ter-Llobregat, per a 350 hm³/any, no compleix els criteris de garantia de l'UTAH (falla el 8 % un any, el 12 % dos anys seguits i el 20 % en deu anys).
- El model del sistema Ter-Llobregat diu que la garantia per a 350 hm³/any és insuficient, atès que més del 10 % dels anys no es cobreix la demanda.
- Si mantenim un cabal ecològic de 3 m³/s a ambdós rius, el sistema Ter-Llobregat només garanteix una demanda de 280 hm³/any. La fluctuació dels embassaments que mostra el model és inacceptable.
- Només jugant amb l'eliminació dels cabals ecològics podem augmentar la garantia dels abastaments.
- Una nova sequera (com la dels anys 1998, 1999 i 2000) posaria en evidència la manca de garantia, com va succeir el 1990, amb embassaments buits.

b) *Qualitat*

- És prou conegut que només els ciutadans que reben aigua del Ter n'estan satisfets de la qualitat.
- Les poblacions de Mollet del Vallès, la Llagosta, Palau de Plegamans i d'altres, que per creixement de la demanda han substituït part de l'abastament per aigua del Llobregat, han creat fins i tot problemes d'ordre públic (1998).
- L'aigua del Llobregat té greus problemes pel contingut de sodi i potassi. S'ha instal·lat una planta pilot d'òsmosi inversa per trobar una solució a aquest problema (1999).
- La normativa europea en farà encara més difícil la utilització.
- Els pous associats, majoritàriament, a l'aigua del Llobregat, tenen característiques similars. Altres s'han d'abandonat per intrusió marina (salinització a la costa) o per contaminació agrícola (nitrats).

- En un abastament no és acceptable utilitzar aigües de bona qualitat per a diluir les de baixa qualitat, fins a assolir la normativa de potabilitat.
- Una pinzellada gràfica compara el Llobregat i el Ter.

c) *Medi ambient*

- Els rius Ter i Llobregat han de mantenir uns cabals suficients per a garantir les demandes ambientals i la qualitat de l'aigua circulant. La consigna és evitar la sobreexplotació de rius i aqüífers.
- Ambdós rius són un rosari d'indústries i minicentrals, que caldria expropiar si no és volen deixar trams de riu en sec. Això comportaria pèrdues importants de llocs de treball i un cost expropiatori, segons l'Agència Catalana de l'Aigua, valorat en una primera aproximació en 40.000 MPTA.
- Deixar més aigua circulant al Llobregat i al Ter millora la qualitat ecològica d'ambdós rius, conserva les instal·lacions productives i els llocs de treball existents i millora l'aspecte ambiental i paisatgístic.
- Per contra, la dependència exclusiva d'aquests rius, suposant que fos possible per la quantitat, faria cada vegada més difícil evitar-ne la sobreexplotació, ja que l'abastament urbà i industrial seria sempre prioritari.
- Procurar l'equilibri recursos/demanda evita la sobreexplotació de rius i aqüífers (recursos locals) i produeix un benefici ecològic impossible d'assolir d'una altra manera.
- La conducció d'aigua de l'Ebre a Tarragona n'és un exemple: benefici per al medi ambient (recuperació d'aqüífers sobreexplotats); benefici per a l'agricultura que utilitza els recursos locals, i benefici per a les poblacions i per al turisme.

2.3. *Estudis d'estalvi i reutilització*

- Es parla d'una nova cultura de l'aigua, on s'impulsa l'estalvi, la reutilització i una acurada gestió de la demanda. Cal quantificar aquestes idees, i valorar-les davant del nostre problema: quantitat, qualitat i medi ambient.
- Els estudis sobre estalvi d'aigua i reutilització, i els resultats en el moment actual, serviran per a gestionar millor la demanda, però lamentablement no aportaran una solució definitiva i total al problema.
- L'estalvi d'aigua es palès des de 1991 fins ara.
- De 1991 a 1996, la demanda a la xarxa regional disminueix el 10,62 %. El descens del consum industrial és del 30 %. De 1996 a 1999, la demanda a la xarxa regional ha augmentat el 3 % anual, i ha superat la de 1991.
- En el futur, l'estalvi serà més difícil i més car. No és el mateix estalviar quan es parteix d'una dotació de 256 m³/hab./any (Califòrnia) que de 113 m³/hab./any (entorn de Barcelona).
- Tampoc no es pot assegurar el comportament públic davant una campanya d'estalvi (a Saragossa ha estat de 2 m³/hab./any).
- Modificar les instal·lacions domèstiques podria costar 100.000 MPTA (50.000 PTA/abonat, amb 2.000.000 abonats). Cal que les noves instal·lacions i les modificacions de les actuals es facin amb criteris d'estalvi.
- Les pèrdues de distribució urbana (23 %) s'han de desglossar en el 15 % de cabals no facturats però rebuts pel consumidor i en el 8 % de pèrdues reals. Aquest 8 % és molt difícil i car de reduir.
- A Madrid (canal d'Isabel II) les pèrdues de distribució són del 26 % (no facturades, el 13,4 %, pèrdues, el 12,6 %) i 3.500 trencaments/any. Madrid preveu renovar la xarxa en vint anys, amb un cost de 4.500 MPTA/any.

- A Sevilla les pèrdues en xarxa són del 18,5 %; les d'exploració, el 4,1 %; per consum gratis, el 8,4 %, i per comptadors el 6,3 %, que fa un total de 37,3 %.
- La reutilització existeix. Moltes depuradores incorporen al riu el 100 % dels seus efluents (Manresa) i altres reguen camps de golf (Martorell) o cultius. Durant l'estiu de 1999 s'ha començat a enviar aigua de la planta de Sant Feliu al canal de la dreta del Llobregat (150 l/s) i la planta de Depurbaix preveu un tractament terciari per a reutilització agrícola, industrial i ambiental.
- L'aigua procedent de reutilització és de baixa qualitat, amb una alta salinitat i fins i tot necessita un control sanitari molt estricte. No pot tocar directament els aliments que rega. El contingut d'amoni pot afectar negativament la fauna piscícola dels canals de reg i de les llacunes.
- La demanda d'aquest tipus d'aigua en aquesta zona serà sempre baixa (no més de 20-30 hm³/any) atès que no hi ha grans extensions de reg que la puguin admetre, i la indústria que treu aigua de baixa qualitat en pous, per a refrigeració, serà difícil que l'accepti. Nous usos ambiental i reg d'espais verds poden utilitzar aigua reciclada.

141

2.4. *El canvi climàtic*

- Es parla de canvi climàtic sense quantificar, però és evident que els científics temen les conseqüències d'un canvi climàtic.
- Aquestes conseqüències, segons el professor Nathan Buras, de la Universitat d'Arizona, que va donar unes conferències a Barcelona i a València, podrien ser l'augment de la sequera als països del sud i també l'augment de la pluviometria als països del nord.
- Segons l'Instituto Geominero (F. Ayala i A. Iglesias) la

reducció d'aportacions a l'Estat espanyol es valora en el 17 %, és a dir, uns 20.115 hm³/any.

- Al nord d'Espanya, i suposadament al nord del Pirineus, la reducció serà menor.

GESTIÓ DE REGADIUS,

A CÀRREC DE

JORDI PEIX,

DEL DEPARTAMENT D'AGRICULTURA,

RAMADERIA I PESCA

DE LA GENERALITAT

DE CATALUNYA

Al meu país, la pluja no sap ploure,
o plou poc o plou massa.
Si plou poc és la sequera,
si plou massa és la catàstrofe.

RAIMON

1. INTRODUCCIÓ

1.1. *El reg a l'antiguitat*

El regadiu és present en tots els vestigis arqueològics. Prop de les *villae* romanes, de Tarragona o del Maresme hi havia hortes o jardins subministrats per aqüeducte. Sant Isidor, a *Les Etimologies*, cita diverses tècniques lligades a l'aigua i al reg emprades al segle VII. Globalment, la superfície regada era mínima. A Catalunya i a tota la conca de l'Ebre la construcció de les xarxes de *sèquies* va començar, segons la tradició, al regnat de Hakam II. En efecte, el 1148, d'acord amb els documents, les hortes de Lleida ja eren regades pels canals de la clamor i Tortosa rebia l'aigua de l'assut de Xerta. A les zones de secà, l'aigua per a beure i regar l'hort era recollida en *aljubs*. Els àrabs ens van deixar noves tecnologies i molts termes encara utilitzats, sobretot de noves plantes de l'horta. La sènia moguda per animals o per la força del corrent han estat utilitzades fins ben recentment per a pujar l'aigua dels pous o dels recs mitjançant catúfols. Les mines del Camp de Tarragona o del Maresme seguien la tècnica dels *qanats*, que aprofitaven les aigües de fonts o bé les de drenatge procedents d'infiltració. El canal de Pinyana, que aprofita les aigües del Noguera Ribagorçana i rega prop de 10.000 ha, va ser iniciat pels àrabs i s'ha anat reformant constantment.

1.2. *La primera legislació europea*

La primera legislació europea sobre l'ús de l'aigua de reg és atribuïda als Usatges, en què les «aigües corrents i fonts públiques» es declaren públiques tot pertanyent a la «podestat». S'atribueix al comte Mir (945-966) la construcció del rec Comtal, el Regomir, i encara se'n pot seguir el traçat per Barcelona seguint el nom dels carrers. S'usava per a regar, fer moure els molins i per al consum de boca. L'article 74 dels Usatges de Barcelona, «Cequiam», per primera vegada a Europa regula la necessitat de controlar l'abastament d'aigua:

La sèquia de l'aygua dels molins que decorra a Barcelona, manam ésser no tocada per tots temps. E cel qui presumptuosament la trencarà, compona al Príncep cent onces d'or per cascuna vegada; e qui amagadament ho farà per regar, compona al Príncep cent onces d'or per cascuna vegada.

145

A les Corts de Montsó de 1553 es van desenvolupar unes primeres ordenacions sobre l'ús d'aigües de reg, que podríem afirmar que és la primera llei de regadius. S'estableixen una sèrie de mesures coherents que representen una voluntat de disciplinar els regants, s'autoritza el dret de servitud de pas i la participació col·lectiva en les despeses. Segurament és la consolidació dels usos i costums d'antigues zones de regadiu; es reconeixen els costums de les sèquies de Lleida, Thuïr i Puigcerdà. L'energia era prioritària, el regadiu, secundari. L'aigua era utilitzada bàsicament per a produir energia, com a força motriu dels molins, necessaris per a moldre, gra i olives i aprofitada per a reg a partir del canal de retorn al riu o *subtus rego*.

A l'edat mitjana hi ha molts documents de concessió d'aigua per a reg. L'objectiu era superar les sequeres periòdi-

ques que assolaven el camp català, provocaven fams i pestes i obligaven a anar a buscar el cereal fins a Sicília o fins i tot a Neopàtria, per a assegurar la ruta del blat. L'aigua era garantia de poblament, de riquesa i d'independència. El gran problema de les grans obres ha estat sempre el finançament. Les aigües eren regalies del rei que en donava concessions als senyors feudals, ordres militars (Torres de Segre), ajuntaments (Manresa, Lleida...), convents (Vila-rodona), etc.

A l'aigua no es pot buscar només elements científics, que raonant demostren certituds; en totes les religions, l'aigua és *font de vida*.

1.3. *Una lluita contra les febres*

La conquesta de la terra contra l'aigua va ser en primer lloc la lluita contra les *aigües mortes* per a eliminar la malària. La batalla final va començar al segle XVI i no va acabar fins als anys cinquanta, amb els sanejament del delta del Llobregat, primer i de l'Ebre, després. Quan es parla del canal d'Urgell sovint s'oblida la lluita contra la malària, que va comportar unes mortaldats terribles. Si es drena l'aigua, si es guanya terreny de conreu, el paludisme recula. Si es deixa de fer la feina, la malària torna i ho paralitza tot, com ja va passar en recs històrics. La fi de l'Imperi romà va provocar la deixadesa i el retorn de la malària. Les grans obres del segle XVIII tenien diversos objectius: dessecar per sanejar, crear noves riqueses i establir censos per esmorteir i conservar les obres. Els diversos estanys i zones humides es van començar a assecar en aquesta època.

1.4. *La primera Llei d'aigües, el Pla de Canals i les associacions de regants*

Després de l'impacte del populisme agrari, regeneracionista i materialista hidràulic de Joaquim Costa, la corona en va assumir el finançament, i van començar les grans obres (*Aigua recurs escàs*, Banco Urquijo, Madrid, 1969). La Llei d'aigües de 1866 i la Llei sobre concessions de canals de reg consoliden els fonaments de les grans transformacions dels segles XIX i XX. Les comunitats de regants assumeixen unes funcions necessàries per a regular la distribució i assumir la conservació de les obres. És una opció que va tardar molt a funcionar, en un exercici de democràcia de proximitat. El Pla Nacional d'Obres Hidràuliques de 1902 va establir la política de construcció dels nous canals i embassaments. Es va començar el canal d'Aragó i Catalunya, es va consolidar el d'Urgell, es van millorar els regadius tradicionals i es van fer grans obres al Llobregat i a les Terres de l'Ebre (Bravo, 1991).

147

1.5. *Mesures de cabals d'aigua*

La mesura del cabal de l'aigua es feia amb una plomera, amb un joc de forats de cabal diferent amb una sèrie de taps (Alsiina, 1990).

Un instrument molt similar encara és usat als països del Magreb. La ploma és el cabal d'aigua que passa per un orifici circular de 0,5805 cm de diàmetre, 4,643 cm de fondària i 7,8366 cm de càrrega central. Els valors usuals de la ploma era de 2.200 l/dia (a Mataró eren 7.405 l/dia, i la ploma d'oca, 13.504 l/dia). Els múltiples de la ploma eren utilitzats per als molins i els regadius.

Barcelona i Girona

Fibla o teula semicilíndrica:	100 plomes
Fibla grossa:	500 plomes
Regadora o quart de mola:	845 plomes
Mitja mola:	1.690 plomes
Mola de regar:	3.380 plomes
Ploma:	2.299 l/dia

Tarragona

Regadora de Tarragona:	120 plomes
Una ploma de 24 càrregues:	136,6 l

FIGURA 1. *Mesures del cabal d'aigua.*

2. NECESSITAT DELS REGADIUS

2.1. *El regadiu representa una millora de la renda agrària i del patrimoni de Catalunya*

Catalunya és un país mediterrani amb un règim de pluges molt irregular que oscil·la, en la major part del territori, entre els 300 i els 700 mm anuals i determina una gran variabilitat de les produccions limitades per les condicions meteorològiques. La FAO considera que amb una pluviometria inferior a 300 mm, l'agricultura no és possible. En àmplies zones de Catalunya les pluges no arriben a aquests nivells, i es concentren sovint en dues tronades mal repartides.

Per això a tot el país, i especialment a les terres semiàrides de la Depressió Central i de la franja costanera, on l'evaporació és superior als 1.200 mm, els pagesos han lluitat històricament per disposar d'aigua de reg, fer rendibles les seves explotacions i lluitar contra les sequeres periòdiques, segons ens recorda un romanç anònim citat per Enric Morey-Rey (Balcells, 1980):

Set anys ha senyor que dura,
aquesta tribulació.

De sembrar i no collir,
per no haver-hi saó.

Mireu que la gent ja marxem,
per lo Pla del Roselló.

A Campar la trista vida,
y a passar tot lo rigor

Passats de cinc mil ne falten,
sense cap exageració.

Des de Tàrrega fins a Lleida,
y d'Arbeca a Castelló.

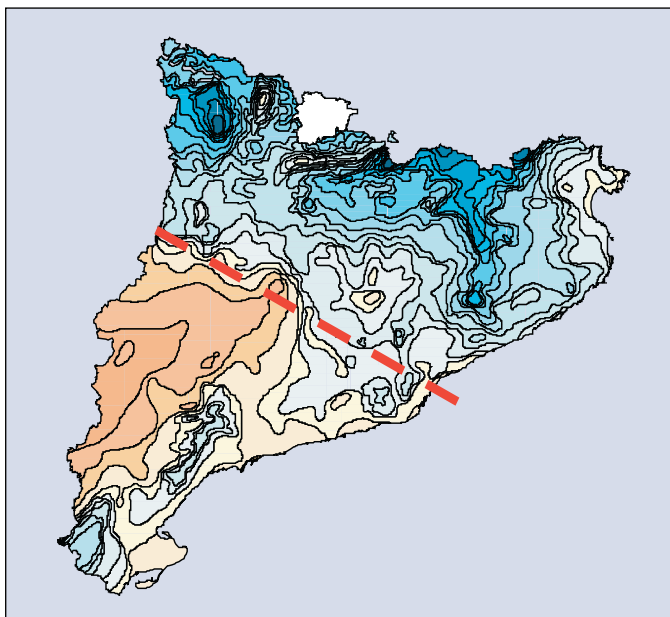


FIGURA 2. Configuració orogràfica de Catalunya.

La configuració de Catalunya, amb una cadena pirinenca que recull les pluges de tardor i primavera i les neus d'hivern, ha permès plantejar la realització d'obres hidràuliques per a regular els cabals dels rius i millorar i ampliar les zones regades. Actualment, només el 25 % de la superfície és de regadiu, que en canvi produeix el 70 % de la producció agrícola final. Paral·lelament, els darrers vint-i-cinc anys s'han deixat de conrear prop de 100.000 ha marginals: el 10 % de la nostra superfície cultivada. La tendència ha estat optimitzar el potencial productiu de les millors terres i passar a pastures o bosc les terres improductives.

Al Mediterrani, l'aigua és un recurs escàs que cal estalviar i gestionar adequadament amb criteris de solidaritat; la transformació en regadiu significa un augment de patrimoni. Cristòfol Despuig, referint-se a les obres de millora del canal que partia de l'assut de Xerta que s'havia acabat cent anys abans, el 1440, i que estaven aturades per manca de finançament, manifestava: «Si Déu serà servit que la sèquia que havem començada a l'Assut s'acabe; aleshores tindrem molta abundància de tot això que ens falta i altres moltes coses més [...]. No seria gastar, mes esmerçar sobre l'augment de son propi patrimoni, si la sèquia acabaven» (Despuig, 1996).

Quan es dissenyen nous regs, cal aplicar sistemes innovadors, com ara amb reg a pressió, que permet aportar a la planta la quantitat exacta d'aigua d'acord amb les seves necessitats i les condicions climàtiques, molt variables al llarg de tot el període productiu.

L'aigua s'afegeix a la terra com a nou factor de producció que determina un replantejament de tota l'explotació, que cal gestionar integralment. La transformació i la millora de les estructures de regadiu representen un canvi estructural profund que comporta l'adaptació de l'explotació agrària, especialment de la terra, a les noves condicions de producció,



FIGURA 3. *Terrenys de regadiu.*

i comporta un gran canvi social, no solament en les explotacions, sinó també en tota la comarca objecte de transformació. Actualment, a tot l'Estat els regs per gravetat només representen el 64 % de tota la superfície regada, mentre que a Catalunya encara representen el 86 %. Si exceptuem, el delta de l'Ebre, en què per raons mediambientals cal mantenir el reg per gravetat, encara hi ha una gran tasca a fer per a millorar els recs, com preveu la Llei d'infraestructures hidràuliques.

Per això, la innovació tecnològica que representa la millora o posada en reg d'una zona requereix, a més, l'adequació de les infraestructures rurals, com poden ser els camins o els drenatges i la concentració de les parcel·les, a les noves condicions de treball. La millora dels sistemes d'industrialització i de comercialització dels nous productes tanca la

cadena dels elements complementaris a la transformació, necessaris per a adaptar els nous regadius a les noves condicions de producció.

2.2. *La política agrària comuna*

Els ajuts de la política agrària comuna són, per al nord d'Europa, allò que la transformació en regadius ha de ser per als països del sud.

Llibre blanc

152

El reg fa possible que les empreses agràries amplïïn la gamma de conreus, superïn el monocultiu de productes excedentaris dins de la Unió Europea, i s'adaptin al que demana el mercat. Si els països del nord d'Europa han fomentat els instruments de la política agrària comuna (PAC) per mantenir les seves rendes, en els països mediterranis els regs permeten potenciar les produccions deficitàries en el mercat europeu. El regadiu representa la superació dels desavantatges del nostre clima aportant productes fora de temporada, com ho exigeix cada vegada més la demanda creixent d'Europa. L'ampliació de la Unió Europea vers els països de l'est consolidarà aquesta demanda i definirà la vocació productiva dels països mediterranis.

En un moment en què els mateixos tècnics estan desbordats per la rapidesa de l'evolució de l'economia, els agrònoms solen preguntar-se si és prudent la transformació en regadiu, que pot comportar augments de producció, ara que es parla tant d'excedents. El mercat internacional de cereals, excedentari fins fa poc, està rebent fortes pressions d'una demanda creixent correlativa a l'augment de població i a la millora del nivell de vida de la població del sud-est asiàtic. Per limitar les produccions es van instituir una sèrie de mecanismes de control: les quotes lleteres es van introduir al Canadà

ja fa més de trenta-cinc anys, els preus del cotó estan al mateix nivell de preus que al segle passat, i el cafè i els greixos vegetals no recuperen preus des de ja fa més de quaranta anys.

Els excedents estan en el mercat mundial i defineixen la inviabilitat del proteccionisme sense tenir en compte la competitivitat, i precisament les transformacions en regadiu és un dels principals elements utilitzats mundialment per a millorar no solament la productivitat sinó també per a provocar un canvi de les estructures productives. L'any 1787, Caresmar, en el seu discurs sobre l'agricultura ja defensava la necessitat del regadiu i especialment de l'aleshores debatut canal d'Urgell: «Si llegase a tener efecto el canal proyectado en el Urgell se producirian copiosas cosechas de granos y con ellas cesarian las extracciones de las considerables cantidades de dinero que se llevan los extranjeros por las provisiones que ahora nos hacen.»

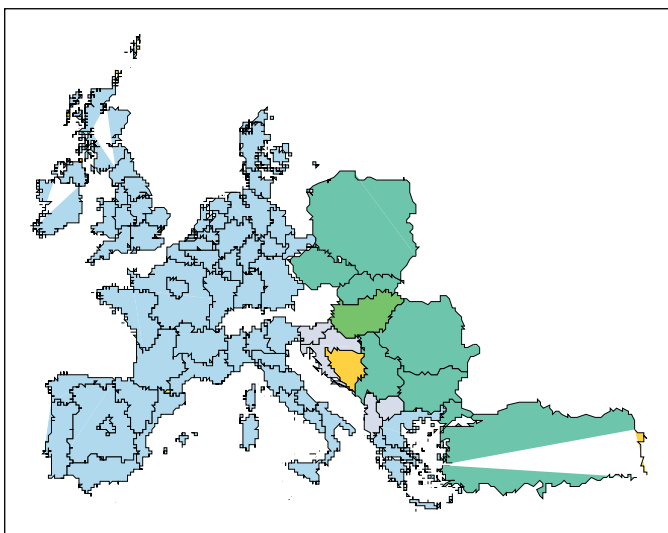


FIGURA 4

Aquesta necessitat de reforma tècnica agrària és un fenomen que no necessiten solament els pagesos del sud d'Europa, sinó també els del nord. Per exemple, a Alsàcia, on plou més que a Catalunya, es va crear el primer programa d'avís de reg amb l'objectiu d'estalviar i optimitzar l'ús de l'aigua. Avui, França és un dels països europeus en què augmenta més ràpidament la superfície regada. Ja no podem assegurar permanentment bones collites, collites rendibles, sense regadiu. La realitat és clara: les explotacions agràries de secà han d'augmentar permanentment la dimensió i s'han de mecanitzar fortament per a mantenir un nivell mínim d'ingressos. Els regadius sempre tenen més alternatives productives, fins i tot considerant només la producció de conreus venals que tenen bona sortida a Catalunya, ja que és profundament deficitària en primeres matèries. En tot cas, després dels acords del GATT ja no té sentit parlar de l'Europa excedentària, més aviat parlaríem d'un món excedentari o potser millor d'un món que pateix fam. Però en realitat el problema no és d'excedents, el problema és de preus de cost i de qualitat del producte.

La realitat dels censos agraris demostren la necessitat del regadiu. A Catalunya, el 62 % d'explotacions agràries disposen de superfície de regadiu.

TAULA 1. *Evolució de les superfícies llaurades*

<i>Anys</i>	<i>Superfície reg. (ha)</i>	<i>Nombre d'explotacions</i>	<i>Superfície llaurada de secà (ha)</i>	<i>Nombre d'explotacions</i>
1999	228.715	44.768	588.516	51.706
1989	211.321	59.985	625.679	71.175
1982	208.866	60.630	727.877	88.877

Font: cens agrari, IDESCAT.

La superfície regada, des de 1982 fins a 1999, ha augmentat el 10 % en divuit anys, i la de secà, en canvi, ha disminuït el 23 %. Els conreus que puguen són els intensius, els

no subvencionats, els que tenen el mercat com a punt de referència; els fruiters, els cultius protegits (hivernacles) i la flor i la planta, en detriment dels cereals i els extensius en general. S'ha de considerar especialment la gran pujada de superfície regada mitjançant el reg de suport de cultius arborícoles: vinya, olivera i fruits secs: «En els països mediterranis els cultius de regadiu i la especialització arborícola poden representar increments substancials de productivitat i constitueixen possiblement una de les manifestacions d'una agricultura moderna i més racional» (Garrabou, 1974).

Les properes grans transformacions que s'han iniciat faran que en el proper cens agrari el nombre d'explotacions de regadiu superi les de secà. Les explotacions agrícoles es van concentrant i, per tant, es van reduint; les de regadiu es defensen millor, ja que han disminuït el 26 %, mentre que en el mateix període les de secà ho han fet el 42 %, un nombre lleugerament per sobre de les de regadiu. Actualment els ocupats agraris en zones de regadiu triplica els ocupats en zones de secà (cens agrari).

Les estratègies territorials han de cercar nous camins per a reequilibrar el país. Els preus protegits ja no són la solució. L'interlocutor dels preus ja no és l'Administració, sinó el mercat, que no demostra de forma visible el caràcter dialogant i que disposa d'eines i regles sovint difícils d'entendre. Les *antigues colònies* tornaran a ser, com al final del segle passat, els competidors de la vella Europa. Ara, a més, s'aniran incorporant a la Unió Europea una sèrie de països centreuropeus que disposen, una vegada arranjats els problemes interns, de reserves de productivitat colossals. El graner d'Europa se situava al centre, distribuït entre les actuals Polònia, Hongria i Ucraïna, i era transportant ja des de l'edat mitjana als països del sud mitjançant els ports del Bàltic i del mar Negre.

La PAC, que va ser el resultat del proteccionisme a Europa per a facilitar el creixement de l'agricultura, s'està

adaptant a les recomanacions de l'Organització Mundial del Comerç al lliure mercat, per a poder exportar productes industrials i aconseguir preus de consum baixos. D'altra banda, s'estableixen mecanismes, com poden ser les mesures agroambientals i les indemnitzacions compensatòries de muntanya, per a superar les limitacions productives i mantenir un espai cultivat al servei de la col·lectivitat. El canvi de model que s'està produint en la PAC, limitant els ajuts per unitat de superfície, quotes i volums màxims que tenen dret a ajuts, torna a prioritzar la necessitat de millorar la productivitat i la competitivitat de les explotacions agràries i de la terra com a recurs escàs i limitat.

Es proposa la millora i la transformació en regadius com a element que cal tenir en compte per al desenvolupament de les comarques agràries sense perjudicar el conjunt de la PAC. Les quotes regionalitzades i les possibles penalitzacions per a cada tipus de producte agrícola definiran les limitacions i les rendibilitats de les millores o de les transformacions en regadiu. El futur de la PAC i de les propostes que es plantegen a l'Organització Mundial del Comerç torna a situar el problema al seu lloc. Es preveu la disminució constant dels ajuts a la renda i la substitució per ajuts a l'explotació, d'acord amb el compliment d'uns determinats objectius de desenvolupament de les explotacions agrícoles per a mantenir l'equilibri territorial i de remunerar una sèrie de multifuncionalitats de l'explotació agrícola, com a generadora de treball i de desenvolupament de les comarques agràries, que manté l'espai agrari i elabora productes de qualitat.

A Catalunya, els costos de millora i transformació en regadius sempre representaran una part molt petita de les ajudes comunitàries, i tenen un sostre de creixement definit per les mateixes limitacions dels recursos hídrics disponibles. Les ajudes directes de la PAC rebudes anualment a Catalunya se situen al voltant dels 43.000 MPTA (segons el pressu-

post de l'any 2000), i les aportacions europees per a la millora i la transformació de regadius incloses en el Programa de desenvolupament rural solament representen 1.300 MPTA anuals, o sigui, menys del 5 % de les aportacions als ajuts directes. Una vegada més, el finançament va a càrrec de l'Administració estatal.

2.3. *Execució de projectes històrics*

A les terres semiàrides, l'única proposta efectiva per a disposar d'un increment ràpid de la producció de la terra és la transformació en regadiu. La gamma de cultius que possibilita el reg permet superar els monocultius de productes excedentaris de la Unió Europea, i adaptar-se al que demana el mercat. L'objectiu és millorar la productivitat de les explotacions i, per tant, també la renda per a assegurar collites regulars.

La Generalitat de Catalunya del període republicà ja va preveure en el Pla Hidràulic presentat el 1935 l'aprofitament integral dels rius de Catalunya, d'acord amb un projecte redactat per Victoriano Muñoz Oms (Pla d'Obres Públiques de Catalunya, Barcelona, 1935). Es considerava que la configuració de Catalunya, amb una cadena pirinenca que recull les pluges de tardor i primavera i les neus d'hivern, permetria plantejar l'execució d'obres hidràuliques per a regular els cabals dels rius i millorar i ampliar les zones regades, amb un disseny que s'apropa molt als projectes en curs de materialització i construcció. Ja s'inclouïen els regadius de la Muga i del Ter, a Girona; els d'Algerri-Balaguer, Segarra-Garrigues i Baix Segre a Lleida, i els del Francolí i Terra Alta a Tarragona.

Han hagut de passar seixanta-cinc anys perquè comencessin els treballs proposats de forma coherent i d'acord amb les disponibilitats hidràuliques. Les postes



FIGURA 5. *Pla Hidràulic de 1935.*

actuals s'han redimensionat d'acord amb les noves tecnologies de reg a pressió que no solament ens permet estalviar aigua, feina i sòl productiu, sinó que també representa unes majors possibilitats d'automatització i de tecnificació de l'explotació.

2.4. *El regadiu: una aposta per la modernització integral de l'explotació*

El regadiu no és només una millora de les capacitats productives i de la competitivitat de les explotacions, ja que requereix

una agricultura més tècnica. Exigeix més inversions de capital i de formació tecnològica, representa, per tant, una eina per al desenvolupament de les explotacions agràries i exigeix un canvi obligatori de gestió. Paral·lelament a la millora i la transformació en regadiu, es planteja una renovació de les estructures fundiàries amb la modernització de les infraestructures i de la concentració parcel·lària, per a optimitzar les inversions realitzades. Les grans transformacions en regadiu tenen poder estabilitzador si van incloses en un projecte paral·lel de transformació agropecuària, industrial i rural.

Per a millorar la competitivitat de l'agricultura, cal disposar d'un subministrament regular d'aigua que garanteixi la producció i la qualitat de la collita. Les noves tecnologies asseguren el subministrament constant d'aigua a pressió, per a cobrir les necessitats de les plantes. L'evapotranspiració anual de la Depressió Central és superior als 1.200 mm, i la dels mesos de juny a agost se situa entre els 125 i 200 mm, i arriben a casos extrems a ETP diaris de 9 mm (90 m³/ha), que defineixen unes necessitats d'aigua, i per tant de disseny de les canonades, força elevades. Per això el disseny del sistema de reg ha de gestionar l'aigua de forma eficient, de manera que hi hagi una aportació mínima de mà d'obra i la possibilitat de subministrar els nutrients mitjançant el sistema; per aquesta raó els nous sistemes de regs prioritzen l'automatització. En resum, l'objectiu és la reducció dels costos de producció per unitat, amb un impacte positiu, o neutre, en el medi. Un dels elements sovint oblidats de la transformació en regadiu és el canvi de conreus, que millora la resposta de la conca en relació amb les grans precipitacions. Se suavitza l'hidrograma de resposta davant les precipitacions extraordinàries i es disminueix, per tant, el risc d'erosió i d'inundacions i avingudes catastròfiques provocades especialment per les pluges de tardor, que trobaven unes condicions òptimes davant un sòl sense protecció.

La intensificació dels cultius permet una utilització més gran dels factors de producció, que requereix incorporar noves tècniques de gestió tècniques i financeres de l'explotació agrària. La diversificació de cultius és possible en disminuir un factor limitant bàsic com és l'aigua. En les condicions de pluviometria normal de 650 mm, distribuïts adequadament, el sostre màxim d'una producció estàndard de cereal és de 4.500 kg/ha.

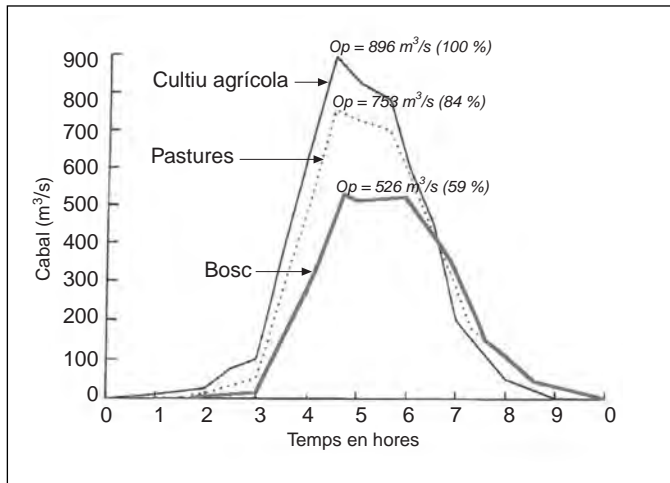


FIGURA 6. Efectes de la vegetació sobre l'hydrograma.
Font: TRACSA.

La millora de la competitivitat de les explotacions agràries és possible en poder incorporar alternatives de producció més adaptades a les necessitats del mercat i de les indústries agroalimentàries, i reduir la dependència de les importacions. La millora de la qualitat del producte final, possibilita l'augment de la producció final, i la regularitat de

les produccions en sòls de regadiu permet evitar les periòdiques oscil·lacions productives, millorar l'amortització de les inversions efectuades i augmentar la renda agrària.

2.5. *El regadiu genera dotze vegades més ocupació per hectàrea que el secà*

El regadiu genera un desenvolupament econòmic zonal. La transformació en regadius és un model d'ocupació del territori que privilegia l'oasi contra el desert, i s'inclou en un programa de lluita contra la desertització i l'erosió que comença amb la pèrdua d'ocupats i acaba amb la pèrdua de sòl cultivable. En trobar-se la superfície agrícola catalana limitada per les característiques orogràfiques, l'augment de dimensió només es podrà realitzar mitjançant una intensificació que farà créixer la producció final i, per tant, la renda agrària. Paral·lelament, la intensificació permet complir un dels objectius de les inversions: augmentar els ocupats agraris i generar un creixement endogen per la major demanda de béns i equipaments i per a la transformació i la comercialització de les produccions agrícoles. El cooperativisme esdevé així l'eina bàsica d'agrupació per a crear unitats viables que puguin assumir aquestes funcions.

Cal dir que el reg és un factor d'equilibri social que evita la desertització, que arrela la població rural, n'intensifica les produccions i, finalment, afavoreix la industrialització de les comarques. La transformació en regadiu representa un increment del patrimoni de Catalunya i millora la qualitat de la terra, de les empreses i, sobretot, la qualitat de vida dels pagesos. Finalment, un dels aspectes que cal destacar especialment és l'esperança de futur que representa per als joves saber que amb el seu esforç podran veure realitzats els desigs de crear noves explotacions agràries, els quals

agraeixen la introducció d'innovacions i dibuixen el tipus d'explotació viable en el futur.

En determinades zones de la Depressió Central i de les comarques de Tarragona, cal complementar aquesta proposta de creixement mitjançant un seguit d'inversions públiques que permetin anar creant una massa crítica de persones, explotacions agràries, moviment econòmic, cultius i indústries de transformació, societat civil i agents socials forts que n'assegurin permanentment i sense més ajudes el creixement. Paral·lelament, cal incentivar la voluntat d'innovació i cal donar l'assessorament necessari sobre les inversions immediates que s'han de fer, i que dirigiran el futur de les explotacions en les dècades properes.

Les comarques de secà han sofert una pèrdua constant d'efectius en la mesura que es mecanitzava la producció de cereal. El regadiu exigirà una intensificació de les produccions, arrelarà la pagesia i crearà una nova xarxa subministradora de mitjans de producció (llavors, fertilitzants, maquinària, etc.), així com de transformació de productes agraris.

En condicions normals, una unitat d'explotació cerealista de secà viable actualment se situa al voltant de les 150 ha. En reg, una explotació viable de futur amb cultius extensius requereix una dimensió d'unes 40 ha i, en fruiters, d'unes 20 ha. A més, s'ha de tenir en compte que una hectàrea de cereal de secà dona una ocupació d'uns 3 jornals de treball, i una de fruiters, d'unes 300 hores. Per tant, una hectàrea en regadiu pot absorbir més de dotze vegades més de mà d'obra que una de secà. Per a calcular la taxa d'ocupació generada per una transformació en regadiu es considera que cada nou lloc de treball genera 0,25 llocs de treball a les indústries auxiliars. Per tant, finalment comportarà multiplicar per quinze els llocs de treball agrari existents. La transformació del Segarra-Garrigues pot comportar, com a

mínim en una primera fase, la creació directa de 8.000 nous llocs de treball en l'agricultura.

2.6. *Un gran canvi social que valora el factor humà i l'esperit empresarial*

La transformació en regadiu representa un gran canvi social, ja que genera una nova actitud comercial en no haver de dependre de les subvencions de la PAC. Es genera una producció agrícola més complexa, més tecnificada, més empresarial i més especialitzada, que defineix un nou pagès més arrelat a la terra i una alternativa per als agricultors joves en millorar les seves perspectives de futur.

Al segle XVIII, Celsius va establir el patró de les temperatures a partir del pas de l'aigua líquida a l'estat sòlid definint els 0°, i a l'estat gasós formulant una escala fins als 100°.

163

FIGURA 7. *L'aigua és el patró i la mesura de la natura.*

El regadiu genera un nou tipus de professional, que cal formar adequadament. Li permet utilitzar òptimament els nous recursos de què disposa i consolidar com a valor afegit la modernització de les empreses agràries que les fa competitives davant dels reptes del futur.

La introducció de les noves tecnologies és forçosament lenta, i hi ha una discrepància entre desenvolupament tecnològic i maduració personal. Mentre les innovacions avancen en progressió geomètrica, la maduració de cada individu creix sobre la base de l'experiència pròpia, i utilitza ben poc les adquisicions subjectives dels altres que s'adquireixen len-

tament en forma de taca d'oli, contestant i fins i tot rebutjant expressament els valors de les generacions precedents.

A Catalunya, hem optat per l'oasi, on s'arrela la població, on es consoliden les explotacions familiars i les indústries agràries de transformació. La rehabilitació de l'agricultura parteix de la necessitat de reduir les diseconomies del centralisme urbà. L'aglomeració és costosa, en canvi l'arrelament a les zones agràries obre no solament noves possibilitats de creixement del sector agrari, sinó també estableix un marc per al creixement industrial. Així, cada vegada més s'assigna la funció de ciutat servei a la gran aglomeració urbana, i es crea una voluntat de simbiosi entre camp i ciutat. El regadiu permet controlar l'erosió del sòl i evita la desertització humana i estableix les bases per a la creació d'un teixit comercial i industrial, que en una primera etapa és agrari i posteriorment s'amplia vers altres sectors. La història de la creació de les grans transformacions en regadiu, com el canal d'Urgell o el delta del Ebre, així ho demostren.

2.7. *La transformació en regadiu: una eina de lluita per la sostenibilitat*

La transformació en regadiu representa, per definició, un canvi dels usos del sòl. Per això s'haurà de buscar un equilibri sostenible de la transformació que permeti assegurar la viabilitat del territori a llarg termini, d'acord amb els nous usos previstos. La creació d'agrupacions de defensa vegetal que assumeixin la *producció integrada* és una de les millors garanties de sostenibilitat de les activitats agrícoles. D'altra banda, la transformació en regadiu, com a canvi d'usos del sòl, ha de tenir en compte la realitat prèvia de la transformació i permetre el manteniment d'uns hàbitats i espècies de protecció prioritària. La delimitació de la zona regable

inclourà les mesures correctores adients per a fer-ne possible la sostenibilitat. El plantejament de petits embassaments en valls laterals o dins la mateixa zona regable suavitzen l'impacte, mantenen la continuïtat dels rius i creen noves zones humides en mosaic.

D'altra banda, una de les funcions encara poc reconegudes de l'agricultura en general i de les produccions intenses de regadiu en concret, és l'aportació a l'eliminació dels gasos del diòxid de carboni atmosfèric mitjançant el procés de fotosíntesi. En efecte, una hectàrea de blat de moro de rega-



FIGURA 8. *Reg de suport de la zona de la Granadella, les Garrigues. El reg de suport consolida la població en les zones desfavorides del territori.*

diu produït a la Depressió Central de Catalunya absorbeix directament de mitjana unes 30 t de diòxid de carboni, la mateixa quantitat que absorbeix una hectàrea de bosc tropical. A més, s'han de considerar els efectes col·laterals de la fixació del diòxid de carboni per la matèria orgànica del sòl. Els sòls de regadiu de Catalunya tenen un percentatge de matèria orgànica del 2-2,5 %, l'1-1,5 % superior als sòls de secà. Això vol dir que la capacitat addicional de fixació de CO₂ de la matèria orgànica del sòl és en total de 56 t, que corresponen a 5 t anuals si considerem l'efecte embornal al llarg de més de deu anys. El manteniment de l'agricultura esdevé necessari per a anar mantenint els efectes de la fixació de CO₂.

En resum, l'absorció anual de diòxid de carboni realitzada per una hectàrea de regadiu és de 53 TM (dues collites). Dit d'una altra forma, una de les multifuncionalitats assignades a l'agricultura, i especialment als regadius, és la de fixar les emissions industrials, de vehicles de transport o domèstiques de diòxid de carboni.

Finalment, cal destacar que la transformació en regadiu augmenta la capacitat del sòl per a l'absorció de purins. Els conreus de regadiu produeixen un augment de biomassa quatre vegades més que dels cultius de secà, que necessiten nitrogen per a desenvolupar-se. En el cas que es puguin fer dues collites, de primavera i d'estiu, la capacitat d'absorció de purins arriba a cinc vegades més que els conreus de secà, especialment el conreu de farratges.

3. EL PROGRAMA DE REGADIUS

3.1. *Un programa de regs diversificat*

La multiplicitat de situacions obligava a elaborar un programa de regs que tingués en compte la situació actual de cada

zona regable i les possibilitats de millora. Els nostres objectius se situen, en primer lloc, en la millora de les zones de regatge existents, per a estalviar aigua i perquè puguin augmentar la qualitat i la productivitat de les produccions, de manera que s'adaptin a les necessitats del mercat. Globalment, Catalunya és deficitària en matèries primeres agrícoles. En segon lloc, per als propers quinze anys es planteja augmentar la superfície de regadiu amb una operació integrada en el territori i en el sector econòmic. L'objectiu és ambiciós i s'enquadra dins un profund canvi d'estructures agràries, adequant la infraestructura territorial i introduint-hi nous conceptes d'ordenació com la de la concentració parcel·lària per a consolidar les explotacions viables.

La producció màxima d'una zona de secà de qualitat situada a la Depressió Central és de 45 q de gra i 35 q de palla i per a produir-lo evapora 4.000 m³/ha (400 mm) per a 8 t de matèria seca. Una millora del regim hídric de 6.500 m³/ha/ any pot permetre una millora de la producció del 150 % i millorar l'alternativa de les produccions. Muntar un reg significa, doncs, no solament aportar aigua a una finca agrícola, sinó a més adequar una estructura modelada durant molts anys per a cultius de secà, i generar una nova estructura definida per a les tecnologies de mecanització i d'aportació d'aigua que es volen aplicar, que requereixen unes dimensions adaptades. D'acord amb les disponibilitats d'aigua i les potencialitats productives, es proposa un sistema adequat a cada zona objecte de transformació, que va des de la millora de les xarxes existents fins a les aportacions de suport, passant per regadius de baixa intensitat.

La Llei d'infraestructures hidràuliques de la Generalitat de Catalunya, de 1990, estableix un esquema d'ajuts en què es diferencien les actuacions de millora i de transformació de nous regadius. Les obres seran realitzades per una empresa pública, Regs de Catalunya SA (REGSA) i rebran

una aportació del 70 % del cost de les obres de transformació. La resta és aportada pels usuaris. Es considera que les aportacions públiques a fons perdut necessàries per a dur a terme la transformació són retornades degudament mitjançant el sistema impositiu que grava l'augment de valor dels béns immobles, el valor afegit més elevat de les produccions i els increments corresponents de renda i patrimoni.

3.2. *Normalització de la dotació d'aigua en regadius consolidats*

La millor manera d'obtenir resultats immediats és incrementar els cabals en regs en funcionament i de baixa dotació. L'augment de la concessió d'aigua a agricultors experimentats en reg permet un increment de productivitat immediata, ja sigui ampliant la superfície destinada a conreus d'estiu (blat de moro, gira-sol, etc.), o bàsicament intensificant les produccions existents. La construcció d'embassaments (Rialb, Margalef, Sant Martí de Tous...) permetrà l'augment dels cabals de les seves zones regables i ampliar les superfícies confinants. Per això en determinats casos caldrà adequar la xarxa existent als possibles augments de cabal. Les inversions fetes en regatges tradicionals són rendibles immediatament a través de comunitats de regants organitzades, amb una tradició i vocació de treball col·lectiu.

El reg de suport, que s'ha iniciat a les Garrigues i s'ha anat completant en altres zones d'acord amb les disponibilitats d'aigua, és un nou model específic de Catalunya per al desenvolupament en un àmbit territorial important. Representa un canvi notable de concepte en acceptar uns costos elevats d'impulsió per a una dotació d'un cabal mínim per unitat de superfície. L'aplicació d'aigua en condicions de baixa intensitat és de 1.500 m³/ha i es va iniciar a les Garri-

gues per a poder mantenir una població i uns conreus amb limitacions productives degudes a la irregularitat de les pluges. No comporta cap canvi de conreu, les necessitats de canvi són minses i s'apliquen en un cultiu de valor elevat per unitat de producte, l'oli, i en què l'aportació assegura la producció anual i, per tant, la sedentarització dels cultivadors actuals. L'objectiu es resumeix a evitar la desertització i mantenir un producte apreciat per la seva qualitat i protegit per una denominació d'origen.

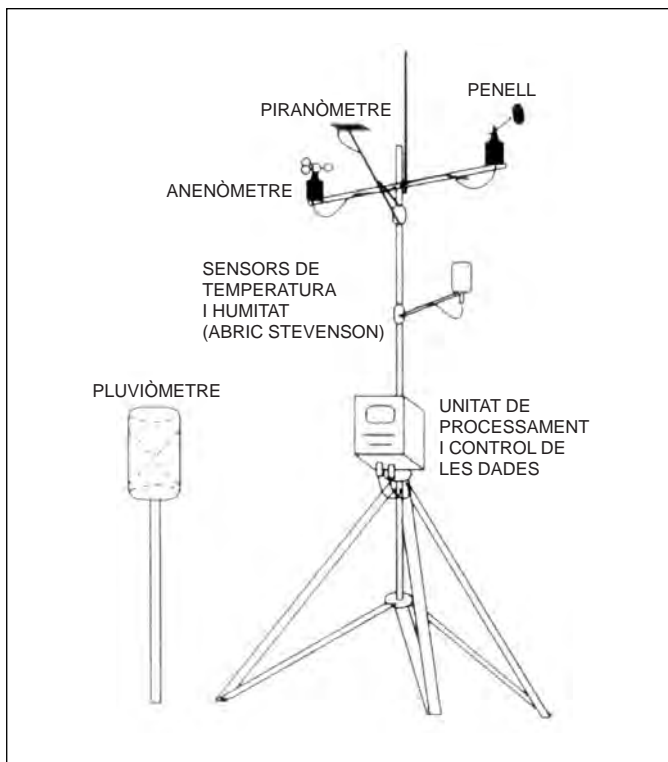


FIGURA 9

3.3. *La millora dels sistemes de regadiu per a l'estalvi i l'optimització de l'aigua*

3.3.1. El mapa de sòls de Catalunya

Per a aconseguir una òptima eficiència de l'aigua, s'ha de conèixer, en primer lloc, les característiques del sòl, a fi de definir l'interval entre regs i la quantitat d'aigua que cal aplicar en cada reg, d'acord amb els problemes col·laterals que podria implicar una posada en reg en casos concrets de patologia de sòls. Actualment, es disposa de l'estudi edafològic de totes les noves zones de reg. El coneixement de l'interval entre regs i el seu volum són a la base d'un bon disseny de reg, que permeti assegurar l'ús de l'aigua a la demanda i un ús eficient.

3.3.2. Xarxa agrometeorològica de Catalunya

Actualment, es disposa de vuitanta estacions agrometeorològiques tipus Campbell, que estan connectades a la xarxa del Servei i són consultables al servidor d'Internet del Departament d'Agricultura, Ramaderia i Pesca. L'objectiu seria situar una o diverses estacions agrometeorològiques a cada zona de reg; d'aquesta manera la comunitat de regants podrà donar un avís de reg adaptat a les característiques de cada zona en cada moment. Actualment s'ha complementat la xarxa amb la seva integració al Servei de Meteorologia del Departament de Medi Ambient.

3.3.3. El programa de regs

La necessitat d'aigua de la planta varia d'acord amb la variació climàtica i la tipologia de cada sòl i es pot calcular

automàticament mitjançant el programa PACREG, elaborat pel Servei d'Agricultura. Per a calcular l'evapotranspiració s'utilitza la fórmula de Penman, que a partir de la radiació neta defineix la quantitat d'aigua que necessita una parcel·la determinada en relació amb un cultiu patró de Ray Grass. L'ETP es defineix en mm/m², que correspon a 10 m³/ha. Usualment es valora el balanç hídric de cada parcel·la per tal d'aplicar l'aigua en el moment idoni.

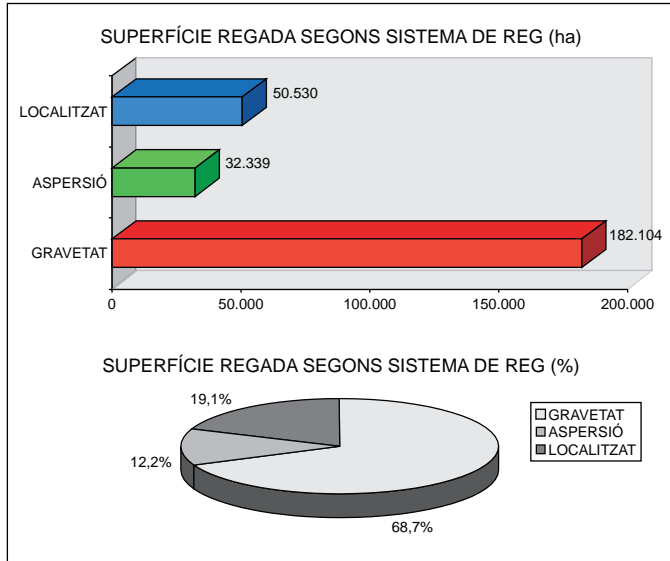
3.3.4. Les comunitats de regants

Són corporacions de dret públic que tenen com a missió gestionar l'aigua a un cost mínim. Per això tenen interès a incrementar l'eficiència d'un recurs escàs amb un preu determinat. Cada vegada més, les comunitats de regants estan definint una política de costos diferenciada de les despeses. Les generals es recapten mitjançant una quota per unitat de superfície, i les directes, mitjançant un preu d'acord amb l'aigua consumida o disponible per unitat de superfície.

A les zones de captació per elevació, el cost de l'aigua pot variar entre les 3 i les 10 PTA/m³, segons l'alçada. L'aplicació d'un preu unitari al consum d'aigua ens porta inevitablement a l'estalvi, conjuntament amb una sèrie de mesures tècnicament aplicades. Així mateix, el diferent cost d'energia segons l'horari de consum obliga a disposar de comptadors de consum amb diferenciació horària, que a la vegada permet facturar directament el consum segons la situació i controlar permanentment el comportament de la xarxa, fet que dona llibertat total a l'accés de l'aigua per a regar.

3.3.5. El sistema de reg a pressió

D'altra banda, dins de cada explotació o grups d'explotacions es pot implantar un sistema automatitzat que aporti l'aigua i els fertilitzants que la planta necessita en cada moment, a poc a poc.



172

FIGURA 10. Superfície regada segons el sistema de reg.

L'any 1617, fra Miquel Agustí ja defensava una cultura de l'aigua i aconsellava que «no s'han de regar les plantes amb molt fúria d'aigua, sinó quan tindran set, les regarem a poc a poc com si la terra anés mamant» (Agustí, 1988).

Aquesta proposta tecnològica es pot complementar, en zones molt concretes, amb un sistema d'avis contra gelades, que permet utilitzar el reg per aspersió com una eina adequada per a defensar la planta contra gelades primave-

als. Una vegada més es destaca conceptualment l'aportació d'energia que es fa a peu de parcel·la i que es transforma en fruits o bé en elements de distribució d'adobs, pesticides o de moviment de maquinària de regs. La proposta del disseny del sistema de reg pretén ser una resposta actual per a millorar la competitivitat del camp català. Els regadius tradicionals, que se situen en les plataformes fluvials dels grans rius, representen una superfície de 100.000 ha, i disposen d'una dotació d'aigua abundant que és distribuïda per una infraestructura de sèquies molt antiga, millorades al llarg dels anys.

TAULA 2. *Sistemes de regadiu*

<i>Reg tradicional</i>	<i>Eficiència %</i>	<i>Reg a pressió</i>	<i>Eficiència %</i>
Regulació inadequada	30	Regulació òptima	90
Transport: canal de terra	30	Transport: canal impermeable	92
Torns de reg	70	Reg a intervals curts	90
Reg a tesa	60	Microirrigació	85
Reg tradicional en el cas pitjor	23	Eficiència de reg a pressió	64

Conjuntament amb totes aquestes comunitats de regants, es planteja una actuació integral per a revestir els canals principals, a fi d'evitar possibles pèrdues i facilitar les tasques de conservació i neteja i estudiar-ne l'adaptació a un esquema de pressió. Es proposa també encanonar les sèquies secundàries, per a facilitar la comunicació entre finques. A la taula 2 es comparen dues situacions teòriques que demostren les possibilitats de millora de regs.

Si volem comparar aquesta taula amb l'eficiència del consum d'aigua per a ús domèstic, s'hauria d'analitzar el consum actual amb les potencialitats d'estalvi, que signifiquen que l'eficiència real domèstica és d'un 20 a un 30 % a partir de la connexió de cada habitatge. L'eficiència en l'àmbit del consum urbà és molt baixa. A més, per a comparar-la en les mateixes condicions, s'hi haurien d'afegir les pèrdues

degudes a la regulació, el transport, la distribució i la connexió a cada habitatge.

El reg de suport ha estat un dels esforços pioners en la definició d'una nova tecnologia integrada a tota la cadena productiva, que permet superar la lluita permanent contra la manca d'aigua dels conreus. La recerca, la transferència tecnològica i la realització de les obres han actuat conjuntament per a millorar zones deprimides.

3.4. *Racionalitzar l'ús de l'aigua*

La necessitat d'aprofitar al màxim l'aigua que es destina al reg exigeix dissenyar un sistema de regatge adaptat a la zona que es vol transformar. Prèviament a la definició del projecte que distribuirà l'aigua s'han de conèixer les necessitats d'aigua segons el tipus de sòl, de clima i dels possibles cultius. La transformació en regadiu del sòl situat a la Depressió Central requereix una dotació d'aigua que oscil·la entre els 0,6 l/s i 1 l/s per hectàrea segons que el cultiu sigui de cereal o de fruiters. Per a obtenir un òptim aprofitament de l'aigua, caldrà disposar d'equipaments de distribució adequats als cabals disponibles i a l'estructura de les explotacions agràries. El reg a pressió (localitzat, aspersió) és l'única alternativa de distribució d'aigua viable en una agricultura moderna, per la necessitat de complir les condicions d'estalvi d'aigua.

En un reg a tesa, l'eficiència és del 60 %, en un reg per aspersió és del 80 % i en un reg per microaspersió per degoteig, del 85-90 %. L'aigua, a Catalunya, és un recurs escàs que cal estalviar. Les infraestructures de reg són cares. L'ús eficient de l'aigua permet, amb un mateix cabal i amb una infraestructura similar d'elevació i transport, regar més superfície amb un cost menor per unitat de superfície.

El reg a pressió estalvia feina. En una zona regable

amb baixa dotació d'aigua, el cost de regar a tesa és elevat, ja que requereix una dedicació important de temps. El reg a pressió permet automatitzar totalment el sistema. És energia a peu de finca, ja que aporta a peu de finca un cabal suficient a la pressió predeterminada per a permetre utilitzar-la com a font d'energia per a diverses tasques agrícoles (fertilitzar, sulfatar i accionar els aparells de reg) i automatitzar el sistema. El reg a pressió estalvia terra. En efecte, en cas d'escollir un reg a tesa, es necessiten inversions costoses per a anivellar el sòl. No és recomanable des d'un punt de vista edafològic, i cal fer moviment de terres que, segons la configuració, provoca pèrdues importants de sòl productiu (2-5 %).

El subministrament a demanda permet regar en el moment que la planta ho necessita i no quan el torn de reg ho exigeix, i millora les possibilitats de tecnificació. El reg a pressió permet donar l'aigua en el moment oportú, d'acord amb cada tipus de sòl i segons les exigències del clima. Això ens obliga a fer necessàriament els estudis edafològics adequats i a instal·lar els sistemes d'*avis de reg* necessaris per a donar el consell pertinent i optimitzar-ne els resultats. El reg a pressió permet controlar l'assimilació de l'aigua a les plantes, fet que millora la uniformitat i la dosificació.

En casos de situacions extremes, es pot reduir el consum als límits estrictament necessaris, i incorporar al reg fertilitzants i altres productes solubles. L'impacte mediambiental és reduït. Els canals de reg trossegen el territori, creen obstacles al desenvolupament normal de la fauna i de les activitats agrícoles, i zones diferencials que no existien. El reg a pressió és invisible, no exigeix canvis en el paisatge i s'adapta a qualsevol circumstància, fet que provoca canvis positius en sistemes edafoclimàtics degradats. Des d'un punt de vista econòmic, es redueix el cost d'anivellament i de conservació del sòl i augmenta la capacitat d'absorció de purins.

3.5. *La millora de la regulació dins els sistemes de reg*

El règim hídric característic de les zones mediterrànies; amb una distribució molt irregular de les pluges, amb uns cursos fluvials sotmesos a forts estiatges i amb una demanda d'aigua de reg que es concentra en uns pocs mesos del any, fa necessari fer uns grans esforços financers per a regular els rius. D'altra banda, ja dins de la zona regable i d'acord amb els sistemes de reg que volen afavorir l'ús d'energies d'elevació menys costoses (en hores vall) i l'aplicació en un horari que permeti el màxim estalvi de l'aigua, obliga a disposar de sistemes de regulació propis (basses, dipòsits...) en l'àmbit de cada zona o explotació.

La regulació interna de cada comunitat de regants o dels mateixos agricultors permet suavitzar els dèficits estacionals que sovint pateixen diverses zones de reg. La millora de la regulació als diferents nivells serà una prioritat d'actuació en el programa de millora de regs tradicionals. En el projecte del canal Segarra-Garrigues s'ha potenciat la capacitat de regulació del sistema, fet que en permet l'optimització, considerant els importants estalvis en infraestructura i en la gestió posterior.

3.6. *La millora de l'eficiència: «Qui no estalvia la llenya (energia) i l'aigua no val gaire»*

Els vells adagis sempre tenen raó, són el resultat de l'experiència. El reg a pressió s'adapta perfectament a l'estructura de l'explotació. La introducció d'una innovació productiva cal que s'adapti a l'explotació, i facilita la concentració parcel·lària, que baixa els costos de les connexions un 20 %. El reg per degoteig amplia el camp d'acció de la tecnologia, apropa l'aigua a les arrels i permet un creixement més con-

venient, ja que individualitza l'aportació d'aigua, planta per planta, i evita el creixement de les males herbes. L'Estació de Maquinària Agrícola de Lleida realitza l'homologació del material de reg i permet divulgar la qualitat dels diferents sistemes d'aplicació, i evita l'ús de material inadequat. En resum, permet millorar les prestacions de l'aigua com a element bàsic del creixement de la planta.



177

FIGURA 11. *Conducció d'aigua.*

Tot això solament és possible per la reducció de costos, substituint mà d'obra per capital, invertint en unes eines adequades i sobretot en una formació especialitzada de l'empresari o del tècnic responsable de l'obra. El profund canvi tecnològic i d'estructures agràries del reg a pressió necessita una estructura determinada que permeti d'abaratir els costos. La necessitat d'aplicar inversions baixes per unitat de superfície obliga a maximitzar la superfície en què s'aplica un element de reg. La reforma parcel·lària més important, allà on el terreny ho permet, és definida pel reg. En resum, un nou regatge que subministra pressió a peu de parcel·la fa que no es necessita fer cap actuació addicional al sòl, i aprofita els perfils naturals i els sòls de poca profunditat, que exigeixen regs freqüents i poc abundants. El reg a pressió és molt flexible i pràcticament s'adapta a qualsevol situació. En les zones transformades s'observa un augment de les transaccions fundàries que permeten consolidar noves explotacions de dimensió suficient.

3.7. *L'aprofitament de les aigües residuals com a alternativa*

L'aprofitament de recursos no convencionals d'aigua per a regadiu es basa prioritàriament en la reutilització d'aigües de depuració, en redueix els costos i evita que es reintrodueixin als sistemes naturals. A Catalunya la construcció de diverses obres de reutilització de cabals procedents de depuradora (el Molinet-Reus, Gavà o Castelló d'Empúries) ha demostrat la viabilitat d'aquestes actuacions per a millorar els recursos hidràulics, i s'han aconseguit recursos *addicionals*. La regeneració de l'aigua residual presenta, segons Mujeriego, diversos avantatges, dels quals es pot destacar:

- 1) Estalvi energètic.
- 2) Disminució dels costos d'abocament de l'aigua residual.
- 3) Aprofitament dels elements nutritius que conté l'aigua, que els conreus assimilien.
- 5) Disminució dels costos de les instal·lacions de tractament.
- 6) En canvi, el reg amb l'aigua residual pot exigir el compliment d'uns certs condicionats.
- 7) Canvi en les espècies vegetals.
- 8) Modificació de les dosis de fertilitzants.
- 9) Remodelació del sistema de reg.
- 10) Adopció d'una sèrie de mesures per a protegir els agricultors i la salut dels consumidors.

La Direcció General de Salut Pública ha elaborat unes normes per a la reutilització de les aigües depurades que es poden consultar al web del Departament de Sanitat i Seguretat Social (<<http://www.gencat.es/sanitat>>).

En una zona urbanitzada, com és la franja litoral de Catalunya, la utilització de les aigües residuals pot representar una alternativa econòmica per als costos de depuració de l'aigua, afavorir la inversió en les infraestructures de reg i definir una vegada més la simbiosi entre camp i ciutat. Cal considerar que a la gran àrea metropolitana, que coincideix amb la zona actualment en procés de subministrament per la companyia ATLL, el volum de consum d'aigua, tenint en compte les demandes futures, se situa al voltant dels 500 hm³ i per tant la producció d'aigües residuals s'aproparà als 400 hm³. La llunyania entre les possibles zones de regadiu i la localització de les aigües residuals dificulten l'inici dels estudis que tard o d'hora s'hauran d'aprofundir. En tot cas hi ha possibles actuacions concretes que poden donar resultats positius, com ja s'havia iniciat en la proposta de reutilització de les aigües residuals de Tarragona.

3.8. *Valoració econòmica de l'aigua de reg*

L'aigua és un recurs escàs que ha estat sempre objecte d'una valoració especial que supera l'estrictament econòmica: «La introducció de les noves tecnologies de reg localitzat pot representar un canvi en la productivitat de l'agricultura, de la mateixa magnitud que va representar per a la indústria la revolució indústria del segle XVIII» (Caballer, 1998).

D'altra banda, el mateix Ministeri de Medi Ambient proposa acceptar l'aportació al mercat dels drets d'extracció d'aigua i, seguint el mateix camí, s'elaboren propostes per a introduir «la planificació tècnica de necessitats d'aigua d'Espanya, amb la possibilitat d'establir un mercat integrat de l'aigua» (Vergés, 1988). En els regadius del delta del Ebre es fan inversions per millorar la gestió i l'estalvi de l'aigua, que es destina a altres usos. Hi ha també propostes per a «igualar els preus entre usuaris i zones» (Vergés, 1988) o fins i tot «establir un preu únic de l'aigua a tot l'Estat» (Pérez, 1996).

El problema dels costos de l'aigua és molt divers, complex i variat; el debat tot just ha començat, però en tot cas ha de ser considerat per a cada cas concret. En l'àmbit de Catalunya, en les darreres transformacions en regadiu, els costos poden variar entre 50 PTA/m³ (35 PTA/m³ d'energia, gestió i manteniment, i la resta d'amortització) per als regs de suport de les Garrigues amb aportacions de 1.500 m³/ha i any, fins a les 16 PTA/m³ per al canal Algerri-Balaguer (6 PTA/m³ d'energia, gestió i manteniment), amb dotacions de 6.000 m³/ha/any. Sovint quan es fan comparacions entre costos s'obliden l'amortització i el manteniment de les instal·lacions interiors de la parcel·la: «El cost dispost a pagar per a l'agricultor disminueix en la mesura que augmenta el volum de l'aigua emprada; ja que disminueix la productivitat marginal. I augmenta amb el preu del producte de la collita, perquè el preu incideix directament amb l'ingrés marginal» (Caballer, 1998).

Un altre concepte que en l'agricultura es té molt clar és que una transformació en regadiu comporta un augment automàtic de la dimensió de l'empresa agrària. Això repercuteix, complementat amb la concentració parcel·lària, en l'augment de productivitat del treball i la disminució de les despeses generals per unitat produïda, i per tant genera una plusvàlua patrimonial que permet aplicar al finançament dels costos de transformació. En el cas urbà passa el mateix. El cost de la xarxa d'abastament forma part del patrimoni urbà. En podríem dir *despeses d'urbanització*, que s'incorporarien al valor de l'habitatge o del polígon industrial i potser fins i tot generarien plusvàlues del sòl. En tot cas és evident que les obres s'han d'amortitzar, però la millor rendibilitat de l'explotació permet assumir les despeses que comporta.

Sempre s'han de tenir en compte els beneficis addicionals per a l'equilibri territorial: «També es necessari considerar els mèrits relatius de la transformació en regadiu amb els projectes que, gastant el mateix capital puguin donar els mateixos efectes secundaris, com pot ser fixar la població en temps d'atur» (Pérez, 1996). En un estudi ja clàssic, *Els límits del creixement* (Meadows, 1972), es planteja amb cruesa la necessitat de les transformacions en regadiu per a evitar «obrir noves terres al cultiu que resulta antieconòmic. Ens enfrontem a un problema social exacerbada per una limitació física».

181

3.9. *La millora de l'estructura productiva: la concentració parcel·lària*

La innovació tecnològica que representa la transformació en regadiu requereix, a més de la concentració parcel·lària, l'adequació de les altres infraestructures rurals. Sovint, l'existència de camins d'accés a les parcel·les és molt reduïda,

per la necessitat d'aprofitar al màxim la superfície conreable, i provoca una sèrie de litigis a causa de la necessitat de respectar les servituds de pas per al cultiu de les finques. Així mateix, cal reposar la xarxa tradicional de drenatges que, per la manca de guarets que laminaven l'aigua de pluja i la profunditat de les llaurades, s'han anat colgant, amb greus problemes els dies de *pluges torrencials*.

L'objectiu és dissenyar, paral·lelament a la xarxa de canonades, la xarxa de camins, drenatges i les obres complementàries que permetin d'establir una estructura de futur de la zona. No es tracta solament de distribuir aigua, sinó de crear una estructura perdurable en el futur. Una transformació en regadiu significa no solament aportar aigua a una finca agrícola, sinó a més adequar una estructura modelada durant molts anys per a cultius de secà, i una estructura de reg definida per unes noves tecnologies d'aportació d'aigua que requereixen unes dimensions adaptades al sistema escollit. El sistema de *pivot* pot regar, a partir d'un sol hidrant, un radi de 500 m. Per això seria ideal disposar de finques regulars amb una superfície de 90 a 100 ha. No obstant això, el mercat proporciona material adaptat a cada tipus de parcel·la, encara que finalment representa un cost més elevat per unitat de superfície. D'altra banda, el cost de la xarxa de canonades secundàries s'incrementa d'acord amb la densitat de la xarxa necessària per a subministrar a cada una de les parcel·les. S'adjunten uns mapes dels parcel·laris previs i actuals del terme municipal d'Algerri, on es destaca visualment, sense necessitat de comentaris, l'obligació tècnica de fer la concentració per a optimitzar la transformació en reg (figures 14 i 15).

4. NOVES PROPOSTES D'ACTUACIÓ

4.1. *Millora del sistema: estalvi d'aigua i execució dels projectes històrics*

Les dades de què disposem provenen del Pla de Regatges del DARP, el Pla Hidrològic del Ministeri de Medi Ambient i les estadístiques de producció elaborades anualment pel Gabinet Tècnic del DARP.

A partir d'aquests documents s'ha confeccionat el quadre que s'adjunta en annex. Es recomana actualitzar els registres de regants a partir del registre d'explotacions i de les dades cadastrals, per a determinar exactament les dotacions disponibles i les necessàries a peu de parcel·la, d'acord amb la demanda de cada tipus de conreu, i facilitar la regulació dels cabals. Qualsevol programa d'estalvi i optimització dels recursos ha de partir d'una actualització de les bases estadístiques, i les comunitats de regants són el protagonista principal.

183

TAULA 3. *Estudis previs al Pla Hidrològic*

<i>Sistema</i>	<i>Superfície 1992 (ha)</i>	<i>Dotació m³/ha</i>	<i>Consum hm³</i>	<i>Superfície 2012 (ha)</i>	<i>Dotació m³/ha</i>	<i>Consum hm³</i>
Total nord	26.524	7.350	195	38.000	7.740	294
Total centre	17.828	5.610	100	17.828	5.610	100
Sistema sud	19.602	3.775	74	19.602	4.847	95
Montsià	548	6.000	3	600	8.200	5
Segre/Pallaresa	102.892	7.940	817	150.592	7.460	1.123
Ciurana	3.654	4.525	17	4.113	4.525	19
Ebre (baix)	27.860	20.000	557	81.860	8.570	702
Total	198.908	8.863	1.763	312.595	7.478	2.338

Un dels objectius és el manteniment permanent del balanç hídric entre la necessitat dels conreus i la disponibilitat de recursos. Els estudis previs al Pla Hidrològic proposaven unes noves superfícies per a transformar en regadiu que

representaven un augment del consum d'aigua agrícola situat al voltant dels 600 hm³. Les superfícies per a transformar s'apropen a les ja proposades el 1935 al Pla Hidrològic de la Generalitat de Catalunya, que complementava les dotacions concedides i aprofitava els recursos existents a la zona d'acord amb una sèrie de projectes de regulació.

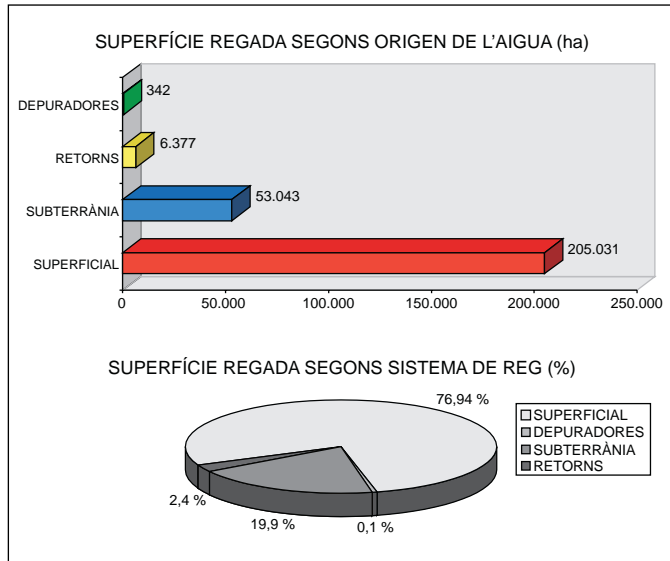


FIGURA 12. Superfície regada segons l'origen de l'aigua i el sistema de reg.

4.2. Optimització del reg amb aigües d'origen subterrani

La superfície regada de Catalunya se situa al voltant de les 250.000 ha, unes 200.000 de les quals provenen de captacions superficials i unes 50.000 (20 %) són d'origen subterrani. Tot això complementat amb petites dotacions de retorns procedents dels mateixos drenatges de les zones de regadiu

(2,4 %) i d'aigua de depuradora (0,1 %). La creació de comunitats d'usuaris, de regants, d'ús industrial i domèstic, per a cada freàtic, permetrà actuar conjuntament per a gestionar els cabals, la conservació de la qualitat de les aigües i evitar en determinats casos el risc de salinització.

4.3. *Una acció territorial específica a la Depressió Central i a les Terres de l'Ebre*

Per demarcacions, les comarques de Lleida, amb que tenen 135.000 ha de regadiu, representen prop del 56 % del total regat a Catalunya. Les Terres de l'Ebre i el Camp de Tarragona les segueixen, amb unes 65.000 ha. A Girona, es reguen

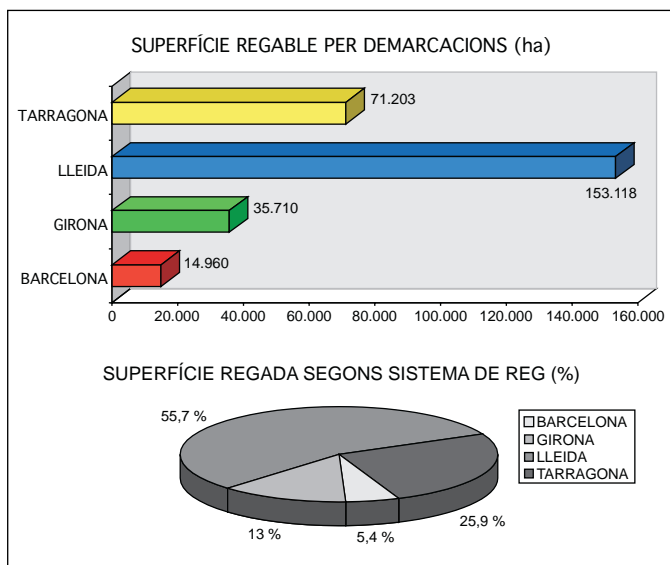


FIGURA 13. *Superfície regable per demarcacions i superfície regada segons el sistema de reg.*

unes 30.000 ha i a les comarques de Barcelona, unes 16.000 ha. Les noves propostes de transformació en regadiu se situen bàsicament en la conca de l'Ebre, amb una proposta de desenvolupament integral per a mantenir l'equilibri territorial de Catalunya. L'aigua és molt més que un factor de producció o que un recurs escàs; l'aigua és fonamentalment un actiu social de caràcter bàsic: sense aigua no hi ha vida (Aguilera, 1995). El Servei d'Estudis del Banco Urquijo, dirigit per Trias Fargas, va elaborar un excel·lent treball sobre l'aigua a Catalunya, «El agua, recurso natural escaso», on recollia el potencial dels regadius de Lleida d'acord amb la planificació prevista en els projectes ja publicats.

4.4. *Una adaptació dels conreus a les condicions i al mercat*

186

Els tres factors que fan evolucionar la posada en producció de les terres de regadiu són els preus dels productes i l'evolució de la demanda, la política de subvencions de la PAC i les estructures de producció. En la mesura que es millora la disponibilitat de l'aigua, es tendeix a conreus més intensius i més exigents. En tot cas, caldrà avaluar les possibles alternatives als conreus existents, tot tenint en compte la demanda de productes alimentaris, la PAC, la seva evolució i els efectes que aquest canvi pot generar. La superfície d'horta tradicional estava situada en les millors terres de conreu properes a les ciutats, i s'ha vist reduïda pel creixement urbanístic i les afectacions de les infraestructures. Disposa de moltes possibilitats de creixement, ja que va molt lligada a l'ocupació, a la demanda i al potencial d'exportació. L'activitat de fruita es manté especialment per un fort augment de la superfície dels cítrics en un mercat de consum europeu ascendent.

El reg de suport és un dels elements més dinàmics pels re-

lativament baixos costos d'implantació, en relació amb els augments de collita aconseguits. La proposta és augmentar la participació del 70 % actual del regadiu a la producció final agrícola de Catalunya, fins al 92 % quan s'acabi tot el programa.

4.5. *La concentració parcel·lària*

Les actuacions en matèria de concentració parcel·lària es van desenvolupar al nord d'Europa de forma paral·lela amb les



FIGURA 14. *Concentració parcel·lària al canal Algerri-Balaguer a la zona d'Albesa abans de la concentració.*

reformes agràries del començament del segle XX, partint d'experiències del final del segle anterior. El Codi civil ja va acceptar el concepte instituint el retracte de zones confinants per a anar augmentant la dimensió física i econòmica de les finques. L'objectiu era facilitar l'aglebament de parcel·les per a utilitzar els nous mitjans mecànics de producció. La pràctica de prop de cent anys a Europa ha consolidat un mètode de treball que es va confirmar a la Llei de reforma i desenvolupament agrari.

En algun país europeu, on les actuacions van

188

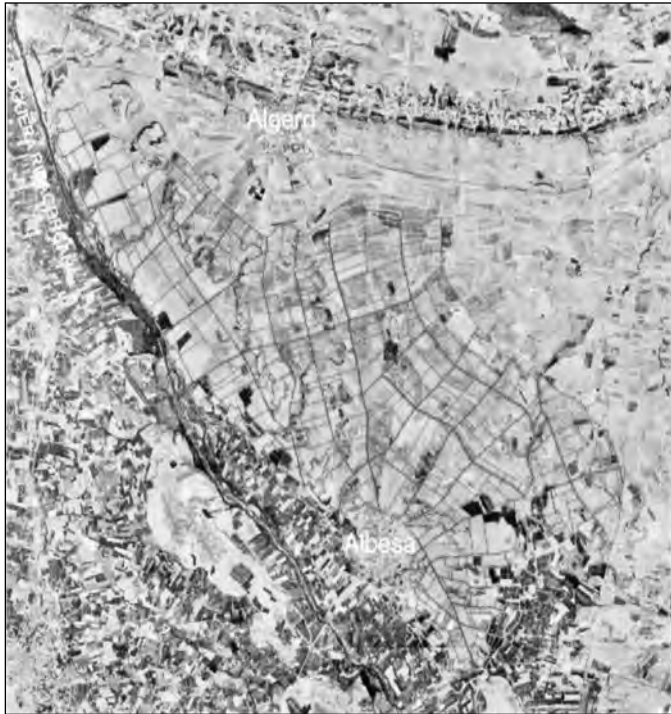


FIGURA 15. Concentració parcel·lària al canal Algerri-Balaguer a la zona d'Albese després de la concentració.

començar al final del segle XIX ja s'han aplicat en més del 30 % de la superfície agrícola útil. Alguna vegada ja s'han tornat a repetir concentracions per a anar adequant les estructures fundàries a les noves necessitats del conreu. A Catalunya, per la institució de l'hereu, la urgència era menor. La vall d'en Bas va ser l'únic exemple, modèlic, d'actuació. A partir dels nous projectes de regadiu, s'inclou la necessitat de concentració parcel·lària com una pràctica del tot necessària per a minimitzar les despeses de construcció d'infraestructures.

El projecte del canal Algerri-Balaguer n'és una actuació pionera que serveix d'exemple a les noves propostes d'actuació i és un nou model de referència. Les actuacions de concentració parcel·lària inclouen l'actualització de les infraestructures: camins, drenatges, les actuacions necessàries per salvaguardar el medi natural i la correcció de rieres. Els costos són importants, i són assumits per l'Administració; a França, els propietaris hi participen en un 20 %. La sol·licitud de la majoria relativa (superfície i/o propietaris) són les condicions exigides normalment. La concentració parcel·lària realitzada paral·lelament a les grans obres públiques que afecten l'estructura de les finques pot representar un estalvi important per a l'entitat expropiadora, tot minimitzant-ne l'impacte agrari.

189

4.6. *Els actors socials i la cultura de l'aigua*

Un dels aspectes que la legislació vigent i les actuacions hidràuliques havien oblidat és l'opinió dels actors socials: els vells regants, els nous regants, els altres consumidors d'aigua, i la dels nous condicionants ecològics, cada vegada necessàriament més exigents.

En la creació dels nous regadius es té en compte la

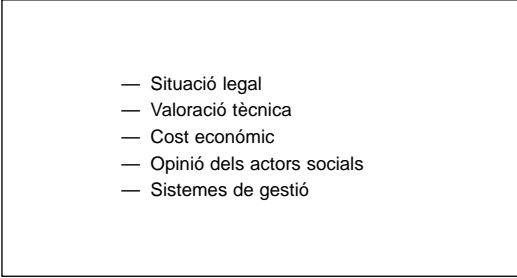
- 
- Situació legal
 - Valoració tècnica
 - Cost econòmic
 - Opinió dels actors socials
 - Sistemes de gestió

FIGURA 16. *Conceptes que cal tenir en compte en una actuació de regadiu.*

190

capacitat d'assumir una nova cultura de l'aigua: l'*animus regandi*, que cal demostrar, que cal formar i que cal desenvolupar de forma constant. La majoria de recs de Catalunya han estat inclosos en projectes successius, molts ja des del segle XIX o fins i tot abans, i per això s'ha anat formant un nucli d'opinió favorable i s'han anticipat sovint algunes inversions d'estructura. No cal oblidar que estem parlant d'explotacions agràries que cal adequar, en què cal preveure inversions i, sobretot, profunds canvis de conreu. Els pagesos són els veritables actors de la transformació dels regadius, i cal que participin en la presa de decisions.

En un interessant estudi de Víctor Pérez Díaz (1996), publicat pel Círculo de Empresarios, es recomana augmentar la participació i la responsabilitat dels actors interessats. No ens podem quedar ancorats en l'anàlisi de concessions, de la valoració tècnica i del cost econòmic, també cal tenir en compte l'opinió de tots els actors socials de cada zona de referència. Així potser s'entenen millor les tradicionals *guerres de l'aigua* en el medi rural i les més noves a la ciutat. Finalment cal destacar que la producció agrícola de regadiu ja s'ha enfrontat a un greu problema, en cas de sequera, de prioritat pel consum urbà sobre l'agrari, ja que comporta

incerteses en la continuïtat de l'empresa agrària. En aquest cas és quan es planteja la necessitat d'ajudar, de forma extraordinària i amb criteris de solidaritat, els sectors cedents d'aigua per a mantenir l'activitat fins a retornar a l'equilibri. Cal recordar que la producció agrària i el medi natural són els veritables consumidors d'aigua. Un estudi recent de l'àrea metropolitana situava el consum domèstic d'aigua per a boca en el 2 %. En l'àmbit urbà, l'aigua, a part d'usar-se per a la refrigeració industrial, és un mer vehicle de residus de deixalles que cal depurar posteriorment. L'agricultura o el medi natural són els veritables transformadors de l'aigua i de l'energia solar en forma de biomassa. Per això es dóna una importància especial a les zones humides, les més *productives* del medi natural.

Cal considerar també que la transformació en regadiu,

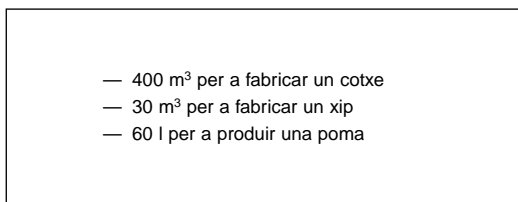


FIGURA 17. *Necessitats d'aigua.*

per definició, crea un nou medi que cal valorar. Al delta de l'Ebre, per exemple, s'ha substituït un medi costaner per un medi subtropical. Recentment, amb la col·laboració del regants, que inunden les seves parcel·les tot l'any, s'ha ampliat la zona i s'ha generat un nou medi natural (artificial?), en què s'ha valorat la productivitat en espècies aquàtiques. Tot un conjunt de noves mesures productives respectuoses amb el medi, així com l'insubstituïble reg per gravetat, han generat un nou espai al servei del país.

TAULA 4. *Previsions del Pla Hidrològic*

<i>Sistema</i>	<i>Superfície 1992 (ha)</i>	<i>Dotació m³/ha</i>	<i>Superfície 2012 (ha)</i>	<i>Dotació m³/ha</i>
Muga-Fluvià	10.503	6.000	18.000	8.200
Ter	10.740	10.000	15.000	8.200
Tordera	5.281	4.545	5.000	4.500
Total nord	26.524	7.350	38.000	7.740
Besòs-Maresme	8.435	3.912	8.435	3.912
Alt Llobregat	1.812	4.967	1.812	4.967
Anoia	1.197	5.013	1.197	5.013
Llobregat	5.993	8.543	5.993	8.343
Garraf-Foix	391	5.115	391	5.115
Total centre	17.828	5.610	17.828	5.610
Sistema sud	19.602	3.775	19.602	4.847
Montsià (sense Ebre)	548	6.000	600	8.200
Alt Segre	8.604	4.281	8.604	4.281
Segarra-Garrigues			38.000	6.500
Canal d'Urgell	75.000	8.285	75.000	8.923
Garrigues sud			10.000	1.250
Baix Segre	15.951	9.133	15.651	9.133
Noguera Pallaresa	3.337	4.216	3.337	4.216
Segre/Pallaresa	102.892	7.940	150.592	7.460
Sistema Ciurana	3.654	4.525	4.113	4.525
Canals del Delta	27.860	20.000	27.860	20.000
Terra Alta			9.300	2.000
Garrigues sud			23.300	1.250
Xerta-Sénia			16.000	4.500
Aldea-Camarles			5.400	4.500
Total Ebre (baix)	27.860	20.000	81.860	8.570

4.7. *Un esforç en recerca i desenvolupament*

L'Institut de Recerca i Tecnologia Agroalimentària (IRTA) està fent un gran esforç en la recerca per a millorar l'eficiència dels regadius. En els seus centres de recerca i en les estacions experimentals de Cabrils, Lleida, Mas Badia i Mas Bové, s'estan des-

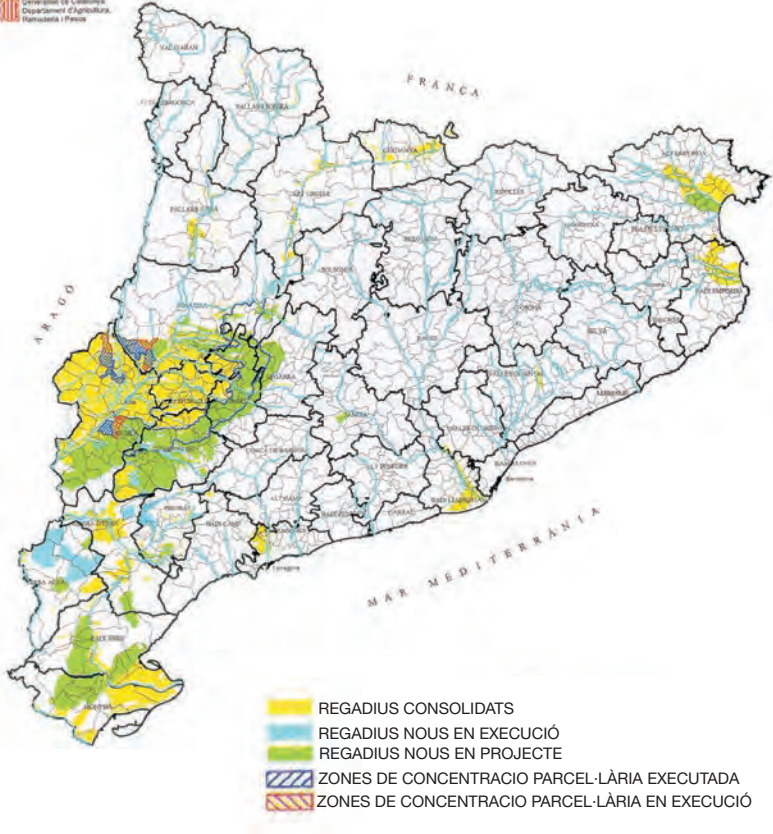


FIGURA 18. Pla de Regadius.

envolupant una colla de programes sobre la millora de l'ús de l'aigua. A partir del gran lisímetre de Mollerussa es calculen les necessitats hídriques de les espècies i varietats locals, que són complementades amb programes de càlcul de requeriments hídrics de les plantes i permeten l'optimització dels regs de fruiters i d'horta mediterrània a cel obert o en hivernacle. S'ha establert una línia específica per als *regs deficitaris controlats* que s'han d'aplicar a les zones de reg de suport. Finalment, s'estan desenvolupant programes específics per a l'ús de l'aigua en restauracions de paisatge i xerojardineria, l'ús sostenible de l'aigua i la utilització òptima del reg preservant el medi ambient.

BIBLIOGRAFIA

194

- ALSINA, C.; FELIU, G.; MARQUET, LL. (1990). *Pesos i mesures dels països catalans*. Barcelona: Curial.
- AGUILERA, F. «El agua como activo económico, social y ambiental» (1995). *El Campo* [Bilbao], núm. 132. [Servicios de Estudios del BBV]
- BALCELLS, A. (1980). *Història dels Països Catalans*. Barcelona: Edhasa.
- BANCO URQUIJO (1969). *Servicio de Estudios*. Madrid: Mone-da y Crédito.
- BRAVO LLEDÓ, P. (1991). *Historia de los regadíos en España (... a.C.- 1931)*. Madrid: Al-Mudayna: Ministeri d'Agricultura.
- CABALLER, V.; GUADALAJARA, N. (1998). *Valoración económica del agua de riego*. Madrid: Mundi-Prensa.
- CARESMAR, J. (1780). *Discurso sobre la Agricultura, Comerç i indústria del Principat de Catalunya*. Junta de Comerç de Barcelona. [Reedició a càrrec d'Altafulla, Barcelona, 1997]
- CLARK, C. (1967). *Economics of irrigation*. Oxford: Pergamon Press.

- DARP (1984). *Pla de Regatges*. Barcelona.
- DARP; UP; JARC; FECAC (2001). *Llibre blanc del sector agrari*. Barcelona.
- DESPUIG, Cristòfol (1996). *Los Col·loquis de la insigne ciutat de Tortosa*. Barcelona: Curial.
- GARRABOU, R. (1974). *Agricultura, comercio colonial y crecimiento economico en la España contemporánea*. Barcelona: Ariel.
- GENERALITAT DE CATALUNYA (1935). *Pla d'Obres Públiques de Catalunya*. Barcelona.
- IDESCAT. *Cens agrari 1982: 1989: 1992*. <<http://www.idescat.es>>
- MEADOWS, D. L. (1972). *Els límits del creixement. Informe del Club de Roma*. Mèxic: Fondo de Cultura Económica.
- MIQUEL AGUSTÍ, fra. *Llibre dels secrets de l'agricultura, la casa rústica i pastoril. 1617*. Barcelona: Altafulla. 1988.
- MUJERIEGO, R. (1990). *Riego con agua residual municipal regenerada*. Barcelona: UPC: Generalitat de Catalunya.
- ORTI ALFONSO (1996). *En torno a Costa*. Madrid: MAPA.
- PÉREZ-DÍAZ, V.; MEZO, J.; ÁLVAREZ-MIRANDA, B. (1996). *Política y economía del agua en España*. Madrid: Círculo de Empresarios.
- ROVIRA ARMENGOL, J. C. [ed.] (1993). *Usatges de Barcelona i Commemoracions de Pere Albert*. Barcelona: Barcino.
- VERGÉS, J. C. (1988). *Una política económica para el agua*. Madrid: Círculo de Empresarios.



SOCIETAT CATALANA
D'ESTUDIS JURÍDICS
L'AIGUA: UNA VISIÓ NORMATIVA,
A CÀRREC DE
JOAN PERDIGÓ,
DE LA UNIVERSITAT
DE BARCELONA

1. INTRODUCCIÓ

El nostre ordenament hidràulic recent està marcat per tres grans fites: la Constitució espanyola de 1978, la Llei d'aigües estatal de 1985 i l'entrada d'Espanya, aquell mateix any, a la Comunitat Econòmica Europea.¹ L'actual procés de debat al voltant del Projecte de Llei del Pla Hidrològic Nacional és conseqüència de la transcendència i dels efectes jurídics, polítics i socials d'aquests tres grans moments històrics.

A més, si no ens deixem endur per l'actualitat del Pla Hidrològic Nacional, els dos darrers anys hi ha hagut importants innovacions normatives en què també caldrà aturar-se, derivades sempre de la gran reforma del nostre dret d'aigües propiciat per la Constitució, la Llei de 1985 i l'ordenament de la Comunitat Europea.

Entre el 1998 i el 2000 la legislació hidràulica ha estat objecte de força modificacions i d'alguna innovació notable, tant a Espanya com a Catalunya, però també a la Unió Europea, que ha endegat una transcendental posada al dia de la política comunitària d'aigües.² En l'àmbit internacional, la celebració l'any passat del II Fòrum Mundial de l'Aigua també ha tingut una repercussió notable.

La Llei d'aigües estatal, la Llei 29/1985, de 2 d'agost, ha estat modificada per la Llei 46/1999, de 13 de desembre. Aquesta modificació va anar precedida, primer, per l'aprova-

1. A. EMBID IRUJO, *Evolución del derecho y de la política del agua en España*, XI Jornadas de Derecho de Aguas, Saragossa, 14-16 de marzo de 2001, de propera publicació a Civitas, Madrid.

2. J. GAYA, *El nou marc de la política de l'aigua*, ponència del seminari tècnic local de la Federació de Municipis de Catalunya, sessió del 7 d'abril de 2000; I. DOÑATE, «La nova ordenació i gestió legal de les aigües al Principat de Catalunya», *Medi Ambient. Tecnologia i Cultura*, revista del Departament de Medi Ambient de la Generalitat, núm. 25 (desembre 1999).

ció dels plans hidrològics de conca,³ pel Reial decret 1664/1998, de 24 de juliol, i després per la publicació pel Ministeri de Medi Ambient del *Llibre blanc de l'aigua*, el desembre de 1998.

A Catalunya, mitjançant la Llei 25/1998, de 31 de desembre, de mesures administratives, fiscals i d'adaptació a l'euro, es va crear primer l'Agència Catalana de l'Aigua, ACA, en què s'han integrat la Junta d'Aigües i la Junta de Sanejament. Posteriorment, es va aprovar la Llei 6/1999, de 12 de juliol, d'ordenació, gestió i tributació de l'aigua, LOGTA.

Pel que fa a la política d'aigües de la Comunitat Europea, durant els darrers anys s'han aprovat dues directives de gran relleu. La Directiva 98/83/CE, de 3 de novembre de 1998, sobre qualitat de les aigües destinades al consum humà, i la Directiva 2000/60/CE, per la qual s'estableix un marc comunitari d'actuació en l'àmbit de la política d'aigües.

D'altra banda, en l'àmbit internacional, no podem deixar d'assenyalar la celebració del II Fòrum Mundial de l'Aigua a l'Haia, del 17 al 22 de març de 2000, l'últim dia de la reunió del qual va coincidir amb el Dia Mundial de l'Aigua, instituït el 1993 per l'Assemblea de les Nacions Unides. Destaquen dos documents presentats en aquest Fòrum: el «Manifest de l'Aigua», presentat per personalitats —Danielle Miterrand, entre aquestes— i experts en representació de diverses ONG, i la «Declaració ministerial sobre la Seguretat de l'Aigua», document final de conclusions i compromisos, signat per més de 100 ministres dels estats presents en aquest II Fòrum Mundial de l'Aigua.

Un nexa d'unió que hom pot trobar entre les conclu-

3. Pel que fa als plans que afecten Catalunya, la normativa del Pla Hidrològic de les Conques Internes de Catalunya es va fer pública per edicte de 16 de març de 1999, DOGC núm. 2895, de 25 de maig de 1999; i la normativa del Pla Hidrològic de la Conca de l'Ebre, per l'Ordre de 13 d'agost de 1999, BOE núm. 222, de 16 de setembre de 1999.

sions del II Fòrum i el procés d'elaboració de la nova Directiva 2000/60/CE sobre la política comunitària d'aigües és l'esmena del Parlament europeu, que afegeix una primera consideració a l'exposició de motius, en què es declara que: «[...] l'aigua no és un bé comercial com els altres, sinó un patrimoni que cal protegir, defensar i tractar com a tal».

2. L'AIGUA I LA SEVA TITULARITAT: BREUS ANTECEDENTS HISTÒRICS

Actualment, quasi tots donem per fet que l'aigua és un bé públic i que, en tot cas, l'aprofitament privat és subjecte a intervenció administrativa. Independentment que, com tot en dret, és susceptible de matisos i de règims transitoris, avui això és efectivament així. Però es tracta d'una situació jurídica ben recent, postconstitucional i conseqüència de la Llei d'aigües, que té poc més de quinze anys.⁴

Un cop establert el caràcter públic d'aquest recurs natural, el que ens preocupa avui sobre l'aigua són factors com la quantitat, la qualitat o el preu, però també la distribució territorial i estacional, la sostenibilitat i el canvi climàtic. Tanmateix, durant segles la gran qüestió de l'aigua va ser la seva propietat; avui ho és encara a molts indrets del món, i és causa de no pocs conflictes.

2.1. *Aigües públiques i aigües privades al dret romà*

El criteri del dret romà per a distingir entre aigües privades i aigües públiques era, senzillament, el de la propietat, pública

4. Les aigües minerals i termals es regeixen, tanmateix, per la legislació de mines.

o privada, de les terres per les quals l'aigua discorria, si es tractava de rius i rieres, o en què l'aigua romania, si es tractava de llacs i llacunes. Tanmateix, hi havia una important excepció que enceta el règim jurídic del domini públic hidràulic, com eren els rius perennes i els grans llacs, considerats públics, en particular quan eren navegables, supòsit en el qual es sobreposava el règim de vies de comunicació.

D'acord amb aquestes regles, eren privades les aigües dels torrents, les aigües pluvials, els canals, les llacunes i els estanys, els pous d'aigua subterrània i les fonts en terres de propietat privada; en canvi, els rius perennes i els grans llacs eren *res publicae* i pertanyents, per tant, al poble representat per la seva organització política. El caràcter públic de les aigües ho era per naturalesa i no li calia l'acte solemne de la *publicatio*. En el règim de les coses públiques, el rius perennes i els grans llacs eren d'ús públic i, per tant, *res extra commercium*; és a dir que, en termes actuals, eren de domini públic i no pas bens patrimonials de l'Administració. A més de ser d'ús públic, l'aigua corrent dels rius perennes era d'ús comú, *res communes omnium*, de la mateixa manera que l'aire o les riberes del mar. Tant les *res publicae* com les *res communes omnium* pertanyien a les *res nullius*, no susceptibles de propietat privada, ja sigui per la seva naturalesa o per raons d'ordre públic.

201

2.2. *El dret d'aigües a l'edat mitjana i l'edat moderna.* *El relleu del dret català*

Durant l'edat mitjana i l'edat moderna, el dret de propietat, en general, i els drets sobre les aigües, en particular, es caracteritzen pels drets reials sobre el *domini eminent* i la *regalia*. Era *domini eminent* del rei tot allò que no era de propietat privada; mentre que la *regalia* era un dret específic del rei

que li permetia disposar de la cosa sense vinculació a un fi concret. En tot cas, tant en un règim com en l'altre, les aigües podien ser cedides pel rei, en propietat o en ús, ja fos de forma gratuïta o onerosa.

Però el dret d'aigües no era uniforme a tot Espanya. A Catalunya i a València les aigües pertanyien al patrimoni reial en règim de domini eminent, mentre que la propietat privada de les aigües era molt limitada. El règim tradicional de les aigües a Catalunya es caracteritzava per l'ús públic de quasi totes les aigües de domini eminent del rei, i per la utilització generalitzada de l'emfiteusi, que permetia l'ús de l'aigua. Hi havia, doncs, un règim d'aigües públiques però accessibles als particulars, mobilitat en l'ús de l'aigua, drets força definits, seguretat en la possessió i pagament d'un cànon que estimulava la utilització efectiva de l'aigua. El sistema va funcionar eficaçment des del punt de vist econòmic, tal com reconeixia la mateixa exposició de motius de la Llei d'aigües de 1866. A l'Aragó, en canvi, i malgrat pertànyer a la mateixa corona, la major part dels cabals d'aigua eren provats de senyors feudals, de l'Església, d'ordres militars o monàstiques, o dels municipis, mentre que els drets de regalia es limitaven als rius importants, que, a l'Aragó i des dels Pirineus fins a l'Ebre, tanmateix, en són uns quants. A Castella, el domini eminent sobre les aigües —en particular, sobre les dels rius navegables— va pertànyer inicialment als reis, encara que es va exercir de forma més laxa i substituïda progressivament pels senyors feudals i eclesiàstics i pels municipis. A les Illes Canàries, la immensa majoria de les aigües van ser de titularitat privada, ja des del primer moment de la conquesta, la qual cosa explica el peculiar règim actual en relació amb el de la Península.

La propietat privada de les aigües, durant l'edat mitjana i l'edat moderna, ja sigui de particulars, senyors feudals, eclesiàstics o d'entitats municipals, s'originava per concessió

del rei o dels senyors feudals, o bé per compravenda, puix que hi havia plena disponibilitat jurídica sobre l'aigua, tant sobre l'ús com sobre la propietat. Els municipis van aconseguir la propietat privada de les aigües del seu territori per mitjà de l'expropiació o bé per la consideració com a béns de propis o patrimonials, qualificació que permetia que el subministrament d'aigua, a la població o a tercers, generés ingressos per al municipi. Tanmateix, en molts municipis les aigües, en particular les de les fonts, es van qualificar de comunals, qualificació que determinava tant l'ús públic i gratuït per part dels veïns, com l'aprofitament oneros quan les aigües comunals eren emprades per tercers.

2.3. *La reforma liberal: la Llei d'aigües de 1866-1879 i el Codi civil*

A partir del segle XVIII, els processos d'industrialització i d'urbanització, així com la necessitat creixent d'aigua a l'agricultura, van propiciar un considerable increment de la demanda d'aigua, que va posar en entredit la rigidesa del règim de regalia i dels drets senyorials, en el marc de la crisi del feudalisme i de l'absolutisme. La reforma liberal del règim jurídic de les aigües s'insereix, doncs, en el marc més ampli de la revolució burgesa, que va comportar l'abolició de la regalia i del domini eminent el rei o del domini directe senyorial, i l'alliberament i l'expansió del domini útil com a ple domini, alliberat del pagament de les rendes o cànon feudals, així com el no-reconeixement o extinció de la propietat comunal.

La supressió del règim jurídic tradicional sobre les aigües s'inicià amb els decrets de les Corts de Cadis de 1811 i de 1813. Pel Decret de 6 d'agost de 1811 es va suprimir el domini eminent del rei i el directe dels senyors sobre les

aigües en que el domini útil corresponia a particulars i que passaven a ser de la seva plena propietat; tanmateix, es mantingueren encara els aprofitaments comunals d'aigües en benefici de la comunitat veïnal. Amb caràcter més general, el Decret de 1811 va acabar definitivament amb el feudalisme com a forma d'organització territorial, la noblesa perd les seves potestats sobres les persones, i el seu poder es redueix a la propietat sobre la terra. Es diu des d'aleshores que els *señores* passaren a ser *señoritos*.

La transformació del domini útil sobre les aigües en un dret de propietat plena va quedar restringida a les aigües subterrànies de pous, fonts o deus, i a les superficials de llacs, llacunes i estanys, situades en terrenys privats, i no es va estendre pas a les aigües superficials dels rius. Aquesta important limitació de la propietat privada sobre les aigües és deguda al pes de la tradició romana dels *flumina perennia*, enfortida sobretot pel seu arrelament a Catalunya, València i les illes Balears, on les aigües dels rius sempre s'havien considerat aigües públiques de l'Estat. Per aquesta raó, per a les aigües derivades dels rius per mitjà de sèquies o altres canalitzacions es va mantenir la distinció entre la titularitat *eminent* de l'Estat, que acabaria conformant el domini públic hidràulic, i els drets reals d'aprofitament, d'emfiteusi o de domini útil sobre les aigües, que evolucionaren cap a la figura de la concessió administrativa actual.

De fet, la reforma de la legislació hidràulica espanyola que representen les lleis de 1866, 1879 i el Codi civil de 1889, s'elabora al mateix temps que s'estan formant els conceptes bàsics del dret administratiu modern i, en particular, una institució de força transcendència com és la de *domini públic*. La Llei d'aigües de 1866 és la primera norma amb rang de llei que estableix la distinció no només entre domini públic i propietat privada, sinó també entre domini públic i propietat patrimonial de les administracions públiques. I encara que no

totes les concessions de domini públic hidràulic resten sotmeses a la clàusula de reversió als noranta-nou anys i s'admeten concessions perpètuas, aquestes no es confonen amb la transmissió de la titularitat estatal o amb la pèrdua de la condició de domini públic, ja que l'Estat manté en tot cas la titularitat sobre l'aigua pública, mentre que el concessionari —ni que sigui a perpetuïtat— només disposa del gaudi d'aquesta aigua per a aprofitaments determinats que no pot modificar lliurement. Les aigües públiques i, en general, els béns de domini públic consoliden llur imprescriptibilitat.

En realitat, les lleis d'aigües de 1866 i 1879 i el mateix Codi civil de 1889 no van fer altra cosa que —prescindint de matisos— generalitzar a tot Espanya el dret d'aigües de Catalunya, València i les illes Balears.⁵ De fet, això és el que l'exposició de motius de la Llei de 1866 ve a dir quan afirma que aquesta Llei parteix de la legislació fins aleshores vigent, sense introduir-hi altres modificacions que les absolutament imprescindibles, i quan manifesta la seva preferència per la legislació d'aigües catalana i valenciana.

La Llei d'aigües de 1866 constitueix, doncs, la consolidació i la codificació del modern dret d'aigües espanyol, sorgit de la reforma liberal. La reforma per la Llei de 1897 no implica cap modificació substancial, sinó una mera redistribució normativa per la qual el règim de les aigües del mar i de les platges es va passar a integrar a la Llei de ports de 7 de maig de 1880. Posteriorment, el règim general de les aigües públiques i privades, així com de les servituds en matèria d'aigües, es va incorporar al Codi civil de 1889, en relació amb el qual la Llei d'aigües de 13 de juny de 1879 va esdevenir una llei especial i sectorial. Per això, hom parla

5. A. GALLEGO ANABITARTE (1986), *El derecho de aguas en España*, MOPU, p. 126 i 317; J. L. MOREU BALLONGA (1996), *Aguas públicas y aguas privadas*, Barcelona, Bosch, p. 141.

indistintament de Llei d'aigües de 1879 o de Llei d'aigües de 1866-1879, tot i que, pel que fa al règim del domini públic i privat cal tenir present el Codi civil. Aquesta legislació es complementà, més tard, amb la Llei d'obres hidràuliques de 7 de juliol de 1911.

3. ELS RECURSOS HIDRÀULICS I LA CONSTITUCIÓ ESPANYOLA DE 1978

La Constitució de 1978 conté tres grans pronunciaments que afectaren ben aviat la política d'aigües a Espanya.

El primer, el trobem a l'article 45 que, per a fer efectiu el dret de tots a gaudir d'un medi ambient adequat i entre els principis de la política econòmica i social, inclou el mandat —adreçat a tots els poders públics, per bé que amb el suport de la solidaritat col·lectiva— de vetllar per la utilització racional de tots els recursos naturals amb el fi de protegir i millorar la qualitat de vida i defensar i restaurar l'ambient. És el que avui traduiríem per *desenvolupament sostenible*, consagrat en els articles 2 i 6 del Tractat de la Comunitat Europea. L'ús de l'aigua, com a recurs natural, queda inserit constitucionalment en les polítiques de protecció del medi.

Més endavant, als articles 128.2 i 132.1, la Constitució autoritza que, per llei, es reservin al sector públic els recursos essencials i, en particular, es declarin determinats béns de domini públic i se'n reguli el règim jurídic.⁶ Sobre la base d'aquests preceptes, la Llei d'aigües de 1985 va declarar, uns anys més tard, el caràcter demanial de totes les aigües continentals.

6. L'article 132.2 de la Constitució només declara expressament de domini públic la zona marítimoterrestre, les platges, el mar territorial i els recursos naturals de la zona econòmica i la plataforma continental.

Finalment, l'organització territorial de l'Estat, sobre la base del principi d'autonomia de les nacionalitats i regions, que es reconeix a l'article 2 i es regula al títol VIII de la Constitució (art. 148-158), té un efecte rellevant sobre el règim competencial de les aigües continentals. D'acord amb l'article 149.1.22n, poden ser de competència de la comunitat autònoma respectiva les aigües que passin per conques que no ultrapassin la comunitat autònoma en què neixen (conques internes o intracomunitàries) i són en tot cas de competència de l'Estat les conques hidrogràfiques que comprenquin més d'una comunitat autònoma o que vessin les aigües en un altre Estat fronterer (conques externes o intercomunitàries).⁷

4. LA LLEI D'AIGÜES DE 1985 I LA SENTÈNCIA DEL TRIBUNAL CONSTITUCIONAL DE 1989

4.1. *L'extensió del domini públic hidràulic i la nova concepció del domini públic*

Una de les principals innovacions de la Llei 29/1985, de 2 d'agost, d'aigües, és la seva declaració de l'extensió del domini públic hidràulic a totes les aigües continentals i, per tant, també al gruix de les aigües que, des de 1811, mantenien històricament el caràcter de domini privat, com eren les aigües subterrànies i les pluvials. La Llei va ser promoguda per Julián Campo Sainz de Rozas, un dels ministres que menys temps va romandre en el primer govern del PSOE.

L'extensió del domini públic hidràulic es basa en el

7. A Catalunya, les conques de l'Ebre, el Xúquer, la Garona, de les rieres que desguassen al mar, el barranc del Codolar i la desembocadura de la Sènia.

triple títol dels articles 45, 128.2 i 132.2 de la Constitució, ja esmentats. Juntament amb aquests títols constitucionals, però clarament en línia amb el mandat d'ús racional dels recursos naturals, la demanialització de totes les aigües continentals es va basar en la unitat natural de tot el cicle hidrològic, que no permet distingir científicament entre aigües superficials i aigües subterrànies.

Més concretament, l'article 2 de la Llei d'aigües de 1985 declara que constitueixen el domini públic hidràulic de l'Estat:

- a) les aigües continentals, tant les superficials com les subterrànies renovables amb independència del temps de renovació,
- b) els cabals de corrents naturals, continus o discontinus,
- c) els llits dels llacs i llacunes, i els dels embassaments superficials en lleres públiques, i
- d) els aqüífers subterranis, a l'efecte dels actes de disposició o d'afecció dels recursos hidràulics.

La Llei 46/1999, de 13 de desembre, de reforma de la Llei de 1985, afegeix les aigües dessalades a les de domini públic. Les aigües minerals i termals es remetent a la seva regulació específica, integrada bàsicament per la Llei 22/1973, de 21 de juliol.

D'altra banda, juntament amb aquesta extensió del domini públic hidràulic i aprofitant l'avinentesa del recurs interposat per determinades comunitats autònomes que qüestionaven que l'Estat pogués demanialitzar totes les aigües d'Espanya, perquè entenien que es tractava d'una competència exclusiva seva, el Tribunal Constitucional, en la Sentència 227/1988, de 29 de novembre, va tenir l'ocasió de proposar una nova concepció de domini públic, ja assenyalat

tanmateix per la doctrina.⁸ El Tribunal Constitucional, quant a la reivindicació de les comunitats autònomes, entén que la declaració de domini públic és competència exclusiva de l'Estat, ja que afecta els drets de propietat i d'empresa de tots els espanyols, però aquesta declaració que fa el legislador estatal no impedeix que les administracions autonòmiques o regionals no puguin exercir les seves competències sobre els béns i els recursos declarats demaniais. En el supòsit de les aigües, aquestes competències regionals s'exerciran en funció que les aigües siguin de conques intracomunitàries de competència autonòmica, o de conques intercomunitàries de competència estatal amb participació de les administracions autonòmiques que comparteixen l'àmbit territorial de la conca. I això es fonamenta en una segona argumentació —que és la que més ens interessa— en el sentit que el domini públic s'ha d'entendre no com una forma de propietat de l'Estat sobre un bé o recurs determinat, sinó com un règim jurídicopúblic d'aquest bé o recurs que ha de ser aplicat per l'Estat, representat per l'Administració pública que pertoqui.

209

Tant la Llei d'aigües de 1985, com la Sentència del Tribunal Constitucional 227/1988 es troben clarament en la línia suggerida per la nova Directiva 2000/60/CE sobre la política marc de la Comunitat Europea en matèria d'aigües, que, d'acord amb la primera consideració (1) de l'Exposició de motius esmentada, declara que «[...] l'aigua no és un bé comercial com els altres, sinó un patrimoni que cal protegir, defensar i tractar com a tal». L'aigua no és considerada bé de domini públic, perquè aquest concepte no és homogeni en tots els estats membres de la Unió, però és la idea que més s'hi acosta.

8. L. PAREJO ALFONSO, «Dominio público: un ensayo de reconstrucción de su teoría general», *Revista de Administración Pública*, núm. 100-102, vol. III (1983), p. 2400-2422.

4.2. *La Llei 46/1999, de 13 de desembre, de reforma de la Llei de 1985*

Articulada com a nou enfocament del primer govern del Partit Popular en la gestió de l'aigua, segons el qual un ús racional havia de fer innecessaris els transvasaments que caracteritzaven els avantprojectes de Pla Hidrològic Nacional dels anteriors governs del PSOE, la reforma de la Llei d'aigües de 1985, modificada per la Llei 46/1999, de 13 de desembre, l'optimització del recurs es basa en la reutilització i les cessions de drets d'aprofitaments hidràulics (mercat de l'aigua), en l'increment del recurs per la dessalinització, en una protecció ambiental més gran dels cabals ecològics i en la regulació dels abocaments d'aigües residuals.

La suposada gran novetat de la reforma de la Llei d'aigües són les cessions d'ús d'aigua, entre concessionaris o titulars d'aprofitament d'igual o mateix rang⁹ i els centres d'intercanvi de dret d'ús del nou article 61 bis, és a dir, el que s'ha anomenat *mercat de l'aigua*. Tanmateix, no sembla que aquest llarg precepte —un autèntic capítol— vagi més enllà d'una formulació ideològica i teòrica, de molt poques conseqüències pràctiques, com ha demostrat el model californià que es pretén copiar.¹⁰ D'altra banda i en particular pel que més afecta els municipis, que és l'abastament a la població, el nostre ordenament d'aigües ja preveu fórmules ordinàries de resultats equivalents, com la substitució de cabals (art. 59.3), i la modificació o la revisió de la concessió (art. 62 i 63); o

9. L'ordre de preferència l'estableix, amb caràcter general, l'article 58 —abastament a poblacions, regadiu, producció d'energia elèctrica, altres usos industrials, aqüicultura, usos recreatius, navegació i transport aquàtic i altres usos, per aquest ordre— i amb caràcter particular el pla hidrològic de cada conca.

10. C. J. BAUER (1996), «El mercado de aguas en California», a A. EMBID IRUJO (dir.), Madrid, Civitas, p. 179-205.

fórmules extraordinàries —per llei— com l'anomenat *mini-transvasament* de l'Ebre a Tarragona, establert per la Llei 18/1981, o el transvasament del Ter de Sau a Barcelona, establert per la Llei 15/1959. De fet, les grans cessions, o mercat d'aigua, que avui són objecte de debat a Catalunya —els transvasament de l'Ebre, del Roine o de la subconca del Segre (Noguera Pallaresa)—, si mai s'arriba a cap acord, hauran de ser articulades per la Llei del Pla Hidrològic Nacional o per mitjà extraordinari d'una llei especial, particularment en el cas del Roine, pel transvasament del qual caldria un acord internacional previ amb la República Francesa.

Pel que fa a la protecció del domini públic hidràulic i del medi ambient en general, destaca la configuració del cabal ecològic o demanda ambiental. S'estableix que els cabals ecològics no tenen caràcter d'ús de l'aigua, sinó que es consideren restriccions generals dels sistemes d'explotació, per bé que sempre prevaldrà la supremacia de l'ús per a l'abastament a la població. Els cabals ecològics s'han de fixar en el pla de cada conca.

Entre les mesures de protecció, hi ha també una regulació més detallada de l'autorització d'abocaments (art. 92, 93, 96 i 97), en què es clarifica una mica més la distinció entre els abocaments directes a llera pública, que són competència de l'Administració hidràulica, i els abocaments a les xarxes i sistemes de clavegueram i sanejament, que són competència dels ens locals. Així mateix, es confirma la possibilitat d'autoritzar programes de descontaminació gradual (art. 92.3) i es regulen amb més precisió els supòsits de modificació de les autoritzacions d'abocament. Quant als abocaments no autoritzats, o que incompleixin les condicions autoritzades, es preveu que, juntament amb l'expedient sancionador es tramitarà una liquidació del cànon corresponent. Pel que fa al *cànon de sanejament*, el nou article 105 n'estableix el caràcter finalista, adreçat a l'estudi, el control, la protecció i

la millora del medi ambient de la conca, però manté el vincle entre la base imposable i l'autorització d'abocament, sense decidir-se per l'opció dels cànons de sanejament autonòmics de gravar, amb caràcter general, tots els consums d'aigua, amb independència de l'autorització d'abocament.

La reutilització es regula amb més precisió que abans, però la seva autorització continua depenent de l'aprovació d'un reglament estatal que mai no ha passat d'esborrany. També s'incentiva la iniciativa privada de les instal·lacions de dessalinització.

4.3. *La Llei d'aigües i el Pla Hidrològic Nacional*

La Llei d'aigües de 1985, amb un innegable mimetisme amb la legislació urbanística, adopta la fórmula segons la qual l'abast i l'efectivitat de les seves normes es remetent a les previsions de la planificació hidrològica,¹¹ integrada pels plans de conca i pel Pla Hidrològic Nacional, elaborat a partir dels primers.¹² Aquest esquema ha estat ben poc operatiu: els plans de conca no es van aprovar fins 1998, pel Reial decret 1664/1998, de 24 de juliol, i el Pla Hidrològic Nacional ha trigat força: el Projecte de llei no va entrar fins al febrer de 2001 al Congrés dels Diputats, i es va aprovar al juny. D'altra banda, cal tenir present que, mentre no esdevingui efectiva la planificació econòmica general prevista a l'article 131 de la Constitució —que és més que improbable que s'arribi

11. S. MARTÍN-RETORTILLO BAQUER (1997), *Derecho de aguas*, Madrid, Civitas, p. 35-43.

12. La prioritat en el temps dels plans de conca en relació amb el Pla Hidrològic Nacional ni està establerta a la Llei d'aigües, ni va ser una qüestió ni molt menys pacífica, ni políticament ni doctrinal, fins que en el debat sobre l'estat de les autonomies de 1994 el Senat ho va instar així al Govern en una moció aprovada el 28 de setembre d'aquell any.

a formular mai— i sigui declarada inconstitucional la figura de la legislació urbanística estatal d'un pla nacional d'ordenació del territori,¹³ el Pla Hidrològic Nacional és l'únic instrument de planificació d'abast estatal que estableix previsions econòmiques i d'ordenació del territori que condicionen decisivament altres polítiques en matèria d'agricultura, indústria, residència i, en definitiva, desenvolupament econòmic i social. Sembla tot plegat massa ambicions per a fer-ho passar per l'adreçador d'un factor de l'economia, com és l'aigua, certament transcendental però inevitablement sectorial.

Segons la Llei d'aigües, el Pla Hidrològic Nacional ha de contenir, en tot cas, les mesures necessàries per a la coordinació dels plans de conca, la solució per a les possibles alternatives que es formulin en aquests, la previsió i les condicions de les transferències de recursos hidràulics entre els àmbits territorials dels diferents plans de conca, i les modificacions que calgui fer en la planificació de l'ús de l'aigua i que afectin els aprofitaments existents per a l'abastament de les poblacions o dels regadius. Doncs bé, el Projecte de Llei de Pla Hidrològic Nacional només preveu un d'aquests continguts necessaris, el de les transferències o transvasaments entre conques que, tanmateix, redueix a una única conca cedent: la de l'Ebre. Totes les altres previsions hi són palesament absents, almenys en el projecte aprovat pel Govern i no sembla que la tramitació parlamentària de la Llei vagi en la línia de corregir aquesta mancança original.¹⁴

Una segona contradicció del Projecte de Pla Hidrològic Nacional en relació amb la Llei d'aigües i, en particular

13. Sentència del Tribunal Constitucional 61/1997, de 20 de març, sobre la Llei 8/1990, de 25 de juliol, i el Reial decret legislatiu 1/1992, de 26 de juny.

14. Vegeu les *Al·legacions al Pla Hidrològic Nacional de 2000*, presentades pel Govern d'Aragó, Madrid, Civitas, 2001.

amb la seva reforma de 1999, és que a banda de les previsions sobre dessalinització, els altres dos instruments que la Llei 46/1999 posava de relleu, precisament com a alternatives als transvasaments, la reutilització directa de les aigües residuals depurades i les cessions de drets d'aprofitaments d'aigua o mercat de l'aigua, no tenen cap rellevància en el Projecte de Pla aprovat pel Govern.

5. LA DIRECTIVA SOBRE EL MARC COMUNITARI DE LA POLÍTICA D'AIGÜES

Pel que fa a la política d'aigües de la Comunitat Europea, durant els anys noranta, s'aproven dues directives de gran relleu: la Directiva 91/271/CEE, de 21 de maig de 1991, sobre tractament d'aigües residuals urbanes, que fou molt tardanament transposada a Espanya en el Reial decret legislatiu 11/1995, de 28 de desembre —com veurem més endavant en aquesta Directiva es troba l'antecedent de les entitats locals d'aigua de la LOCTA; i la ja esmentada Directiva 98/83/CE, de 3 de novembre de 1998, sobre qualitat de les aigües destinades al consum humà, que hauria d'estar transposada abans de gener de 2001, tot i que les seves previsions no seran aplicables fins al desembre de 2005. I durant l'any 2000, la Directiva 2000/60/CE, que estableix un marc comunitari d'actuació en l'àmbit de la política d'aigües,¹⁵ i que fou presentada el 15 d'abril de 1997 i aprovada el 23 d'octubre de 2000, després d'un llarg, polèmic i complex procediment d'aprovació. Polèmica inevitable, puix que la gestió de l'aigua és ben diferent als països del nord i del centre d'Europa que a l'Europa meridional, per la qual cosa és força difícil establir uns mínims comuns denominadors d'una política comunità-

15. Publicada al DOCE L327, de 22 de desembre de 2000.

ria homogènia. El debat sobre la recuperació —íntegra o no— dels costos dels serveis relacionats amb l'aigua va ser un clar exponent d'aquestes diferències.

Ja hem comentat la declaració de l'exposició de motius (paràgraf 1), en el sentit que l'aigua no és un bé comercial com els altres, sinó un patrimoni que cal protegir, defensar i tractar com a tal. Una segona declaració d'interès en aquesta exposició de motius és la del paràgraf 15, en el sentit que l'abastament d'aigua és un servei d'interès general, és a dir, que d'acord amb els articles 16 i 86 del Tractat no està sotmès a les estrictes regles de la lliure competència, la qual cosa s'ajusta al caràcter de serveis reservats a les entitats locals, que tenen a Espanya tant l'abastament d'aigua potable com el sanejament d'aigües residuals.

La Directiva marc té com a objectiu principal la protecció ambiental de les aigües continentals, tant superficials com subterrànies, i de les marines. Per a aconseguir aquests objectius, la Directiva preveu un règim d'administració i de planificació per a conques hidrogràfiques, independentment de les fronteres entre els estats membres i de la seva organització territorial i administrativa interna. A la resta d'Europa —amb l'excepció de França— aquesta Directiva és força innovadora, però a Espanya la nostra Administració hidràulica l'aplica des d'abans de la Llei de 1866 i, en particular, des de la creació, el 1926, de les primeres confederacions sindicals hidrogràfiques. En tot cas, a partir d'aquesta Directiva, el qüestionament des de Catalunya del règim competencial sobre les conques intercomunitàries ja no té fonament. Això sens perjudici que és del tot imprescindible continuar reivindicant el protagonisme de les diferents comunitats autònomes implicades en el govern de les confederacions sindicals hidrogràfiques, així com la seva autonomia, i continuar denunciant l'excessiva dependència de l'Administració general de l'Estat que pateixen les confederacions.

Juntament amb el d'unitat de conca, l'altre gran principi de la Directiva marc és la recuperació dels costos de tots els serveis relacionats amb l'aigua. En la proposta inicial de Directiva, aprovada per la Comissió el 26 de febrer de 1997, es parlava de recuperació íntegra d'aquestes despeses. Però aquest rigor original es va anar difuminant força fins que, en el text aprovat finalment, el mandat als estats membres és que tinguin en compte el principi de recuperació dels costos dels serveis relacionats amb l'aigua, incloent-hi els mediambientals, aplicat de conformitat amb el principi «qui contamina, paga». A tot tardar, el 2010 els estats membres han d'haver establert una política de preus que incentivi els usuaris a fer un ús eficient de l'aigua, desglossant els preus, almenys, en usos industrials, domèstics, i agrícoles i ramaders. Tanmateix, la Directiva autoritza a ponderar els efectes socials, mediambientals i econòmics de la recuperació, en relació amb les condicions geogràfiques i climàtiques de cada regió, a l'hora d'establir la respectiva política de preus. Finalment, cal observar la remissió que fa la Directiva de la justificació dels criteris de la política de preus de l'aigua als corresponents plans hidrològics.¹⁶

Aquesta nova formulació del principi de recuperació —ja no íntegra— ha implicat la desaparició de la Directiva de l'interessant factor de ponderació consistent a «permetre un nivell bàsic d'ús domèstic a un preu assequible». Aquest «nivell bàsic d'ús» es definia per la mateixa proposta de Directiva com «el volum d'aigua utilitzat per un individu per a les seves necessitats bàsiques», afegint que aquest volum s'ha de calcular «[...] tenint en compte el volum mínim necessari per a la sa-

16. Per a tenir més detalls sobre l'aplicació del principi de recuperació de costos als serveis relacionats amb l'aigua, vegeu la Comunicació de la Comissió al Consell, al Parlament Europeu i al Comitè Econòmic i Social, «Política de tarificació i ús sostenible dels recursos hídrics», de 26 de juliol de 2000 COM (2000) 477 final.

lut i la higiene humanes», i advertint tanmateix que «En tot cas, el consum d'aigua de les màquines d'ús domèstic ha de calcular-se sobre la base de les millors tècniques disponibles». Són, tanmateix, criteris que cal retenir i que, de fet, la Llei catalana d'ordenació, tributació i gestió de l'aigua ha incorporat.

Cal advertir, finalment, que una de les principals mancances de la Directiva marc és la nul·la relació que estableix entre la política d'aigües i la política agrària comunitària, relació que als estats membres del centre i del nord d'Europa pot tenir un interès escàs, però que als països mediterranis és cabdal. A la Proposta de 6è Programa comunitari d'acció de la Comunitat Europea en matèria de medi ambient, de 24 de gener de 2001, COM (2001) 31 final, sembla que la Comissió s'ha adonat d'aquesta mancança i suggereix la integració de la Directiva marc de l'aigua en la PAC i en la política de desenvolupament regional.

6. LA NOVA LEGISLACIÓ I LA NOVA ORGANITZACIÓ HIDRÀULIQUES DE CATALUNYA

A Catalunya, la iniciativa d'una nova llei d'ordenació de l'aigua, que unificà i posés al dia la dispersa legislació hidràulica catalana,¹⁷ iniciada amb la Llei 5/1981 sobre sanejament d'aigües residuals, s'arrossegava amb diferents avantprojectes des de la legislatura que finalitzà el 1996. Finalment, i ja a les acaballes de la legislatura següent, es desdoblà en dues lleis diferents. Davant el risc que una dissolució anticipada del Parlament pogués aturar un altre cop la llei, la reestructu-

17. Essencialment, el Decret legislatiu 1/1988 sobre Administració hidràulica i Junta d'Aigües, les lleis 19/1991 i 7/994 sobre cànon i Junta de Sanejament, la Llei 5/1990 sobre obres hidràuliques i cànon d'infraestructura, i la Llei 4/1990 sobre el sistema Ter-Llobregat d'abastament de l'àrea de Barcelona.

ració de l'Administració hidràulica catalana, amb la creació de l'Agència Catalana de l'Aigua, es va separar de l'avantprojecte original i s'aprovà en la Llei 25/1998, de 31 de desembre, de mesures administratives, fiscals i d'adaptació a l'euro, més coneguda com a Llei d'acompanyament dels pressupostos de la Generalitat per a 1999. Dissipats els dubtes sobre unes eleccions anticipades, la resta de preceptes de l'avantprojecte original sobre ordenació, gestió i tributació de l'aigua, es van aprovar més tard, amb la Llei 6/1999, de 12 de juliol, d'ordenació, gestió i tributació de l'aigua, LOGTA; posteriorment, determinats aspectes tributaris d'aquesta Llei han estat objecte de modificació en la Llei 3/2000, de 19 de maig, de pressupostos de la Generalitat per a 2000, i en la seva llei d'acompanyament, la Llei 4/2000, de 26 de maig, de mesures fiscals i administratives.

Aquestes lleis catalanes sobre l'aigua han tingut el seu desplegament reglamentari. Els Estatuts de la nova Agència Catalana de l'Aigua (ACA) —empresa pública de la Generalitat que, adscrita al Departament de Medi Ambient, concentra les competències de les extingides juntes d'Aigües i de Sanejament, més les de la Direcció General d'Obres Hidràuliques del Departament de Política Territorial i Obres Públiques— foren aprovats pel Decret 125/1999, de 4 de maig. Aquests Estatuts van ser de seguida modificats pel Decret 218/1999, de 27 de juliol, que afegeix un representant propi de l'Entitat Metropolitana dels Serveis Hidràulics i del Tractament de Residus, EMSHTR als altres quatre representants de l'Administració local en el Consell d'Administració de l'ACA.

El cànon de l'aigua, nou —i primer— impost català que substitueix els anteriors tributs hidràulics,¹⁸ creat per la

18. Increment de tarifa i cànon de sanejament, creat per la Llei 5/1981 i modificat després per les lleis 19/1991 i 7/1994; i cànon d'infraestructura hidràulica creat per la Llei 5/1990.

LOGTA, ha estat objecte de reglament aprovat pel Decret 103/2000, de 6 de març. I per Decret 104/2000, de 6 de març, s'assignà a l'empresa pública de la Generalitat, Aigües Ter-Llobregat, l'explotació de les instal·lacions d'abastament d'aigua en alta, la titularitat de les quals és de l'EMSHTR, com a pas previ a la seva transferència definitiva a l'Administració de la Generalitat, formalitzada per la Llei 12/2000, de 20 de novembre, i pel Decret 397/2000, de 5 de desembre.

6.1. *L'Agència Catalana de l'Aigua*

Com ja s'ha dit, la reforma de l'Administració hidràulica de Catalunya es va avançar a l'aprovació de la LOGTA i el títol corresponent es va separar de l'avantprojecte original per incorporar-lo a la Llei 25/1998, de 31 de desembre, d'acompanyament dels pressupostos de la Generalitat per a 1999 (art. 15-21 i les disposicions transitòries 1a, 2a i 3a).

Originalment, l'Administració hidràulica catalana —regulada pel Decret legislatiu 1/1988— estava constituïda per la Direcció General d'Obres Hidràuliques —integrada en l'estructura del Departament de Política Territorial i Obres Públiques—, i la Junta d'Aigües i la Junta de Sanejament —organismes autònoms de caràcter administratiu adscrits al mateix Departament. Malgrat l'existència de dos organismes diferents, amb competències sobre el domini públic hidràulic, hom podia entendre que els principis d'unitat de gestió i de tractament integral de l'aigua —establerts a l'article 13 de la LA— se satisfien per l'assumpció de la presidència d'ambdós organismes pel director general d'Obres Hidràuliques, per la integració dels dos directors de les juntes en els respectius òrgans col·legiats.

Però, arran de la creació del nou Departament de

Medi Ambient, la Llei 19/1991 de reforma de la Junta de Sanejament converteix aquest organisme autònom en empresa pública de la Generalitat, la separa del Departament de Política Territorial i Obres Públiques, i l'adscriu al Departament de nova creació. La presidència de la Junta de Sanejament s'atribueix al conseller de Medi Ambient, mentre que la Direcció General d'Obres Hidràuliques i la Junta d'Aigües continuen vinculades al Departament de Política Territorial i Obres Públiques. A partir d'aquesta nova organització difícilment es podia sostenir que a Catalunya comptàvem amb una Administració hidràulica que fes efectius els esmentats principis bàsics d'unitat de gestió i de tractament integral.

A aquesta anòmala situació administrativa, hi vol posar remei la Llei 25/1998, amb la creació de l'Agència Catalana de l'Aigua. L'ACA és una entitat de dret públic que, amb les excepcions corresponents, ajusta la seva activitat al dret privat i, com a tal, es regeix per l'Estatut de l'empresa pública catalana, aprovat per la Llei 4/1985, de 29 de març. Com a Administració hidràulica, l'ACA exerceix les competències de la Generalitat en matèria d'aigües (art. 16 de la Llei 25/98 i art. 4 de la LOGTA), de manera que acumula les atribucions tant de la Direcció General d'Obres Hidràuliques, com les de les juntes d'Aigües i Sanejament. L'ACA s'adscriu al Departament de Medi Ambient, de manera que el Departament de Política Territorial i Obres Públiques deixa de tenir competències en matèria d'aigües.

L'ACA té com a òrgans de govern i administració¹⁹ el Consell d'Administració, el director/a, el gerent/a i el Consell per a l'Ús Sostenible de l'Aigua.

19. El Consell de Direcció, presidit pel conseller de Medi Ambient i integrat per representats d'altres departaments de la Generalitat ha estat suprimit en la Llei d'acompanyament dels pressupostos per a 2000.

Com a òrgan de govern d'un organisme de conca, la integració del Consell d'Administració de l'ACA supera l'oblit denunciat de les entitats locals, que es manté en les confederacions sindicals hidrogràfiques estatals. Els vocals de l'Administració local deixen de representar els usuaris domèstics i passen a representar entitats locals, fins a un total de cinc: dos per a la Federació de Municipis de Catalunya (FMC), dos per a l'Associació Catalana de Municipis (AMC), i un per a l'Entitat Metropolitana de Serveis Hidràulics i Tractament de Residus (EMSHTR) (Decret 218/1999). Al seu torn, els dos vocals dels usuaris domèstics passen a representar les organitzacions de consumidors i d'associacions de veïns.

El Consell per a l'Ús Sostenible de l'Aigua és un òrgan deliberant i d'assessorament, integrat, en règim de participació, per representats dels diferents interessos vinculats al cicle hidrològic. D'acord amb els Estatuts de l'ACA, aquesta representació està integrada per vuit representants dels ens locals, sis de les entitats ambientalistes, quatre dels sindicats, dos de les associacions d'entitats subministradores d'aigua, dos de les organitzacions de consumidors i usuaris, un de les associacions de veïns, tres per cadascun dels usos recreatius, industrials, agraris i ramaders, i dos experts.

221

6.2. *La Llei d'ordenació, gestió i tributació de l'aigua*

La Llei 6/1999, de 12 de juliol, d'ordenació, gestió i tributació de l'aigua, LOGTA, té com a objectiu ordenar les competències de l'Administració de la Generalitat i de les entitats locals en matèria d'aigües i d'obres hidràuliques, en tots els seus vessants fins aleshores dispersos, establir un nou règim de planificació i refer el règim economicofinancer al voltant del nou cànon de l'aigua.

Els objectius que es fixen són els de l'ús sostenible, l'estalvi, la reutilització i l'eficiència, així com un nivell bàsic de l'ús domèstic a un preu assequible. I per a la consecució d'aquests fins s'ordena l'actuació d'acord amb un seguit de principis, entre els quals destacarem els d'unitat de conca i de cicle hidrològic, de corresponsabilització dels usuaris, d'integració de la gestió de l'aigua amb l'ordenació del territori, de subsidiarietat i apropament de l'acció administrativa als ciutadans, de solidaritat interterritorial, de pagament per l'ús de l'aigua i per la contaminació, i de suficiència financera per afrontar els costos associats al cicle hídric.

6.2.1. *Els serveis locals d'abastament d'aigua i de sanejament d'aigües residuals*

222

Les competències dels ens locals en matèria d'aigua es troben resumides a l'article 4.4 de la LOGTA. Tanmateix, és a la legislació de règim local²⁰ on es regulen amb més detall, sens perjudici de les previsions específiques de la pròpia LOGTA respecte de l'Administració hidràulica local, les entitats locals d'aigua, l'abastament d'aigua de municipis i els sistemes de sanejament. En particular, cal tenir en compte que aquests dos serveis públics són serveis declarats essencials i reservats

20. No m'estendré gaire sobre aquesta competència local. Hom pot consultar les monografies següents: A. EMBID IRUJO (1996), «Los servicios públicos del agua: su problemática jurídica con especial atención al abastecimiento y la depuración de las aguas residuales», *Revista Aragonesa de Administración Pública*, núm. 9; J. F. MESTRE DELGADO, «El servicio público de distribución de agua», *Tratado de derecho municipal*, vol. II, S. MUÑOZ MACHADO (dir.), Madrid, Civitas, p. 1479-1492; J. M. GARRIDO LOPERA (1973), *El servicio público de abastecimiento de agua a poblaciones*, Madrid, IEAL; i el treball recent de C. GONZÁLEZ-ANTÓN ÁLVAREZ (2000), *El uso del agua por las administraciones locales*, Barcelona, Cedecs.

a les entitats locals per l'article 86.3 de la Llei estatal bàsica de règim local,²¹ en aplicació del que preveu l'article 128.2 de la Constitució espanyola en relació amb la reserva de serveis essencials al sector públic.

La gestió dels serveis municipals relacionats amb l'aigua troben una millor economia d'escala quan el seu abast és supramunicipal i integral (abastament i sanejament). Doncs bé, enfront del precedent que va suposar la Llei 4/1990 quant a la creació de la ja esmentada empresa pública Aigües Ter-Llobregat, ATLL, i a l'assumpció de la gestió directa de l'abastament supramunicipal d'aigua per la Generalitat en una àrea concreta com la de Barcelona, la LOGTA ha optat per una fórmula més respectuosa per a l'autonomia local, com és la gestió supramunicipal i integral de l'aigua a càrrec de les entitats locals. Per coherència amb la mateixa pauta establerta a la LOGTA, fora lògic que ATLL deixés algun dia de ser una empresa pública de la Generalitat i esdevingués una *entitat local d'aigua*, per més que pugui adoptar la forma de consorci entre les entitats locals implicades i l'Administració de la Generalitat.

En relació amb el servei local i a partir de les seves competències d'ordenació i planificació hidràulica, la Generalitat es reserva (art. 4.1 i 12 de la LOGTA) el control i la supervisió de les xarxes bàsiques (instal·lacions d'abastament en alta definides a l'article 2.12 de la LOGTA), però no pas la titularitat del servei públic de la seva gestió. L'article 4.4 de la LOGTA —en concordança amb la legislació de règim local— atribueix als ens locals l'abastament d'aigua potable —en alta i en baixa—, el clavegueram i el tractament —o sanejament també en alta i baixa— de les aigües residuals.

21. P. MENÉNDEZ, «Una interpretación renovada de la reserva de servicios esenciales en favor de las entidades locales, especial referencia a abastecimiento de agua y suministro de gas», *Revista Española de Derecho Administrativo*, núm. 89 (1996).

La LOGTA promou que aquests serveis locals es prestin preferentment de forma integral i en àmbits supramunicipals a càrrec de les entitats locals d'aigua bàsiques, ELA, que poden adoptar totes les formes possibles d'ens locals, des d'un sol municipi a una província, passant per la mancomunitat, el consorci, la comarca o l'entitat metropolitana.

Les ELA qualificades han quedat finalment —article 2.10 de la LOGTA— com uns àmbits que assenyalen, més aviat, a una futura organització territorial de Catalunya en la qual el Pla hidrològic hauria de ser, si no determinant, força decisiu.²²

6.2.2. *El nou cànon de l'aigua*

L'estudi de la fiscalitat hidràulica en general i de la catalana en particular ultrapassaria els límits raonables d'aquest treball. Tanmateix cal constatar que, a Catalunya, i pel que fa a obres hidràuliques, sempre s'ha tendit a fer efectiu el principi de recuperació dels costos d'aquestes infraestructures i de la seva explotació. En són exemples el cànon, que des de 1960 encara paguem a Barcelona i a Girona, pel transvasament d'aigües del Ter, a partir dels embassaments de Sau i Susqueda; la primera taxa municipal establerta per l'Ajuntament de Barcelona el 1973 per a finançar la construcció i el funcionament de la primera estació depuradora d'aigües residuals al Bogatell; o el minitransvasament de l'Ebre a Tarragona, regulat per la Llei 18/1981, d'1 de juliol.

Posteriorment, la Generalitat va establir el 1981 l'increment de tarifa o cànon de sanejament per al finançament

22. En aquest sentit, caldrà modificar —no pas gaire— els set àmbits definits per la Llei 1/1995, de 16 de març, del Pla Territorial General de Catalunya. És una qüestió que, en la revisió del model d'organització territorial de Catalunya, caldrà tenir força en compte.

de les obres i l'exploració de les instal·lacions de depuració d'aigües residuals, i el 1990 el cànon d'infraestructura hidràulica per a finançar les inversions —no l'exploració— de la resta d'obres hidràuliques.

La refosa de l'increment de tarifa i cànon de sanejament amb el cànon d'infraestructura hidràulica en un nou impost —el cànon de l'aigua—, refosa modificada per la Llei 6/1999, de 12 de juliol, d'ordenació, gestió i tributació de l'aigua, LOGTA, ja esmentada, és una de les principals innovacions d'aquesta Llei.

En relació amb els avantprojectes elaborats durant el mandat 1992-1995 —i centrats essencialment a fer front al moviment veïnal de l'anomenada *guerra del rebut de l'aigua*, per mitjà de la reforma del cànon d'infraestructura hidràulica— els objectius del mandat 1995-1999 van ser molt més ambiciosos, tot i que la satisfacció de l'esmentat moviment veïnal també forma part de les fites polítiques que es pretén assolir.

Fins ara, i seguint els passos de Catalunya el 1981 i de Madrid el 1984, un seguit de comunitats autònomes perifèriques —Navarra, Canàries, Illes Balears, Galícia, València, Astúries, la Rioja i Aragó— han creat els respectius cànons de sanejament sobre la pauta dels primers. Catalunya va ser, el 1990, la comunitat que va donar un nou pas endavant perquè va establir un impost adreçat al finançament de les obres hidràuliques —el cànon d'infraestructura hidràulica—, amb clara vocació de substituir el cànon de regulació de la Llei d'aigües estatal, almenys en les conques internes. Ara, i abans que les altres comunitats hagin fet res similar al cànon d'infraestructura, la LOGTA es torna a avançar amb la creació d'un impost, el cànon de l'aigua, en què es refonen l'increment de tarifa i el cànon de sanejament anteriors i el cànon d'infraestructura hidràulica.

La LOGTA declara —ja sense el buit de legislació sobre el cànon de sanejament, o les reticències de la Llei

5/1990 sobre el cànon d'infraestructura— que el nou cànon d'aigua té naturalesa juridicotributària d'impost. És a dir, que ja no hi ha cap intent de relacionar el tribut amb alguna mena de benefici o prestació de serveis que pogués abonar la naturalesa de taxa, com passava amb l'increment de tarifa i cànon de sanejament. Aquest impost té caràcter finalista i, més concretament, *finalitat ecològica*.²³

Ja hem dit que no entràriem en l'estudi d'aquest tribut. Però sí cal advertir, per acabar, que el fet que siguin els usuaris finals del servei de subministrament domiciliari d'aigua els qui es mantinguin com a subjectes passius, i no pas les companyies subministradores d'aigua potable —com és natural en el cas dels impostos indirectes sobre el consum—, distorsiona força la incorporació del cànon de l'aigua als costos de servei, i genera problemes pel que fa a la repercussió de l'IVA. D'altra banda, això legitima els usuaris per a no satisfer la quota del cànon d'aigua juntament amb la factura del subministrament, i per a optar per la liquidació individual en la via de recaptació tributària ordinària.

23. L'expressió *impost de finalitat ecològica* és una traducció fidel d'*ecotaxa*, atès que les figures tributàries de *taxe* o *tax*, tant en francès com en anglès, equivalen, d'acord amb la nostra Llei general tributària, a *impost* i no pas a *taxa*, que en francès seria *redevance*.

**INSTITUCIÓ CATALANA
D'HISTÒRIA NATURAL
LA SALUT DELS ECOSISTEMES
AQUÀTICS CATALANS,
A CÀRREC DE
NARCÍS PRAT,
DE LA UNIVERSITAT
DE BARCELONA**

1. INTRODUCCIÓ I ANTECEDENTS

L'estudi dels ecosistemes aquàtics té una llarga tradició a Catalunya i avui podem dir que tenim un coneixement dels nostres llacs, rius, embassaments, aiguamolls i costes prou complet i comparable a la de molts països del nostre entorn. El mestratge del professor Ramon Margalef i l'esforç d'una generació de científics formats al seu entorn han portat els darrers vint-i-cinc anys a un gran desenvolupament de la limnologia, l'oceanografia i la biologia marina a Catalunya i Espanya. Un exemple de tot aquest treball és el llibre editat en homenatge al professor Margalef ara fa uns anys (Ros i Prat, 1991), o el llibre que el mateix Margalef va editar el 1994.

En molts dels estudis és palès el problema de la degradació dels ecosistemes per tota mena d'actuacions humanes com ara contaminació, falta de cabals dels rius per derivació, eutrofització, etc. Aquest problema ja era present al *Llibre blanc* de la natura que la Institució Catalana d'Història Natural (ICHN) va publicar el 1974. En aquest llibre, la part de gestió de les aigües ocupa una pàgina i en tot el volum no passen d'una vintena les pàgines dedicades a les aigües, mostra del coneixement del tema que hi havia en aquell moment. El 1979, només cinc anys més tard, la limnologia havia fet un salt endavant molt important a Catalunya, fet que es mostra clarament en el volum 4 dels *Quaderns d'Ecologia Aplicada*, on es tracten els diferents ambients de forma sectorial a partir de la informació disponible (Prat, 1979a), tot i que per alguns temes hi havia poca cosa més que les tesis doctorals que no feia gaire alguns alumnes de Margalef havíem acabat. La publicació del volum 14 de la *Història natural dels Països Catalans* el 1989 (Margalef, Terrades i Prat, 1989) mostra ja la maduresa i el grau de coneixement assolit en els ecosistemes aquàtics dels Països

Catalans. En aquell llibre ja no es va poder posar tot el que sabíem dels nostres ecosistemes aquàtics i vam haver de seleccionar entre l'abundant material disponible.

Avui seria impossible reunir en un sol volum tota la informació que tenim dels diversos ambients aquàtics. De fet, en un sol any, si consulteu les publicacions a Catalunya dels diferents investigadors, podreu trobar dades de tots els ambients i sobre tots els aspectes (des dels purament descriptius fins als funcionals, passant per models i estudis ecotoxicològics). Sens dubte, aquest és el fruit del treball de nombrosos deixebles de qui va obrir la recerca sobre aigües epicontinentals i marines a Catalunya: el professor Ramon Margalef, que avui encara continua actiu i publicant estudis sobre el tema. Continua molt preocupat per la degradació creixent de totes les aigües, molt especialment perquè ara l'aigua arriba més ràpidament al mar que abans, ja que circula pels col·lectors i no pas pels rius, i també pel possible abocament d'escombraries al fons del mar (Margalef, 1998).

Jo mateix fa més de vint anys (Prat, 1979*b*) vaig publicar un primer article sobre la gestió de l'aigua a Catalunya, on enumerava alguns dels problemes que en aquell moment ja tenien els ecosistemes catalans, que en molts casos continuen tenint. Al llarg d'aquests anys m'he ocupat força vegades del problema de la gestió de l'aigua a Catalunya (Prat 1995, 1996*a*, 1996*b*, 1997, 1998*a*, 1998*b*) en diversos articles, on he insistit en els múltiples problemes dels nostres ecosistemes epicontinentals, i molt especialment dels rius. Com a membre que vaig ser del Consell Directiu de la Junta de Sanejament des de 1995 fins a 1999, vaig poder seguir també les actuacions destinades a millorar la situació dels nostres rius. Podeu trobar-ne un resum a Prat, 1999*a*. En aquest mateix treball assenyalo quina es la qüestió clau per a la conservació dels ecosistemes aquàtics catalans: un nou concepte en la gestió de l'aigua basat en la contenció del con-

sum i una millor utilització dels recursos, ja que la despesa excessiva d'aigua i els plantejaments a l'alça fets en els plans de conca (tant de les conques internes com de l'Ebre) són l'amenaça més gran per als nostres ecosistemes aquàtics.

2. DE LA QUALITAT DE L'AIGUA A LA SALUT DELS ECOSISTEMES

Als anys setanta es parlava sobretot de la qualitat de les aigües i es feia referència només al seu estat fisicoquímic, tot i que ja es coneixien molt bé els indicadors biològics, amb nombroses publicacions internacionals, entre aquestes, treballs del professor Margalef (Margalef, 1955, 1969). Per a l'Administració, qualitat de l'aigua era sinònim d'ús: aigua per a banyar-se, per a beure o per a abocar a una llera pública. Aquest aspecte està molt ben recollit en un llibre d'aparició recent titulat precisament *Les qualitats de l'aigua* (Poch, 1999). Semblava que solucionant el problema de l'estat fisicoquímic de l'aigua s'havia acabat el problema de la salut dels ecosistemes, i per tant es recuperarien biològicament. Però la implantació successiva de diferents tractaments a les aigües residuals per a intentar resoldre el problema de qualitat de l'aigua s'ha revelat insuficient per a retornar la qualitat biològica als ecosistemes aquàtics a tot arreu del món on ja han fet aquest camí. Això és el que ara es fa evident a casa nostra amb el fracàs relatiu del Pla de sanejament, que ja es va fer evident als anys vuitanta a alguns països d'Europa com Alemanya o els Països Baixos, o fins i tot abans als Estats Units. En aquests països la recuperació dels ecosistemes va passar de ser una preocupació centrada en els cercles acadèmics (especialment de les universitats) a ser un problema de gestió de primer ordre. Per això les iniciatives de restauració s'han dirigit els darrers anys a intentar la recupera-

ció del sistema i no només a la correcció dels abocaments de contaminants. En aquests països és on es va encunyar l'expressió *salut dels ecosistemes* (Karr, 1999).

A Catalunya les veus que al llarg de molts anys han advertit del problema —entre aquestes el mateix professor Margalef des de fa més de quaranta anys (Prat, 1999a)— no han estat considerades pels gestors, i l'Administració no ha començat a ser conscient de la importància dels aspectes ecològics en la gestió de l'aigua fins fa molt pocs anys. Recordo molt bé quan al començament dels noranta el director de la Junta de Sanejament assegurava que amb el Pla de sanejament es tornarien al seu estat natural els rius de Catalunya i com diversos polítics van assegurar que pescarien i es banyarien al Besòs abans de quatre anys (per cert mai ningú no els ha recordat que haurien de fer efectiva la seva promesa). Actualment al web de l'Agència Catalana de l'Aigua (ACA) hi podeu trobar dades d'anàlisis fisicoquímiques de diversos ecosistemes aquàtics de Catalunya (en gran part perquè hi ha una normativa que s'ha de complir), però no informació dels indicadors biològics de la salut dels ecosistemes.

Avui, doncs, la salut dels ecosistemes és la preocupació principal dels gestors de les aigües europees, i aquesta es la raó de la Directiva marc de l'aigua (DMA), aprovada l'octubre de 2000 i publicada al DOCE el desembre del mateix any. L'objectiu principal és restablir l'estat ecològic dels ecosistemes aquàtics, de manera que s'apropin al seu estat natural. La Directiva marc és, doncs, un referent de futur molt important i el seu desenvolupament serà clau per a conservar i/o restablir la salut dels nostres ecosistemes.

3. L'ESTAT ECOLÒGIC, UNA MESURA DE LA SALUT DELS ECOSISTEMES AQUÀTICS EUROPEUS

El concepte d'*estat ecològic* es concreta el 1997 amb una versió inicial de la Directiva marc, que prové de la modificació d'un proposta de Directiva, la qualitat ecològica, que datava de 1994 i de la qual s'han fet moltes versions (taula 1). Com que el tema és suficientment complex, ha costat molt d'arribar a un acord satisfactori per a tots els estats, finalment concretat en la Directiva 2000/80.

TAULA 1. *Desenvolupament normatiu de la nova política d'aigües de la Unió Europea*

1994.	Proposta de directiva del Consell relativa a la qualitat ecològica de les aigües
1996.	Comunicació de la Comissió al Consell i al Parlament Europeu «La política d'aigües de la Comunitat Europea»
1997.	Proposta de directiva del Consell per la qual s'estableix un marc comunitari d'actuació en l'àmbit de la política d'aigües
1999.	Posició comuna CE núm. 41/1999 d'establiment d'un marc comunitari d'actuació en l'àmbit de la política d'aigües
2000.	Directiva 2000/60/CE del Parlament Europeu i del Consell de 23.X.2000, per la qual s'estableix un marc comunitari d'actuació en l'àmbit de la política d'aigües

El tema ja era prou interessant el 1994 perquè les voluntats de recerca del Departament d'Ecologia de la UB i de gestió de la Diputació de Barcelona confluïssin en l'inici d'una sèrie d'estudis que publica la Diputació des de 1996 amb el títol de *Qualitat ecològica dels rius*. Es van estudiar el Llobregat i el Besòs primer i, actualment, a més d'aquests dos rius també el Foix i la Tordera, rius que tenen la totalitat o gairebé la totalitat de la seva conca a la província de Barcelona (Prat *et al.*, 1996, 1997, 1999, 2000*a*, 2000*b*). De moment, se n'han publicat vuit números, la qual cosa implica que s'ha establert un sistema de mesura regular i amb la mateixa metodologia al llarg de sis anys, amb dos manuals metodològics. També en aquella època la Generalitat va

començar a estudiar indicadors biològics als rius i avui també té una bona sèrie de dades que dissortadament no es publiquen. Els propers anys assistirem a un augment generalitzat d'aquest interès per la salut dels ecosistemes aquàtics i de la seva mesura amb indicadors biològics, sobretot perquè hi ha una normativa que hi obliga. De moment, el concepte d'*estat ecològic* avui ja és inclòs a la legislació catalana (Llei 6/1999) i estatal (Llei 46/1999), fet que indica l'interès per aquesta qüestió. De totes maneres, la mesura de l'estat ecològic és un concepte que està en ple desenvolupament, encara ens trobem lluny de l'aplicació concreta i queden molts interrogants per aclarir, com ara la manera concreta de mesurar-ho i la interpretació i l'eficàcia per a la gestió.

La Directiva marc té la virtut d'integrar en un mateix àmbit de gestió (el districte fluvial) les aigües superficials, les subterrànies, les costaneres i les marines que en són influenciades per aquest districte. En el cas de Catalunya, per a les conques internes serà una novetat relativa, ja que en aquest moments dins de l'ACA ja són integrats (teòricament) tots els elements del cicle de l'aigua, des dels aqüífers fins a les costes. Si exceptuem els ports i les platges, que encara depenen d'un altre departament, es pot dir que al Departament de Medi Ambient hi ha totes les unitats que permetrien fer aquesta gestió integrada. Un altra qüestió és la part catalana de l'Ebre que depèn de la Confederació Hidrogràfica de l'Ebre fins al Delta, en el qual tenen competència moltes administracions, incloent-hi Costes de l'Estat espanyol. A més, la complicació administrativa espanyola, amb municipis, diputacions, autonomies i Estat (i encara altres administracions possibles) fa difícil fer realitat aquest esperit de gestió unitària de tot el districte fluvial que preveu la Directiva.

Els objectius concrets de la Directiva es mostren a la taula 2, així com la definició de l'estat ecològic que, com hem dit, és sinònim de salut dels ecosistemes. Com es veu en

aquesta taula, la Directiva inclou una sèrie d'annexos que la desenvolupen, que és on cal buscar la manera de mesurar aquest estat de salut; la mateixa Directiva preveu que s'haurà de basar principalment en la condició biològica del sistema, sense oblidar-ne l'estat químic. Quant a les aigües subterrànies només seran importants l'estat químic i l'estat quantitatiu.

TAULA 2. *Articles més rellevants de la Directiva 2000/60/CE pel que fa a l'estat de salut dels ecosistemes aquàtics*

Article 1. OBJECTIUS

- Prevenir, protegir i millorar l'estat dels ecosistemes aquàtics
- Promoure un ús sostenible de l'aigua
- Reducció o supressió d'abocaments
- Reduir i evitar la contaminació d'aigües subterrànies
- Disminuir els efectes d'inundacions i sequeres

Article 2. DEFINICIONS

- 17. *Estat de les aigües superficials*: Expressió general de l'estat d'una massa d'aigua superficial determinat pel pitjor valor del seu estat ecològic i químic
- 21. *Estat ecològic*: Una expressió de la qualitat de l'estructura i el funcionament dels ecosistemes aquàtics associats a les aigües superficials, que es classifica segons l'annex V

Article 4. OBJECTIUS AMBIENTALS

- Arribar al bon estat de les aigües conforme a l'annex V abans de l'any 2015

Article 8. PROGRAMES DE SEGUIMENT

- De l'estat ecològic, químic i del potencial ecològic abans de l'any 2006

Article 11. PROGRAMES DE LES MESURES

- Pendent d'establir per a assolir el bon estat de les masses d'aigua, operatius l'any 2012
-

Per a la mesura de l'estat ecològic, primer cal fer una tipologia de les diferents masses d'aigua (s'entén que no es pot mesurar igual la salut mitjançant indicadors biològics de les aigües marines que dels rius de muntanya) i després cal decidir quins elements dels sistema caldrà fer servir per a la mesura concreta de la salut. L'annex V de la Directiva també els preveu.

La tipologia que la DMA estableix es reproduïx a la taula 3. Primer fa sis grans categories, i dins de cada catego-

ria estableix que caldrà establir diferents tipus, la qual cosa es podrà fer amb dues metodologies, segons convingui a cada país. Una metodologia per a establir tipus (sistema A) usa paràmetres com ara altitud, àrea de la conca i geologia amb unes classes definides, mentre que en l'altre no s'estableixen classes determinades dins de cada paràmetre i a més poden usar-se els paràmetres que es creguin oportuns, a més d'un petit grup d'obligatoris.

TAULA 3. *Tipologia de masses d'aigua establerta per la DMA (annex 2)*

CATEGORIES

- Rius
- Llacs
- Aigües de transició
- Aigües costaneres
- Masses d'aigua artificials
- Masses d'aigua molt modificades

TIPUS (per a definir dins de cada categoria)

SISTEMES:

- SISTEMA A: Tipologia fixa per ecoregions
 Rius i llacs, mapa A (limnofauna europea)
 Zones de transició i costaneres, mapa B
- SISTEMA B: Caracterització alternativa
 Factors físics i químics que determinen les característiques del riu, tram de riu, llac, aigües de transició i estuaris, i per tant l'estructura i la composició de les comunitats biològiques

El nombre de tipus definits pot ser molt variable en funció de la divisió que es faci, i com més tipus més complicada serà la gestió. Per a cada tipus s'haurà de buscar l'estat de referència, o sigui la situació en què l'estat de salut dels ecosistemes és excel·lent, amb la qual s'hauran de comparar tots els del mateix tipus. Aquest estat de referència segons l'annex 2 de la DMA, caldrà definir-lo mitjançant la comparació directa amb un ecosistema similar que es trobi en un

estat de conservació excel·lent al mateix districte, si pot ser. En cas que no n'hi hagi (perquè ja estan tots degradats) es pot recórrer a dades històriques, a models o al judici d'un expert que pugui aportar una idea de com hauria de ser aquell sistema. Cal pensar en la dificultat que tindrà establir quin és l'estat de referència de la part baixa d'un riu mediterrani, quan la majoria fa molts anys que estan molt degradats.

Si el sistema està en una situació que no permet revertir-lo a l'estat natural, es pot qualificar de sistema molt modificat, i en aquest cas no caldrà restablir l'estat ecològic sinó el màxim potencial ecològic possible mesurat de la manera que sigui possible, incloent-hi el judici dels experts. El màxim potencial ecològic és el que es demanarà a les masses d'aigua artificial (embassaments, basses artificials o ornamentals, canals, etc.) on no es possible tenir un sistema de referència.

I com es mesura el bon estat ecològic o el màxim potencial ecològic possible? L'annex 5 (taula 4) ens indica els elements que cal utilitzar per a mesurar-ho. Com es veu, això representa una revolució en la gestió de l'aigua, ja que per primera vegada la legislació obligarà els estats europeus a establir uns programes de mesura i seguiment de la qualitat biològica dels seus ecosistemes aquàtics, incloent-hi els costaners. Una pregunta que surt de forma immediata és si estem preparats per a fer aquesta tasca, i si coneixem prou els nostres ecosistemes aquàtics per a poder implantar de forma ràpida aquesta mesura de la salut dels ecosistemes a Catalunya. Es poden trobar idees sobre com implantar la mesura de l'estat ecològic als ecosistemes aquàtics espanyols en alguns treballs que hem publicat recentment (Prat *et al.*, 2000c).

TAULA 4. Elements que cal considerar en la definició de l'estat ecològic a les diferents categories de masses d'aigua defínides a la Directiva marc europea (annex I)

	Riús	Llacs	Aigües de transició	Aigües costaneres	Masses d'aigua fortament modificades i artificials
<i>Paràmetres biològics</i>	Flora Invertebrats bentònics Ictiofauna	Fitoplàncton Altres flors Bentos Ictiofauna	Fitoplàncton Altres flors Bentos	Fitoplàncton Altres flors Bentos	Les que corresponguin segons la categoria
<i>Paràmetres hidromorfològics</i>	<i>Regim hidroloic</i> 1. Quantitat i dinàmica del flux 2. Connexió d'aigües subterrànies <i>Continuitat del riu</i> <i>Condic. morfològiques</i> 1. Fondària i amplada 2. Substrat 3. Estructura de la ribera	<i>Regim hidroloic</i> 1. Quantitat i dinàmica del flux 2. Temps de residència 3. Connexió d'aigües subterrànies <i>Condic. morfològiques</i> 1. Variació de la fondària 2. Substrat 3. Estructura ribera	<i>Condic. morfològiques</i> 1. Variació de la fondària 2. Substrat llit 3. Estructura zona intermareal <i>Regim de mares</i> 1. Flux d'aigua dolça 2. Exposició a les onades	<i>Condic. morfològiques</i> 1. Variació de la fondària 2. Substrat costa 3. Estructura zona intermareal <i>Regim de mares</i> 1. Direcció de corrents dominants 2. Exposició a les onades	
<i>Paràmetres fisicoquímics generals</i>	Temperatura Oxigen dissolt Sals Acidificació Nutrients	Transparència Temperatura Oxigen dissolt Sals Acidificació Nutrients	Transparència Temperatura Oxigen dissolt Salinitat Nutrients	Transparència Temperatura Oxigen dissolt Salinitat Nutrients	
<i>Paràmetres fisicoquímics específics</i>	Substàncies prioritàries Altres substàncies abocades en quantitats significatives	Substàncies prioritàries Altres substàncies abocades en quantitats significatives	Substàncies prioritàries Altres substàncies abocades en quantitats significatives	Substàncies prioritàries Altres substàncies abocades en quantitats significatives	

4. LA CONEIXENÇA DE L'ECOLOGIA DELS ECOSISTEMES AQUÀTICS CATALANS I ESTUDIS SOBRE LA SEVA SALUT

4.1. *Introducció*

Catalunya, per la varietat climàtica, geogràfica, geològica i per la presència de costes, té una gran varietat d'ecosistemes aquàtics. En el volum 14 de la *Història natural dels Països Catalans* queda molt ben reflectida aquesta varietat, que va des dels llacs de muntanya fins als aiguamolls litorals, des d'aigües dolces fins a hipersalines, de petits tolls i rierols fins a grans rius com l'Ebre, i inclou també embassaments com el de Susqueda. A Montes i Duarte (1992) i a Prat (1995) podeu trobar també una síntesi de les característiques dels ecosistemes aquàtics catalans i espanyols.

238 Quina és la situació de salut d'aquests ecosistemes? Podem valorar-ne actualment l'estat ecològic? Hi ha moltes circumstàncies en què es perd el bon estat ecològic i cal considerar-les totes, com diu la Directiva marc. La contaminació de l'aigua s'ha destacat com el sistema habitual de degradació del seu estat ecològic. Augment de temperatura, acidificació, disminució de l'oxigen dissolt per aportació de matèria orgànica, eutrofització, elements tòxics de tota mena, són els culpables d'una bona part de la degradació dels nostres ecosistemes aquàtics, però sovint hem oblidat que en molts casos la degradació física de l'hàbitat (canalitzacions, dragats, ports esportius, etc.) pot ser un element molt més important de pèrdua de salut. Cal incloure-hi la destrucció de les riberes de molts rius, la urbanització costanera o la cobertura de les ramblas mediterrànies. Finalment, cal considerar els canvis que es produeixen en l'ordenació del territori amb la urbanització creixent i l'augment de les vies de comunicació, que envien cada vegada més aigua de forma sobtada i contaminada als rius, i de retruc al mar. També les introduc-

cions d'espècies foranes que malmeten de forma evident l'estructura i el funcionament dels ecosistemes aquàtics (aquest era ja un aspecte que es destacava al *Llibre blanc*). Farem un breu repàs a l'estat del coneixement i de la salut del diferents ecosistemes aquàtics de Catalunya. De forma volguda hem limitat la nostra recerca bibliogràfica als temps més recents i a alguns casos particulars que coneixem millor, atesa l'àmplia bibliografia que tenim avui sobre els nostres ecosistemes aquàtics.

4.2. *Llacs de muntanya*

Als Pirineus tenim una bona colla de llacs de muntanya d'origen glacial a partir dels 1.600 m. Són tots de mida modesta però poden assolir fondàries considerables (fins a 70 m). Els llacs de muntanya del Pirineus has estat ben estudiats els darrers anys i se'n coneixen multitud d'aspectes que en permeten fer fins i tot articles de síntesis (Catalán, 1999, 2000; Rieradevall i Prat, 1999; Roca i Catalán, 1997). Això permet també fer una avaluació del seu estat de salut, que en general es pot dir que és bo si pensem exclusivament en les característiques fisicoquímiques. Però, en molts casos, i especialment en llacs més grans, l'estat de salut és greument afectat per les transformacions fetes per l'home per a generar electricitat, sigui el represament o l'extracció d'aigua des del fons, que en fa variar el nivell de forma extraordinària (Catalán, 1994; Catalán *et al.*, 1997). Es pot dir que l'únic llac gran i profund que no ha estat represat ha estat el llac Redó, que per això ha estat objecte de nombrosos estudis els darrers anys i laboratori d'experimentació de l'ecologia present i passada d'aquests ambients, incloent-hi recerques sobre canvis climàtics (Catalán, 1997). Precisament les recerques paleolimnològiques d'aquests ambients han permès fer reconstruc-

cions detallades dels canvis produïts en el passat de forma natural, per a poder-los diferenciar dels produïts per l'home (Pla, 2000).

Avui, la destrucció dels llacs dels Pirineus per activitats humanes és encara una realitat, com va passar al llac de Baciver, que va ser represat per assegurar l'aigua als canons de neu de Baqueira-Beret (Garcia i Ballesteros, 1998). La freqüentació i l'acidificació (Catalán *et al.*, 1993) són uns altres problemes que poden afectar els llacs de muntanya, tot i que les pluges de fang fan que aquest darrer factor sigui poc rellevant (Camarero *et al.*, 1995). Més problemàtics poden ser els efectes dels contaminants atmosfèrics que es van acumulant a la flora i la fauna i als sediments dels llacs (Catalán *et al.*, 1994) i que, juntament amb el canvi climàtic, són els aspectes que més poden influir en el bon estat ecològic general actual.

4.3. *Llacs càrstics*

Els llacs càrstics, com el de Banyoles, han rebut una atenció considerable per part dels investigadors catalans des de fa molts anys, i són certament uns ambients molt particulars (Miracle *et al.*, 1992). Els estudis fets sobre les seves comunitats microbianes han estat molt importants, i també una veritable escola de formació de tota una generació d'ecòlegs microbians que continuen fornint-nos d'informació valuosa. Darrerament, els aspectes físics del seu funcionament han estat estudiats detalladament (Serra *et al.*, 2000).

Els problemes relacionats amb el seu estat de salut estan molt interrelacionats amb la protecció dels aquífers dels quals es nodreixen, tant pel que fa a la quantitat com a la qualitat de l'aigua (Borrego i García-Gil, 1994). Tot i que alguns estan inclosos al PEIN i gaudeixen d'algun tipus de

protecció, la seva degradació es fa evident dia a dia (per exemple, els llacs de Basturs), sense que hi hagi cap mena de preocupació per a garantir el flux necessari i la qualitat de les aigües. És urgent un seguiment detallat de la seva evolució biològica (ara només en coneixem estudis detallats però parcials i discontinus) i establir un sistema que mesuri l'estat ecològic d'acord amb la Directiva marc.

4.4. *Embassaments*

Els embassaments catalans van ser estudiats en els estudis de limnologia regional que es van fer fa vint-i-cinc anys i que van ser repetits ara fa una dècada (Margalef *et al.*, 1976; Riera i Morgui, 1990) i la situació del seu estat de salut que s'explicava a la *Història natural dels Països Catalans* (1989) no ha canviat gaire en la majoria, excepte al sistema de Sau-Susqueda. Segurament un dels embassaments més ben estudiats del món és el de Sau, del qual s'han fet molts estudis (ja era un exemple en el *Llibre blanc* i ho va ser a la *Història natural dels Països Catalans*). Actualment, el coneixement que se'n té fa que es puguin establir models matemàtics molt detallats del funcionament fisicoquímic (Han *et al.*, 1999), o del funcionament de les comunitats microbianes (García *et al.*, 2001). En aquest embassament s'ha observat una millora qualitativa molt important de la qualitat de l'aigua (Armengol i García, 1997) que és deguda a la menor càrrega de nutrients que arriba per mitjà dels rius, fet clarament provocat per la depuració terciària (amb precipitació de fòsfor i desnitrificació) que es fa a les depuradores de la conca alta del Ter i molt especialment a la de Vic. És un cas en què les mesures de sanejament han estat clarament efectives, tot i que després d'un període inicial ràpid de millora aquest procés no avança i depèn molt de la pluviositat de l'any (en anys

secs continuen havent-hi les proliferacions de cianobacteris, tan freqüents abans del funcionament de les depuradores). Els darrers anys, l'estudi dels cianobacteris ha adquirit una nova dimensió amb la constatació de la importància com a productors de microcistines tòxiques, molt especialment a Portugal (Vasconcelos *et al.*, 1998), tot i que de moment no s'han detectat episodis greus d'aparició d'aquests tòxics a Catalunya.

4.5. *Aiguamolls i llacunes*

Aquest és un altre grup d'ambients aquàtics que ha sofert una gran degradació els darrers anys sobre el qual s'han fet molts estudis. A Espanya es calcula que hi ha uns 1.600 coscos d'aigua més grans de 0,5 ha (Montes, 1991): els que no tenen gairebé sals dissoltes, els hipersalins i, evidentment, els costaners. A Catalunya, l'inventari de la Generalitat de Catalunya ha identificat i delimitat 203 zones humides, sense comptar els ambients d'alta muntanya, d'acord amb el criteri de zona humida establert a la Llei 12/1985 d'espais naturals. Al web del Departament de Medi Ambient, <<http://www.gencat.es/mediamb>>, està disponible tota aquesta informació mitjançant un sistema d'informació geogràfica que en permet la localització i la delimitació, on s'indica també les alteracions que pateixen. Inclou també alguns llacs càrstics i ambients de muntanya.

L'estat de salut d'aquests ambients és problemàtic en la majoria dels casos, ja que estan amenaçats per molts perills, des de la desaparició física fins a la contaminació passant per l'artificialització del flux d'aigua i de les vores per a fer-los més accessibles al públic. El cas del delta de l'Ebre ha estat un bon laboratori per a comprendre la importància de diferents factors i també per a copsar tots els problemes que

comporta la gestió en llocs on hi ha una intensa activitat humana. L'evolució de les diferents llacunes al Delta ha anat molt lligada a les mesures que s'han pres (o s'han deixat de prendre) per a combatre els problemes més importants que són: l'eutrofització i la manipulació artificial dels fluxos d'aigua, que en aquests ambients provoca la desaparició dels llits de macròfits i la substitució per algues, com molt bé es va detallar al delta de l'Ebre als anys setanta (Comín i Valiela, 1993). A la Tancada, per exemple, els últims deu anys ha disminuït el llit de macròfits i ha augmentat la biomassa de les macroalgues flotants, a causa de la disminució d'entrada d'aigua dolça. Això ha provocat que la llacuna sigui més soma, es renovi menys i els canvis de salinitat siguin menors. Ara, la Tancada està en un estat heterotròfic típic de llocs molt eutròfics (Menéndez i Comín, 2000). Unes mesures de gestió pensades per a millorar l'estat de salut de la llacuna han acabat fent l'efecte contrari. La majoria de les mesures de gestió que s'han pres en la majoria de les nostres zones humides s'han pres sense un rerefons científic, i més aviat en funció de les pressions polítiques i socials (Montes, 1995). Moltes d'aquestes mesures es prenen en uns organismes (el Consell Directiu o la Junta Rectora) on són representats sobretot els usuaris i molt poc els científics. Mentrestant, resultats científics que indiquen la importància d'aquests sistemes com a depuradores naturals (Comín *et al.*, 1998) han estat menystinguts fins ara.

4.6. Rius

L'estudi dels rius catalans qualitativament és el que ha sofert un canvi més important en la darrera dècada; on molta de la informació de la *Història natural dels Països Catalans* caldria que es renovés profundament. S'han llegit nombroses

tesis doctorals i avui tenim molts estudis sobre l'ecologia dels rius mediterranis (Prat *et al.*, 2000d) i abasten tant la fisicoquímica de les aigües superficials com la de les aigües de l'hiporeos (Butturini i Sabater, 2000), l'estructura de les comunitats (Sabater *et al.*, 2000), els aspectes ecotoxicològics (Rosés *et al.*, 1999), l'acció dels enzims (Romani i Sabater, 2000), etc. S'han estudiat desde rius petits de capçalera o rius temporals fins a la part final de l'Ebre (Ibañez *et al.*, 1999). En aquest darrer cas els estudis fets han estat molt importants en la discussió del Pla Hidrològic Nacional.

Els rius catalans estan sotmesos a molts factors que en comprometen la salut (Prat, 1997) i alhora, durant l'última dècada, han estat els ecosistemes aquàtics pels quals s'ha treballat més, amb la finalitat de restablir-la, des que es va revifar el Pla de Sanejament el 1991. Aquests estudis aplicats també s'han multiplicat la darrera dècada, entre els quals destaquen els de les algues (Sabater *et al.*, 1996), els dels macroinvertebrats (Prat i Munné, 2000; Muñoz *et al.*, 1998) o els dels peixos (Elvira, 1997; Aparicio *et al.*, 2000), fins a aspectes més de detall referits a alguns dels contaminants específics, com ara metalls pesants o pesticides (Guasch *et al.*, 1998). Els peixos són precisament un dels grups que estan demostrant més dramàticament la degradació de l'estat ecològic dels rius. De les nou espècies de peixos natives, una es pot considerar desapareguda i set han disminuït, de manera que només es presenten al 15 % dels rius, mentre que les divuit espècies introduïdes estan cada vegada més distribuïdes i són dominants en la majoria dels cursos fluvials. La causa principal d'aquesta saturació és precisament la degradació de l'habitat fluvial, més que no pas la contaminació (Aparicio *et al.*, 2000).

En alguns casos disposem de dades històriques que ens permeten comprovar quina ha estat l'evolució de l'estat de salut d'alguns dels nostres rius mesurat amb indicadors

biològics. És el cas del Besòs i del Llobregat, rius que foren estudiats al començament de l'any vuitanta i que ara ho han estat al final dels noranta amb la mateixa metodologia (Prat *et al.*, 1982, 1983, 2000a).

L'evolució recent d'alguns d'aquests rius és molt interessant, perquè coincideix amb el desenvolupament del Pla de sanejament de Catalunya. A la figura 1 es presenta l'evolució de la qualitat biològica de l'aigua mitjançant l'índex BMWP de quatre estacions de la riera de Caldes. Una, a la capçalera (B24), l'altra, abans de la població de Caldes de Montbui, i les altres dues, aigües avall d'aquesta població.

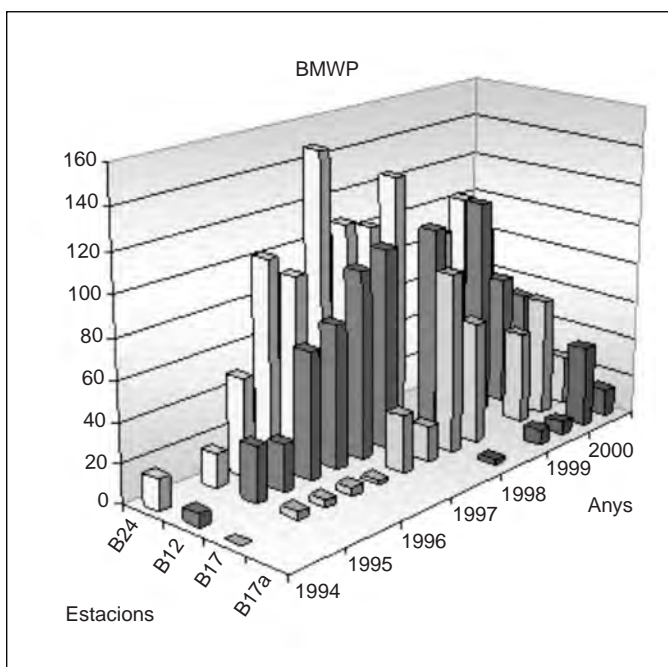


FIGURA 1. Evolució dels índexs biològics a la riera de Caldes de 1994 a 2000.

L'estació 17a se situa sota la depuradora (inaugurada a mitjan anys noranta) i l'estació 17, abans de la depuradora.

Es pot veure que a la capçalera la qualitat és baixa, al principi, resultat dels aiguats que van arrossegar tota la fauna, però es recupera ràpidament i baixa una mica al final, al període sec. A l'estació B17 la qualitat biològica era molt dolenta fins a 1996, quan es van acabar els col·lectors; fins en aquell moment la riera en aquest punt no tenia macroinvertebrats. Amb la construcció dels col·lectors hi ha una millora lleugera, que no va a més per la falta de cabal natural. Sota la depuradora (B17a) només en alguns moments de bon cabal i funcionament excel·lent de la depuradora hi ha indicis de recuperació, però la situació continua sent pèssima per la falta de dilució de l'afluent de la depuradora.

Les dades històriques del Llobregat també són interessants (figura 2). Les condicions de les quatre estacions que es

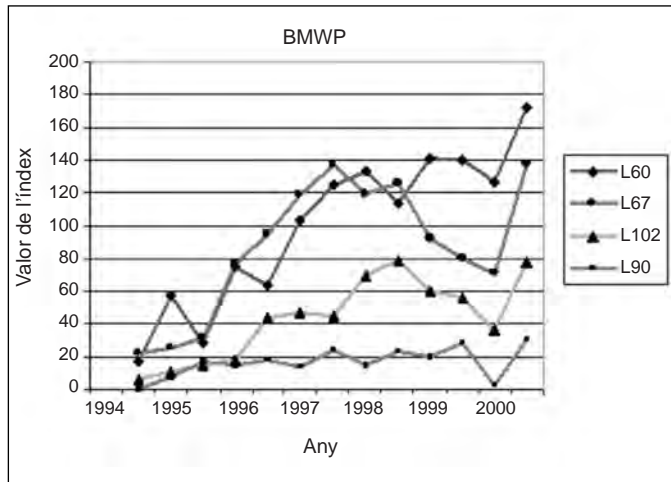


FIGURA 2. Resultats de l'índex BMWP de primavera i estiu de les estacions L60, L67, L102 i L90 del Llobregat de 1994 a 2000.

mostren també són diferents. L'estació L60 és just després de l'embassament de la Baells i és una estació de molt bona qualitat. La L67 és a Balsareny, abans que el riu rebí les entrades de les mines de sal. La L102 és una estació situada al Pont de Vilomara i la L90, al Llobregat, a Molins de Rei.

La tardor de 1994 va ser plujosa i hi va haver una avinguda extraordinària, que va significar un arrossegament massiu de la fauna i flora de tot el riu. Com veiem, al punt L60 té lloc una recuperació progressiva, i al cap de tres anys s'arriba ja a uns valors màxims. El mateix passa al punt L67, però aquí durant els anys secs la qualitat baixa molt per la concentració d'elements nutrients, tot i el sanejament de la part alta de la conca. Al punt L102 no s'arriba mai a una qualitat excel·lent per la manca d'aigua (és sota una minicentral), l'eutròfia i les restes de contaminació de l'aigua. A la part baixa (L90), tot i els esforços de sanejament, la recuperació del riu no passa d'un estat dolent, i en moments de sequera fins i tot és pèssim.

Un altre aspecte molt preocupant és la degradació de les riberes. Avui disposem també d'un sistema d'avaluació de l'estat de conservació de les riberes que és molt adequat per als rius catalans, l'índex QBR (Munné *et al.*, 1998). Es tracta d'un sistema que ens permet comprovar que als rius mediterranis la situació de les nostres riberes és dramàtica.

247

TAULA 5. *Valors de l'índex QBR a cinc conques de rius catalans. S'indica el nombre d'estacions dins de cada rang de qualitat a cada conca i el total, així com els percentatges respectius (dades de l'any 2000)*

	Besòs		Foix		Llobregat		Tordera		Ter		Total	
	Estacions	%	Estacions	%	Estacions	%	Estacions	%	Estacions	%	Estacions	%
> 95	6	9,4	0	0,0	6	8,7	1	2,8	2	3,4	15	5,8
70-90	12	18,8	10	32,3	16	23,2	7	19,4	7	12,1	52	20,2
50-65	6	9,4	7	22,6	6	8,7	5	13,9	13	22,4	37	14,3
30-45	11	17,2	6	19,4	16	23,2	19	52,8	22	37,9	74	28,7
< 25	29	45,3	8	25,8	25	36,2	4	11,1	14	24,1	80	31,0
Total	64	100	31	100	69	100	36	100	58	100	258	100

Com es pot veure a la taula 5, gairebé el 60 % de les estacions estudiades a les cinc conques estan en un estat dolent o pèssim, i només el 5 % en un estat excel·lent o natural; aquestes corresponen gairebé sense excepció als rius mostrejats en parcs naturals.

Aquest fet indica l'estat de degradació que pateixen moltes riberes, cremades per infraestructures, agredides per extracció d'àrids, canalitzades o convertides en plantacions. L'Administració en ple (ajuntaments, Generalitat, Estat) ha maldat durant anys per convertir els rius en canals amb durs murs a cada banda, amb el suport d'una gran part de la població, que creia que així es protegien de les avingudes. Això ha portat a la degradació actual que pateixen les nostres riberes, que en alguns casos es pot considerar gairebé irreversible.

4.7. *Les zones costaneres*

Els ecosistemes costaners també són ben coneguts, com es pot comprovar a la *Història natural dels Països Catalans* (1989), resultat del treball d'una prolífica generació d'investigadors i professors, molts dels quals van iniciar el seu camí en l'estudi pioner que es va fer a les illes Medes (Ros *et al.*, 1984). Avui, aquest treball desenvolupat al llarg de tants anys permet fer estudis de síntesi que avaluen la variació estacional a les costes mediterrànies i les diferències que presenten respecte d'altres costes del món (Coma *et al.*, 2000). També ha assolit un grau important de maduresa l'estudi de l'ecologia i la fisiologia dels alguers submergits —les praderies de posidònia— (Alcoverro *et al.*, 2000) i del coneixement dels efectes de la contaminació (Delgado *et al.*, 1999). Es pot aplicar el mateix a les badies tancades com la dels Alfacs (Camp, 1994; Vidal i Morgui, 2000).

La salut dels ecosistemes costaners catalans és molt variable: hi ha zones privilegiades on encara es conserven d'una forma poc degradada (cap de Creus); d'altres que, tot i estar protegides, pateixen una pressió turística molt forta (illes Medes), i fons marins totalment degradats, com els de davant de Barcelona (Ros i Cardell, 1991).

5. PROGRAMES DE SEGUIMENT DE LA QUALITAT I LA SALUT DELS ECOSISTEMES AQUÀTICS

La Directiva europea de qualitat de les aigües de 1991 (Directiva 91/271), i diverses lleis estatals i autonòmiques (Llei 6/1999) i molt especialment la llei recent sobre el cicle integral de l'aigua, han fet que els aspectes de qualitat siguin avui molt importants i diverses administracions hagin establert protocols d'estudi de l'estat de salut dels ecosistemes aquàtics.

Així la Diputació de Barcelona, que ja va ser la inspiradora dels estudis dels anys vuitanta al Llobregat i al Besòs sobre qualitat biològica de l'aigua, ja el 1994 va copsar que la proposta que hi havia en aquell moment de Directiva de qualitat ecològica era un element molt important en la gestió de l'aigua, i calia estudiar com s'implantaria. D'aquell interès en va sortir l'actual programa d'estudi de la qualitat ecològica dels rius Llobregat, Besòs, Tordera i Foix, que porten a terme conjuntament el Departament d'Ecologia, la Diputació de Barcelona i diverses institucions. Aquest programa avui ja té un primer protocol d'estudi que permet establir l'estat ecològic del riu de manera senzilla (Prat *et al.*, 2000b). El Protocol ha estat adoptat per la xarxa de ciutats sostenibles com un dels indicadors de sostenibilitat (Sureda, 2000).

La Generalitat avui comença a tenir un programa de seguiment de la qualitat de les aigües que queda molt ben

explicat al web de l'ACA (<<http://www.gencat.es/aca>>). A més d'una xarxa bàsica de 135 punts de rius i afluents principals també té una xarxa complementària de 94 punts d'afluents que es mostregen mensualment o dues vegades l'any, respectivament, i s'hi mesuren molts paràmetres. També hi ha una xarxa de zones continentals de bany, una d'automàtica de control (13 estacions), una d'embassaments (29 punts), una d'índexs biològics (140 punts), una de zones humides, la de salinitat del Llobregat, la de radioactivitat i una de tòxics. Realment el treball que es fa és molt interessant i pot ser una bona base per als estudis de l'estat ecològic dels rius. Algunes d'aquestes dades són fàcilment accessibles mitjançant el web del Departament de Medi Ambient, d'altres, encara no.

La Generalitat també ha elaborat estudis interessants i complets sobre indicadors de qualitat de les zones costaneres, que inclou el conegut sistema del control de les aigües de bany (les banderes blaves) des de 1984, el control dels indicadors d'eutròfia des de 1992, del fitoplàncton (i molt especialment de les proliferacions de marees roges) des de 1994, i de les comunitats bentòniques des de 1997. Això es també una bona base per a l'establiment de programes de seguiment de l'estat ecològic, tal com es planteja a la Directiva marc.

6. LA PARTICIPACIÓ CIUTADANA

Un dels elements nous que incorpora la Directiva és la participació ciutadana en el procés de planificació i decisió de la gestió de l'aigua. També és possible implicar els col·lectius ciutadans en la mesura de l'estat de salut dels ecosistemes aquàtics i d'això a Catalunya en tenim diversos exemples.

Per al cas dels rius, hi ha ja una tradició molt antiga que arrenca precisament dels programes d'educació ambiental del Servei del Medi Ambient de la Diputació de Barcelona,

que ja el 1984 va dissenyar un joc de rol que es diu «El joc de l'aigua», on el riu és un subjecte passiu la qualitat del qual canvia en funció de les decisions preses per un grup de jugadors que representen els diferents interessos (pagesos, comerciants, Administració, etc.). Aquest joc ha tingut una àmplia difusió en el món educatiu. El CD-ROM editat pel Servei de Medi Ambient mateix, «Amb l'aigua al coll», el 1997 per a experimentar la gestió integral de l'aigua des del municipi es pot considerar successor directe d'aquest joc.

Les xarxes de participació ciutadana en el control i la inspecció dels rius són comunes al Regne Unit, als Estats Units i a altres països. A Catalunya, el 1998 va néixer el Projecte Rius, un projecte que pretén que els diferents col·lectius ciutadans (d'escoles a llars d'avis) s'impliquin en la vigilància i el control de l'estat de salut dels rius. Avui, aquest projecte està en fase de consolidació amb més de 430 grups. Elabora una revista de distribució gratuïta a tots els grups (*L'Espiadimonis*) i també un informe anual, que en el futur vol ser una veritable radiografia de l'estat de salut dels rius catalans, amb els invertebrats com a indicadors biològics.

Una altra xarxa de formació recent és la de l'estudi dels alguers de posidònia, que pretén fer un seguiment de tots aquests alguers a les costes catalanes (Renom i Romero, 2000). Cada dos mesos edita un butlletí (*Xarxa Informacions*), mitjançant el qual sabem que l'any 2000 tenia 475 voluntaris, 25 estacions de seguiment i 307 immersions fetes a fondàries entre 5 i 25 m. Els alguers de posidònia tenen recobriments entre el 7,9 i el 67,2 % a les nostres costes, i el seguiment que en fa la xarxa de ben segur que serà un element molt important de gestió de futur.

7. CONCLUSIONS

La salut dels ecosistemes aquàtics catalans no es pot pas dir que sigui bona, sinó més aviat al contrari. Els rius són on es presenten els problemes més importants, tot i la gran inversió que s'ha fet en depuradores els darrers anys. Els llacs de muntanya aparentment estan en millor situació, tot i l'exploració hidroelèctrica que se'n fa. En tots aquests ambients l'evolució futura és molt incerta, ateses les grans pressions que pateixen que amenacen la integritat física (destrucció de l'hàbitat per diverses obres), les característiques fisicoquímiques (eutrofització, contaminació) o les invasions biològiques (peixos, cranc americà).

La proposta de Directiva marc aprovada el 2000 pot significar un canvi qualitatiu molt important en l'evolució de la salut dels ecosistemes, si s'esmercen els mitjans i les voluntats que calen per a implantar-lo. Un element clau per a aquest canvi de tendència és la mesura de l'estat ecològic basada en les comunitats d'organismes. Sense una bona xarxa de mesura i seguiment de la qualitat biològica dels nostres rius, llacs, embassaments, aiguamolls i costes, serà molt difícil saber quina és la situació de partida i quin ha de ser l'objectiu final.

Catalunya disposa avui de molts grups que poden fer de forma efectiva aquesta mesura a les seves universitats, centres de recerca i a l'Administració. També disposa de xarxes ciutadanes que poden contribuir a fer evident a tots els ciutadans l'eficàcia de les mesures preses per a conservar i millorar la salut dels nostres ecosistemes aquàtics. Només calen els mitjans suficients i la voluntat de tirar endavant tot aquest esforç.

AGRAÏMENTS

Sobretot a tots els membres del grup de treball Ecobill: Maria Rieradevall, Toni Munné, Núria Bonada, Carolina Solà, Marc Plans, Mireia Vila i Rosa Casanovas, que al llarg de tots aquests anys han fet la major part de la feina sobre rius que s'exposa en aquest treball.

A l'Àrea de Medi Ambient de la Diputació de Barcelona (i molt especialment a I. Gonzalvo i V. Sureda) per confiar en nosaltres des de 1994 per a fer el seguiment de la qualitat ecològica dels rius de la província de Barcelona.

Al Consorci per a la Defensa del Riu Besòs, al laboratori de SGABSA a Sant Joan Despí i, en particular, al seu Equip de Policia de Rius, a la Mancomunitat Intercomarcal Penedès-Garraf i a la Fundació Rectoria Vella de Sant Celoni (M. Miralles i J. Jubany) per la col·laboració i la participació activa en el nostre treball dels rius de la província de Barcelona.

També vull agrair la informació que m'han proporcionat a Ll. Godé i M. de Torres, de l'Agència Catalana de l'Aigua de la Generalitat de Catalunya, i J. Catalán i P. Renom, del Departament d'Ecologia de la Universitat de Barcelona.

253

BIBLIOGRAFIA

- ALCOVERRO, T.; MANZANERA, M.; ROMERO, J. (2000). «Nutrient mass balance of the seagrass posidonia oceanica: the importance of nutrient retranslocation». *Marine Ecology Progress Series*, núm. 194, p. 13-21.
- APARICIO, E.; VARGAS, M. J.; OLMO, J. M.; SOSTOA, A. (2000). «Decline of native freshwater fishes in a Mediterranean watershed in the Iberian Peninsula: a quantitative assessment». *Environmental Biology of Fishes*, núm. 59, p. 11-19.

- ARMENGOL, J.; GARCIA, J. C. (1997). «Ecología de los embalses españoles». *Ecosistemas*, núm. 20/21, p. 36-41.
- BORRERO, C. M.; GARCIA-GIL, L. J. (1994). *Caracterización limnológica de La Coromina, una laguna hipereutrófica del sistema lacustre de Banyoles*.
- BUTTURINI, A.; SABATER, F. (2000). «Seasonal variability of dissolved organic carbon in a mediterranean stream». *Biogeochemistry*, núm. 51, p. 303-321.
- CAMARERO, L.; CATALÁN, J.; BOGGERO, A.; MARCHETTO, A.; MOSELLO, R.; PSENNER, R. (1995). «Acidification in high mountain lakes in central, southwest, and southeast Europe (Alps, Pyrennees, Pirin)». *Limnologica*, núm. 25, p. 141-156.
- CAMP, J. (1994). *Aproximaciones a la dinámica ecológica de una bahía estuárica mediterránea*. Barcelona: Universitat de Barcelona. [Tesi doctoral]
- CATALÁN, J. (1994). «La problemàtica de l'aprofitament hidràulic en el Parc Nacional d'Aigüestortes i Estany de Sant Maurici». *III Jornades sobre Recerca al Parc Nacional d'Aigüestortes i Estany de Sant Maurici Boi (Alta Ribagorça)*, 26, 27 i 28 d'octubre de 1994, p. 249-256.
- (1997). «Los lagos alpinos como testigos del cambio climático y ambiental en Europa: el proyecto Molar». *Jornadas sobre la Conservación de Lagos y Humedales de Alta Montaña de la Península Ibérica*. Madrid.
- (1999). «Small-scale hydrodynamics as a framework for plankton evolution». *The Japanese Journal of Limnology*, núm. 60 (4), p. 469-494.
- (2000). «Primary production in a high mountain lake: an overview from minutes to kiloyears». *Atti della Associazione Italiana di Oceanologia e Limnologia*, núm. 13 (2), p. 1-21.
- CATALÁN, J. [et al.] (1993). «Chemical composition of disturbed and undisturbed high-mountain lakes in the Pyrennees. Reference for acidified sites». *Wat. Res.*, núm. 27 (1), p. 133-141.

- CATALÁN, J. [*et al.*] (1994). «Nitrogen in the Pyrenean lakes (Spain)». *Hydrobiologia*, núm. 274, p. 17-24.
- (1997). *L'obra hidràulica en els Pirineus: avaluació, correcció i prevenció de l'impacte mediambiental*. [S. Il.]: Enher: Fecsa: Fundació La Caixa. 591 p.
- COMA, R.; RIBES, M.; GILL, J. M.; ZABALA, M. (2000). «Seasonality in coastal benthic ecosystems». *Tree*, núm. 15 (11), p. 448-453.
- COMÍN, F.; ROMERO, J. A.; GARCÍA, C. (1998). «Removal of nitrogen and phosphorus from agricultural sewage in two restored wetlands». *Verh. Internat. Verein. Limnol*, núm. 26, p. 1316-1320.
- COMÍN, F.; VALIELA, I. (1993). «On the controls of phytoplankton abundance and production in coastal lagoons». *Journal of Coastal Research*, núm. 9 (4), p. 895-906.
- DELGADO, O.; RUIZ, J.; PÉREZ, M.; ROMERO, J.; BALLESTEROS, E. (1999). «Effects of fish farming on seagrass (*Posidonia oceanica*) in a mediterranean bay: seagrass decline after organic loading cessation». *Oceanologica Acta*, vol. 22, núm. 1, p. 109-117.
- «Directiva 2000/60/CE del Parlament Europeu i del Consell de 23 d'octubre de 2000». [Marc comunitari d'actuació en l'àmbit de la política d'aigües]
- ELVIRA, B. (1997). «El declive de los peces fluviales en España». *Ecosistemas*, núm. 27, p. 66-71.
- GARCIA, E.; BALLESTEROS, E. (1998). «Effects of building up a dam in a shallow mountain lake». *Oecologia Aquatica*, núm. 11, p. 55-66.
- GUASCH, H.; IVORRA, N.; LEHMAN, V.; PAULSSON, M.; REAL, M.; SABATER, S. (1998). «Community composition and sensitivity of periphyton to atrazine in flowing waters: the role of environmental factors». *Journal of Applied Phycology*, núm. 10, p. 203-213.
- HAN, B.-P.; ARMENGOL, J.; GARCIA, J. C.; COMERMA, M.; ROURA,

- M.; DOLZ, J.; STRASKRABA, M. (1999). «The thermal structure of Sau reservoir (NE: Spain): a simulation approach». *Ecological Modelling*, núm. 125, p. 109-122.
- IBÁÑEZ, C.; PRAT, N.; CANICIO, A.; CURCÓ, A. (1999). *El Delta del Ebro, un sistema amenazado*. Bilbao: Bakeaz. 109 p.
- INSTITUCIÓ CATALANA D'HISTÒRIA NATURAL (1974). *Llibre blanc de gestió de la natura als Pirineus catalans*. [Barcelona]: Barcino. 570 p.
- KARR, J. R. (1999). «Defining and measuring river health». *Freshwater Biology*, núm. 41:2, p. 221-234.
- «Llei 6/1999, de 12 de juliol, d'administració, gestió i tributació de l'aigua». *Diari Oficial de la Generalitat de Catalunya*, núm. 2936 (22 juliol 1999).
- «Llei 46/1999, de 13 de desembre, de modificació de la Llei 29/1985, de 2 d'agost, d'aigües». *Butlletí Oficial de l'Estat*, núm. 298 (14 desembre 1999).
- MARGALEF, R. (1955). *Los organismos indicadores en la limnología*. Instituto Forestal de Investigación Experimental. 308 p.
- (1969). «El concepto de polución y sus indicadores biológicos». *Documentos de Investigación Hidrológica. Suplemento Agua*, núm. 7, p. 105-133.
- (1994). *Limnology now: a paradigm of planetary problems*. [S. ll.]: Elsevier. 553 p.
- (1998). «El marco ecológico para iluminar la sociedad actual». A: NAREDO, J. M.; PANE, F. [ed.]. *Economía, ecología y sostenibilidad en la sociedad actual*. Madrid: Siglo XXI, p. 51-66.
- MARGALEF, R. [et al.] (1976). *Limnología de los embalses españoles*. Publicaciones del MOP. 422 p.
- MARGALEF, R.; TERRADES, J.; PRAT, N. (1989). «Sistemes naturals». A: *Història natural dels Països Catalans*. Vol. 14. Barcelona: Enciclopèdia Catalana. 500 p.
- MENÉNDEZ, M.; COMÍN, F. (2000). «Spring and summer proli-

- feration of floating macroalgae in a mediterranean coastal lagoon (Tancada lagoon, Ebro delta, NE Spain)». *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, núm. 51, p. 215-226.
- MIRACLE, R.; VICENTE, E.; PEDRÓS-ALIÓ, C. (1992). «Biological studies of Spanish meromictic and stratified karstic lakes». *Limnetica*, núm. 8, p. 59-78.
- MONTES, C. (1995). «La gestión de los humedales españoles protegidos: Conservación *vs* confusión». *El Campo*, núm. 132, p. 101-128. [Servei d'estudis del BBV]
- MONTES, C.; DUARTE, C. [ed.] (1992). «Limnology in Spain». *Limnetica*, núm. 8, p. 277.
- MONTES, C. [coord.] (1991). *Estudios de las zonas húmedas continentales de España: Inventario, tipificación, relación con el régimen hídrico general y medidas de protección*. Madrid: INITEC: Dirección de Recursos Hidráulicos. MOPU.
- MUNNÉ, A.; SOLÀ, C.; PRAT, N. (1998). «QBR: un índice rápido para la evaluación de la calidad de los ecosistemas de ribera». *Tecnología del Agua*, núm. 175, p. 20-37.
- MUÑOZ, I.; PICÓN, A.; SABATER, S.; ARMENGOL, J. (1998). «La calidad del agua del río Ter a partir del uso de índices biológicos». *Artículos Técnicos - Tecnología del Agua*, núm. 175, p. 60-67.
- PLA, S. (2000). «Las diatomeas y los estomacistos de crisofitos como herramientas paleolimnológicas en la protección y gestión de ecosistemas lacustres». A: TORO, M. [ed.]. *Conservación de los lagos y humedales de alta montaña de la Península Ibérica*. [S. Il.]: [s. n.], p. 143-156.
- POCH, M. (1999). *Las calidades del agua*. [S. Il.]: Rubes Editorial. 159 p.
- PRAT, N. [ed.] (1979a). «La limnología». *Quaderns d'Ecologia Aplicada*, núm. 4. 135 p. [Servei de Parcs Naturals i Medi Ambient. Diputació de Barcelona]
- (1979b). «Gestió de les aigües continentals catalanes.

- Perspectives de futur»). *Quaderns d'Ecologia Aplicada*, núm. 4, p. 109-112.
- (1995). «El agua en los ecosistemas». *El Campo*, núm. 132, p. 29-48. [Servei d'Estudis del BBV]
- (1996a). «La gestión ecosistémica del agua, necesidad de una visión integrada». *Tecnología del Agua*, vol. 105, p. 63-70.
- (1996b). «Planificar l'aigua; oblidar-se de la vida». *Ecologia i territori a Catalunya*. Barcelona: Publicacions UAB, p. 15-30.
- (1997). «Retos para la conservación de los ríos». *Ecosistemas*, núm. 20/21, p. 42-47.
- (1998a). «Ecologia i gestió de l'aigua a Catalunya. Aigua: gestionar l'escassetat». *Medi Ambient. Tecnologia i Cultura*, núm. 25, p. 5-15.
- (1998b). «El sanejament a Catalunya (1996-1998)». *Depana en Acció*, núm. 16, p. 17-21.
- PRAT, N.; MUNNÉ, A. (2000). «Water use and quality and stream flow in a Mediterranean stream». *Wat. Res.*, núm. 34 (15), p. 3876-3881.
- PRAT, N.; MUNNÉ, A.; RIERADEVALL, M.; BONADA, N. (2000). «La determinación del estado ecológico de los ecosistemas acuáticos en España». A: FABRA, A.; BARREIRA, A. [ed.]. *La aplicación de la Directiva Marco del Agua en España. Retos y oportunidades*. Madrid: Instituto Internacional de Derecho y Medio Ambiente, p. 48-81.
- PRAT, N.; MUNNÉ, A.; RIERADEVALL, M.; SOLÉ, C.; BONADA, N. (1999). *La qualitat ecològica del Llobregat, el Besòs, el Foix i la Tordera*. Barcelona: Diputació de Barcelona. Àrea de Medi Ambient. (Estudis de la Qualitat Ecològica dels Rius; 7). 154 p.
- (2000a). *La qualitat ecològica del Llobregat, el Besòs, el Foix i la Tordera*. Barcelona: Diputació de Barcelona. Àrea de Medi Ambient. (Estudis de la Qualitat Ecològica dels Rius; 8). 162 p.

- (2000*b*). *ECOSTRIMED. Protocol per determinar l'estat ecològic dels rius mediterranis*. Barcelona: Diputació de Barcelona. Àrea de Medi Ambient. (Estudis de la Qualitat Ecològica dels Rius; 9). 94 p.
- PRAT, N.; MUNNÉ, A.; RIERADEVALL, M.; CARCELLER, F.; FONS, J.; CHACÓN, G.; IBÁÑEZ, J.; FONT, X.; CARMONA, J. M.; ROMO, A. (2000). «Biodiversity of a mediterranean stream drainage network». *Verh. Internat. Verein. Limnol.*, núm. 27, p. 135-139.
- PRAT, N.; PUIG, M. A.; GONZÁLEZ, G. (1983). *Predicció i control de la qualitat de les aigües dels rius Besòs i Llobregat. II. El poblament faunístic i la seva relació amb la qualitat de les aigües*. Barcelona: Diputació de Barcelona. Servei del Medi Ambient. (Monografies; 9)
- PRAT, N.; PUIG, M. A.; GONZÁLEZ, G.; TORT, M. J. (1982). *Predicció i control de la qualitat de les aigües dels rius Besòs i Llobregat. I: Els factors físics i químics*. Barcelona: Diputació de Barcelona. Servei del Medi Ambient. (Monografies; 6). 206 p.
- PRAT, N.; RIERADEVALL, M.; MUNNÉ, A.; CHACÓN, G. (1996). *La qualitat ecològica de les aigües del Besòs i el Llobregat*. Barcelona: Diputació de Barcelona. Àrea de Medi Ambient. (Estudis de la Qualitat Ecològica dels Rius; 1). 102 p.
- (1997). *La qualitat ecològica de les aigües del Besòs i el Llobregat*. Barcelona: Diputació de Barcelona. Àrea de Medi Ambient. (Estudis de la Qualitat Ecològica dels Rius; 2). 153 p.
- RENOM, P.; ROMERO, J. (2000). *Xarxa d'informació. Butlletí de la Xarxa de Vigilància dels Alguers*, núm. 28.
- RIERA, J. L.; MORCUL, J. A. (1990). «Limnologia regional de los embalses españoles». *Mundo Científico*, núm. 104, p. 720-726.
- RIERADEVALL, M.; PRAT, N. (1999). «Chironomidae from high mountain lakes in Spain and Portugal. Late 20 th century research on chironomidae». A: HOFFRICHTER, O. [ed.]. *An*

- anthology from the 13 th international symposium on chironomidae*. Aquisgrà: Shaker Verlag, p. 605-613.
- ROCA, J. R.; CATALÁN, J. (1999). «Los ecosistemas acuáticos de los Pirineos». A: VILLA, L. [ed.]. *Espacios naturales protegidos del Pirineo: Ecología y cartografía*. [S. Il.]: [s. n.], p. 87-91.
- ROMANÍ, A. M.; SABATER, S. (2000). «Influence of algal biomass on extracellular enzyme activity in River Biofilms». *Microbial Ecology*; núm. 41, p. 16-24.
- ROS, J. D.; CARDELL, M. (1991b). «Effects on benthic communities of a major input of organic matter and other pollutants (coast off Barcelona, western Mediterranean)». *Toxicological and Environmental Chemistry*, núm. 31-32, p. 441-450.
- ROS, J. D.; OLIVELLA, I.; GIL, J. M. (1984). *Els sistemes naturals de les illes Medes*. Barcelona: Institut d'Estudis Catalans. (Arxius de la Secció de Ciències; 73).
- ROS, J. D.; PRAT, N. [ed.] (1991a). «Homage to Ramón Margalef or, why there is such pleasure in studying nature». *Oecologia Aquatica*, núm. 10. 439 p.
- ROSES, N.; POQUET, M.; MUÑOZ, I. (1999). «Behavioural and histological effects of atrazine on freshwater mollusc (*Physa acuta* drap. and *Ancylus fluviatilis* mull. gastropoda)». *Journal of Applied Toxicology*, núm. 19, p. 351-356.
- SABATER, S.; GUASCH, H.; ROMANÍ, A.; MUÑOZ, I. (2000). «Stromatolitic communities in mediterranean streams: adaptations to a changing environment». *Biodiversity and Conservation*, núm. 9, p. 379-392.
- SABATER, S.; PICON, A. (1996). «Using diatom communities to monitor water quality in a river after the implementation of a sanitation plan (river Ter, Spain)». A: WHITON, B. A.; ROTT, E. [ed.]. *Use of algae for monitoring rivers II*, p. 97-103.
- SERRA, T.; PIERA, J.; CATALÁN, J.; COLOMER, J.; ROGET, E.; CASAMITJANA, X. (2000). «Particle and turbulence mea-

surements in lakes: application to the rising plume of lakes Banyoles». *Verh. Internat. Verein. Limnol*, núm. 27, p. 256-260.

SUREDA, V. [dir.] (2000). *Sistema municipal d'indicadors de sostenibilitat*. Barcelona: Diputació de Barcelona. Servei de Medi Ambient. 328 p.

VASCONCELOS, V.; CERQUEIRA, M.; MARTINS, R. (1998). «Ocorrência de microcistinas (*Hepatotoxinas*) em águas doces portuguesas (1989-1997)». *Libro de Resúmenes. I Congreso Ibérico de Limnología*, Évora, juny 1998, p. 26.

VIDAL, M.; MORGUI, J. (2000). «Close and delayed benthic-pelagic coupling coastal ecosystems: the role of physical constraints». *Hydrobiologia*, núm. 429, p. 105-113.



**SOCIETAT CATALANA
DE BIOLOGIA**

QUALITAT DE L'AIGUA

LITORAL:

POBLACIONS DE RISC

INTRODUCCIÓ AL MEDI LITORAL,

A CÀRREC DE

JORDI CAMP,

DE L'INSTITUT DE

CIÈNCIES DEL MAR, CSIC

Les aigües superficials dels oceans són, en general, netes i pobres. Les produccions elevades queden limitades a llocs on es donen afloraments d'aigües fondes riques en nutrients, o bé aportacions d'aigües continentals amb materials dissolts que actuen de fertilitzants.

La Mediterrània és un cas paradigmàtic d'aquesta situació. Globalment la seva dinàmica d'estuari negatiu li fa canviar l'aigua fonda rica en nutrients per la superficial atlàntica, més pobre. Les situacions d'aflorament lligades a fenòmens hidrogràfics de vora de talús no són espectaculars, i els mecanismes de fertilització massiva per la barreja vertical del final de la tardor-hivern, encara que intensos, són localitzats i de curta durada. El resultat és un mar blau, transparent i fortament oligotròfic en les aigües superficials.

Però aquesta visió no es correspon amb l'aigua que toca a la costa. El continent està elevat sobre el nivell del mar; l'aigua de la pluja llisca sobre la seva superfície, dissol, arrossega i transporta materials diversos i acaba abocant a mar, al nivell zero, on comença un procés de dilució. Tenim doncs, una massa continental elevada, tridimensional, que recull i porta aigua cap a una altra massa tridimensional que dilueix aquesta aigua, però passa per una interfase unidimensional: la costa.

En les proximitats d'aquesta línia, el mar queda fortament modificat per efecte del continent, tant, que les seves característiques tenen poc a veure amb les descrites com a típiques. Com que les aportacions d'aigua continental són heterogènies, espacialment i temporalment, i també ho són els processos que governen la dilució, el resultat és un ambient d'una gran variabilitat i sotmès a forts gradients. En un mar de mareas dèbils com la Mediterrània, aquest efecte encara és més acusat.

La Mediterrània és també un mar molt antròpic. Sobre les seves costes hi viuen cap a 500 milions de persones

repartides aproximadament al 50 % entre les ribes nord i sud, encara que es calcula que a mitjan segle XXI la població superarà els 600 milions, dels quals només una tercera part ocuparà la riba nord.

La població modifica fortament el continent, canvia l'estructura i els usos del territori, altera substancialment el cicle de l'aigua i canvia sensiblement la mateixa línia de costa. Catalunya és un país que representa molt bé les característiques de l'arc nord-occidental mediterrani, quant a característiques físiques, climàtiques, demogràfiques i socioeconòmiques. També és una bona representació del model de desenvolupament considerat *correcte* al final del segle XX, i per tant els països del sud i alguns del nord de la Mediterrània caldria que l'imitessin. Parlem, doncs, de Catalunya.

Dels sis milions d'habitants del país, més de quatre viuen sobre la costa, fet que ens dóna una xifra de uns 10 hab./m lineal de front coster, molt pròxim al valor mitjà de la conca mediterrània. A l'estiu, prop de 10 milions de persones ocupen el litoral. Aquesta ocupació és temporal, però no ho són les infraestructures que la suporten. El resultat de l'acció humana és una impermeabilització progressiva de les parts baixes del litoral, que ha ocupat i destruït gairebé tots els sistemes de filtres naturals, com ara els aiguamolls. D'altra banda, l'ús de pendents, més o menys pronunciades, per a urbanitzacions o l'agricultura intensiva, contribueix a incrementar el coeficient d'escorrentia, que fa que les aigües de les habituals pluges torrencials mediterrànies arrossequin unes grans quantitats de materials i nutrients i els aboquin gairebé íntegrament i directament a mar.

En contrapartida, l'optimització dels usos de l'aigua fa que els cursos d'aigua regulars redueixin les aportacions directes a mar i, quan aboquen, ho fan amb volums molt més petits, encara que molt carregats de matèria orgànica i nutrients, és a dir, transformats en aigües residuals.

Si haguéssim de donar unes magnituds aproximades de tot això, podrien ser aquestes: l'aportació d'aigua al mar de Catalunya per part dels rius és d'uns $12.000 \text{ hm}^3/\text{any}^{-1}$, dels quals 10.000 són de l'Ebre (abans del PHN). Les aigües residuals abocades a mar de manera més o menys controlada són d'uns $500 \text{ hm}^3/\text{any}^{-1}$ (que seran gairebé totalment controlades quan funcioni la infraestructura de sanejament del Llobregat) i els abocaments directes per escorrentia amb situacions de pluges fortes poden ser semblants, encara que aquests es reparteixen en uns pocs dies a l'any. Si en lloc de volums parlem de quantitat de nutrients aportats, el panorama canvia: les aigües residuals, per les altes concentracions, aporten la mateixa quantitat de nutrients que l'Ebre, i possiblement que les aigües d'escorrentia, encara que aquest últim valor està estimat de forma molt poc acurada.

De tots aquests processos, en resulten unes aigües litorals que en els primers 500 metres immediats a la línia costanera tenen, de mitjana, més nutrients que els valors considerats habituals a les aigües mediterrànies. Aquests valors estan distribuïts molt irregularment en l'espai i el temps; així, en certs moments i llocs, les aigües que toquen a la costa són tan oligotròfiques com les del mig de la Mediterrània, mentre que en altres llocs i moments es poden assolir concentracions de nutrients cent o més vegades superiors als habituals. La forma com es presenten els nutrients també varien, així com llurs proporcions relatives. És habitual que en les immediacions de zones d'elevada demografia la principal font de nitrogen per a la producció primària sigui l'amoni enlloc del nitrat. També varien les proporcions entre els nutrients i és normal trobar en aquestes aigües litorals una deficiència notable de silici, que actuarà com a limitador del creixement de les espècies de fitoplàcton que el necessiten.

L'altre aspecte que cal considerar és la dilució. L'ús massiu del litoral per la població ha generat la demanda d'ai-

gües tranquil·les, a fi de protegir els usos de la costa i gaudir del mar. El resultat ha estat una proliferació extraordinària d'obres sobre el litoral, que es pot concretar a la nostra costa amb l'existència de més de 40 ports en 400 quilòmetres de front costaner. Si parlem d'esculleres, dics i altres estructures de protecció, la quantitat és molt més gran. Només cal dir que el 1998 als 400 quilòmetres de front costaner català hi havia 270 quilòmetres d'estructures artificials.

Així, i en resum, la tendència ha estat a canviar uns fluxos continent-oceà canalitzats a través de sistemes naturals, i en general amb baixes concentracions de nutrients, per d'altres molt més reduïts en volum però amb concentracions elevades. Part d'aquests han estat controlats i canalitzats a través d'emissaris a fi d'assolir nivells de dilució acceptables, semblant als naturals, i de fet són els menys preocupants. Però els fluxos que depenen d'una estructuració determinada de territori són gairebé impossibles de canviar a curt termini. També hem reduït la capacitat de dilució del mar confinant-lo amb multitud d'obres diverses que segueixen proliferant al llarg del litoral.

Doncs bé, si tenim un litoral que hem modificat profundament, hem forçat els fluxos de nutrients al seu través, hem eliminat els sistemes naturals que actuaven de filtre, al continent i a la frontera, i hem reduït molt la capacitat de dilució del mar amb un nombre elevat de punts, ens ha de sorprendre l'existència de canvis importants en els organismes que hi viuen?

Penso que tot el que s'explicarà a continuació forma part d'un procés natural previsible i coherent amb la nostra manera de gestionar el món.



**ESTÀ AUGMENTANT
LA FREQUÈNCIA
D'APARICIÓ DE MEDUSES
A LES NOSTRES COSTES?,
A CÀRREC DE
FRANCESC PAGÈS,
DE L'INSTITUT DE
CIÈNCIES DEL MAR, CSIC**

Els darrers anys, arran de les observacions d'eixams de meduses al litoral català i del nombre creixent de persones picades per aquests organismes, sembla que hi ha la percepció d'un augment progressiu del nombre de meduses. Cada estiu, aquest fenomen és tractat pels mitjans de comunicació de manera anecdòtica o alarmista, producte de les circumstàncies del moment, però la resposta a la pregunta plantejada s'ha de tractar amb cura, perquè no es disposa de dades concloents i hem de ser com els meteoròlegs de la televisió quan s'acosta el cap de setmana.

En tot el litoral de l'Estat espanyol no hi ha cap registre temporal de la presència d'eixams de meduses i, evidentment, una avaluació encertada del problema, si es pot considerar així, va més enllà de dades recollides discontinuament en l'espai i el temps. De moment podem fer una aproximació a partir d'observacions i de dades relatives recollides per algunes persones i entitats els darrers anys.

Les meduses són animals que pertanyen al filum dels cnidaris (gr. *kínide*, 'ortiga') i van sorgir entre els primers metazous en el període precàmbric, fa més de sis-cents milions d'anys, període en què es desenvoluparen i presumiblement foren molt abundants, malgrat que els fòssils siguin escassos per la dificultat de conservació dels seus teixits aquosos. Les meduses viuen a tot els mars del planeta, des dels pols a l'equador i des d'aigües superficials fins a les profunditats més grans; fins i tot hi ha espècies bentopelàgiques i altres d'estrictament bentòniques, mal conegudes però. Són organismes diblasts, amb ectoderm i endoderm separats per la mesoglea. Aproximadament el 96 % del cos d'una medusa és aigua, una propietat que li ha permès desenvolupar-se favorablement en el medi marí gràcies a diverses adaptacions, com la flotabilitat quasi neutra i la transparència general del cos, que les fa invisibles enfront els predadors. Morfològicament es componen d'una campana o ombrel·la d'on

penja un manubri central que conté l'estómac, unes gònades, uns tentacles marginals i uns òrgans sensorials a la vorera ombrel·lar. Hi ha dos grans tipus de meduses; les més grans i conegudes pertanyen a la classe *Scyphozoa* (unes 150 espècies) que neden mitjançant la força dels músculs de l'ombrel·la; les més petites (classe *Hydrozoa*, unes 1.000 espècies) es propulsen mitjançant la contracció rítmica del vel ombrel·lar.

Les meduses són temudes pel dolor produït si entra en contacte amb els seus tentacles coberts per milers de cèl·lules urticants anomenades *cnidocists*. Al Mediterrani occidental les espècies més abundants en ordre decreixent són l'acàlef luminescent (*Pelagia noctiluca*), el borm blau (*Rhizostoma pulmo*), l'ou ferrat (*Cotylorhiza tuberculata*) i el borm radiat (*Chrysaora hysoscella*), espècies ja catalogades i descrites per Josep Maluquer (1919) en el primer estudi fet sobre les escifomeduses del mar català. Cal dir, però, que el borm blau sembla haver augmentat notablement durant els darrers dos o tres anys. També hi ha aparicions esporàdiques d'hidromeduses, però, com que són més petites, generalment passen desapercebudes. De totes maneres, l'antomedusa *Verella vellera* va ser l'espècie que va mostrar eixam més gran i cridaner l'any 2000. Al final d'abril grans quantitats d'aquesta espècie neustònica, fàcilment identificable pel color blau intens de la vorera i la vela quitinosa que la fa derivar a mercè dels vents, van ser observades a les costes de Tunísia i Algèria. A mitjan maig, les aigües litorals i les platges catalanes es van tnyir d'un blau intens per l'aparició massiva de meduses, que fou detectada a les costes franceses el mes següent. La Costa Brava no recorda un fenomen com aquest al llarg del darrer segle.

Els eixams de meduses s'observen en qualsevol lloc de la costa, on arriben afavorits per diversos mecanismes físics i biològics. La direcció dels vents i dels corrents marins en

combinació amb la topografia litoral, les condueixen cap a certs indrets, on formen agregacions de morfologia i dimensions variables (Graham *et al.*, 2001). Menys conegut és el paper que té el comportament de cada espècie encara que, per exemple, observacions *in situ* mostren agregacions en determinades capes batimètriques o bé en zones estuàriques i fronts halins en època de reproducció.

No hi ha cap estudi científic o dades que demostrin que l'abundor i la freqüència de meduses a la costa catalana es mantingui estable o hagi disminuït els darrers anys. Per contra, les dades disponibles juntament amb la intensificació d'una sèrie de processos derivats de les activitats humanes, indiquen un increment progressiu. Les dades més il·lustratives que he trobat corresponen al nombre de persones ateses per la Creu Roja de Catalunya a les platges del municipi de Barcelona. En el quinquenni 1996-2000, el nombre d'afectats fou de 3.053, 3.835, 5.628, 6.797 i 4.683, respectivament, dels quals sofriren picada de medusa 700 (30 %), 1.396 (36 %), 2.738 (48 %), 3.197 (47 %) i 953 (20 %) (Creu Roja, 2000a). La davallada del nombre d'assistències l'any 2000 fou atribuït per la Creu Roja al seguiment de les senyalitzacions visuals i acústiques per part dels banyistes, però crec que les raons han de ser unes altres, incloent-hi la disminució de dies efectius de platja deguda a les condicions meteorològiques adverses. Per a tot el litoral català només es disposa de les dades de l'any 2000. Entre el 15 de maig i el 17 de setembre foren assistides 15.313 persones al litoral provincial de Girona, 23.204 al de Barcelona i 15.532 al de Tarragona. Van ser tractades per picada de medusa 3.524 (22 %), 4.444 (28 %) i 5.019 (21 %) persones, respectivament, amb un pic màxim al mes d'agost (Creu Roja de Catalunya, 2000b).

Les causes que poden afavorir un augment de l'abundor de meduses són diverses, però totes són *antropogèniques*.

1. EXPLOTACIÓ PESQUERA SENSE MESURA NI CONTROL

La sobreexplotació dels recursos pesquers condueix inevitablement a la disminució de la biomassa mundial de peixos i al col·lapse de les pesqueries, una tendència que podria ser compensada per un augment de la biomassa d'organismes gelatinosos. Les meduses competeixen amb els peixos per les preses, principalment petits crustacis com els copèpodes, i la sobrepesca proporcionaria, per tant, més recursos tròfics als cnidaris.

Les meduses també depreden les larves de peixos, curiosament situades en un nivell tròfic superior, i alguns resultats obtinguts al mar català indiquen que les meduses capturen aproximadament l'1-10 % de larves quan poblacions d'ambdós organismes interactuen en l'espai i el temps, i l'impacte tròfic s'intensifica a la nit, quan els predadors no visuals estenen els tentacles en les aigües superficials on es concentra l'ictioplàncton (Pagès i Sabatés, en preparació). D'altra banda, la reducció de la dimensió i la talla de les poblacions de peixos comercials podria comportar una disminució de les poblacions de copèpodes herbívors, que afavoriria un increment de les concentracions de fitoplàncton, on destaquen les algues dinoflagel·lades tòxiques. El fitoplàncton tòxic afecta nombrosos brostejadors però no a tots, els quals acumulen toxines i es converteixen en vectors del transport de substàncies tòxiques (ex. fucoxantines) fins als peixos, tants larves com adults (Turner i Tester, 1997). Apparentment els organismes gelatinosos tant carnívors com brostejadors, no són afectats pels dinoflagel·lats tòxics.

273

2. DISMINUCIÓ DELS PREDADORS

La sobrepesca i la utilització de tècniques de captura indiscriminada, com els *long-lines*, afecten negativament els pre-

dadors naturals de les meduses, que són les tortugues, algunes aus i diversos peixos. El plàncton gelatinós és el principal component de la dieta de les tortugues marines (Bjørndal, 1997). L'ús de palangres ocasiona un greu impacte en aquest rèptils, perquè molts moren ferits pels hams enganxats al tracte digestiu, que només poden extreure's amb cirurgia. La feina del Centre de Recuperació d'Animals Marins (CRAM), amb seu a Premià, és molt lloable per l'esperit que mou els seus voluntaris i col·laboradors, que cada any salven un nombre creixent de tortugues, principalment *Caretta caretta*, capturades per palangrers.

Així mateix, la mortalitat de tortugues augmenta paral·lelament al nombre de deixalles plàstiques que suren a la deriva en tots els oceans, perquè les tortugues confonen els plàstics amb meduses, els ingereixen però no els digereixen i s'acumulen en l'estómac, i moren per inanició per l'obturació del conducte digestiu. D'altra banda, el creixent impacte humà a les platges de noves zones turístiques, on les tortugues tradicionalment ponen els ous, fa que any rere any el nombre de naixements minvi i algunes espècies estiguin en perill d'extinció.

El plàncton gelatinós és una part important de la dieta de diversos peixos, com el lluna *Mola mola*, el sorell i estromateïds, com el pàmpol *Schedophilus medusophagus*. El nombre d'espècies gelatinívores augmenta a mesura que es fan exàmens més acurats dels continguts estomacals i se supera la dificultat d'identificar i avaluar una massa gelatinosa en digestió.

3. CONTAMINACIÓ PER HIDROCARBURS

Greve i Parsons (1977) van proposar que la cadena tròfica pelàgica clàssica, *microfitoplàncton (diatomees) → copèpo-*

des → *peixos*, podria ser substituïda progressivament per una cadena més llarga i menys eficient pels efectes derivats de l'augment de les concentracions d'hidrocarburs en tots els mars de la Terra. Els bacteris marins proliferen en les zones contaminades per hidrocarburs i per això algunes espècies són utilitzades com a primera força de xoc per a combatre les marees negres (Atlas, 1995). Les poblacions bacterianes però, són controlades per protists, principalment nanoflagel·lats heterotròfics, que les brostegen (Vaqué *et al.*, 1994), i aquests darrers són presa dels ciliats, els quals constitueixen l'aliment principal dels copèpodes. La darrera baula de la cadena seria el zooplàncton gelatinós carnívor (meduses, sifonòfors, ctenòfors) o herbívor (salpes, doliòlids, pirosoïmids). Aquesta teoria no ha estat demostrada, però hi ha almenys dos exemples que indiquen un augment substancial de l'abundor d'escifomeduses en dues àrees afectades de manera diferent per les explotacions petrolieres.

El 1989, tingué lloc un gravíssim accident a Prince William Sound (Alaska) quan el superpetrolier *Exxon Valdez* va xocar contra els esculls i va vessar milers de tones de cru. L'impacte ambiental va ser brutal i avui dia la regió en continua patint les conseqüències. Prince William Sound acull enormes agregacions de meduses *Aurelia labiata* que mostren, però, importants variacions interanuals (Purcell *et al.*, 2000). De totes maneres, entre els canvis més notoris des de l'accident destaca l'increïble augment de les captures de meduses al llarg del període 1990-1997 per la flota pesquera que opera al veí mar de Bering (Brodeur *et al.*, 1999). Fins avui no he vist cap comentari sobre una possible relació entre aquests fets.

D'altra banda, la plataforma continental del golf de Mèxic és un immens camp de plataformes petrolieres que ha afectat negativament la tradicional i rica pesquera de camarons. A més, el darrer decenni s'ha detectat un augment sig-

nificatiu de l'abundor d'escifomeduses que ha portat a les autoritats mediambientals dels Estats Units a engegar un programa de recerca per a esbrinar les causes d'aquesta situació, que alguns científics creuen que és imputable als canvis ambientals causats per les activitats derivades de l'extracció de l'or negre (Graham, 2001).

4. EUTROFITZACIÓ

Durant les darreres dècades, el creixent moviment humà cap a les terres litorals ha ocasionat un creixement incontrolat del grau d'eutrofització de les llacunes litorals arreu del món i de diversos fiords escandinaus. A Catalunya no es coneixen casos similars però l'exemple més proper és el canvi experimentat pel mar Menor (Múrcia), que a l'estiu arriba a congrega prop d'un milió de persones. El mar Menor és una gran llacuna hipersalina de 160 km², amb una profunditat mitjana de 3,5 m. La llacuna ha sofert nombroses agressions, com ara l'abocament de residus miners, la urbanització de la Mànega i l'augment del cabal d'aigües fertilitzades provinents dels camps de Múrcia. L'ampliació de la connexió natural amb el Mediterrani per a facilitar el pas d'embarcacions d'esbarjo va causar la disminució mitjana de la salinitat des de 52 psu (1970) fins a 41 psu (1990). A la llacuna hi havia una població natural de l'escifomedusa *Aurelia aurita* que mai no havia donat problemes als habitants de la zona. Però, al començament dels anys noranta, dues espècies, *Rhizostoma pulmo* i *Cotylorhiza tuberculata* van penetrar a la llacuna, on van trobar un hàbitat idoni que van colonitzar ràpidament, i avui dia són els organismes més conspicus de la llacuna durant tot l'any. Ambdues espècies formen grans eixams de milers d'individus que han obligat les autoritats polítiques a prendre mesures (instal·lació de xarxes protecto-

res a les platges i recollida per embarcacions pesqueres) amb un cost anual de desenes de milions de pessetes. S'han fet alguns estudis preliminars per avaluar la situació (Pérez-Ruzafa i Mas, 1996) i, encara que s'ha plantejat un projecte d'investigació més ambiciós que analitzi la situació i que aporti solucions al problema, les autoritats de la regió prefeixen continuar com fins ara. L'èxit de la colonització de *Cotylorhiza* es creu que és degut a la presència d'algues fotosintetitzadores endosimbionts disperses per la seva ombrel·la, que assimilen els compostos nitrogenats i fosfats dissolts en excés a les aigües que provenen dels fertilitzants utilitzats a tot el camp de Múrcia. Els factors que afavoreixen l'abundor de *Rhizostoma* es desconeixen.

5. SEQUERA

S'ha suggerit que la disminució hivernal del règim de pluges, simultània amb l'augment de la irradiació solar, pot estar relacionada amb l'abundor de meduses en aigües litorals uns mesos més tard (Rubio i Muñoz, 1997). Si la primavera és calorosa i el règim de precipitacions és inferior a la mitjana estacional anual, la massa d'aigua de plataforma tendiria a una homogeneïtzació primerenca amb la massa d'aigua oceànica, i facilitaria les intrusions d'aigües oceàniques que transporten eixams de meduses, perquè el front que separa ambdues masses d'aigua esdevé més costaner. Tenint en compte les circumstàncies actuals a les Terres de l'Ebre arran del Pla Hidrològic Nacional, s'escau valorar l'efecte que pot tenir el control del cabal dels rius i la minva d'aigües continentals vers el Mediterrani.

6. INVASIONS BIOLÒGIQUES

Els canals de Suez i de Panamà foren creats per reduir el cost dels transports marítims entre mars i oceans sense valorar, però, les conseqüències sobre les faunes indígenes per la introducció d'espècies alòctones. Ambdues obres d'enginyeria han comportat un gran impacte ambiental a les regions afectades, que en el cas de Suez es manifesta fins avui dia amb les anomenades *espècies lessepsianes*, aquelles que penetren al Mediterrani provinents del mar Roig. Són nombroses les espècies lessepsianes registrades, que en algun cas han esdevingut un recurs pesquer, però també hi ha espècies força problemàtiques, ben particularment l'escifomedusa *Rhopilema nomadica*, que ha constituït una població estable al Mediterrani oriental (Spanier i Galil, 1991). Aquesta espècie s'ha estès progressivament per les costes d'Egipte, Israel i el Líban fins a arribar a Turquia formant uns cinturons de molts quilòmetres de longitud, que arriben 3-4 milles mar endins. La picada de la medusa és molt dolorosa i ha creat greus problemes sanitaris que han motivat la recerca d'un producte antial·lèrgic, descobert recentment, sembla, per científics israelians. La dispersió de la medusa és lenta però inexorable i cal pensar que a la costa catalana se'n trobarà en el futur independentment de la possibilitat que arribi en l'aigua de llast descarregada pels vaixells portacontenidors que travessen la ruta Haifa-Barcelona una vegada per setmana.

7. CONCLUSIONS

Sembla que diversos factors confirmen la tendència a un augment progressiu de meduses i d'altres organismes gelatinosos als mars de tot el món que sembla, però, amagada o esmorteïda dintre dels ritmes naturals d'aparició de les espè-

cies i que només esdevenen evidents amb les explosions estacionals, no sempre registrades per canals científics i de comunicació. Aquest fenomen podria ser un problema en molts indrets els propers anys, ja ho és ara en uns quants, on afecta principalment els usuaris de les platges i els pescadors.

Seria útil fer un seguiment acurat de la freqüència d'aparició i abundor dels eixams de meduses a la costa catalana, com ja s'està fent en altres indrets del món (golf de Mèxic i Alaska), on les autoritats polítiques i científiques han albirat l'abast del problema. L'objectiu seria establir la dinàmica dels seus cicles de vida i la relació amb els paràmetres biològics i físics del medi per a poder fer prediccions sobre el risc d'aparició d'eixams i determinar-ne les conseqüències. No hi ha indicis que les meduses vagin a menys sinó tot al contrari. Tenint en compte les conegudes conseqüències negatives que la seva proliferació massiva infringeix en sectors econòmics com les indústries turística i pesquera, seria recomanable trencar la dinàmica habitual de posar-se a cercar causes i solucions quan ja és massa tard.

279

BIBLIOGRAFIA

- ATLAS, R. M. (1995). «Petroleum biodegradation and oil spill bioremediation». *Mar. Poll. Bull.* 31, p.178-182.
- BJORNDAL, K. A. (1997). «Foraging ecology and nutrition of sea turtles». A: LUTZ, P. L.; MUSICK, J. A. [ed.]. *The Biology of the Sea Turtles*. Florida: CRC Press, p. 199-231.
- BRODEUR, R. D.; MILLS, C. E.; OVERLAND, J. E.; WALTERS, G. E.; SCHUMACHER, J. D. (1999). «Evidence for a substantial increase in gelatinous zooplankton in the Bering Sea, with possible links to climate change». *Fish, Oceanogr.*, 8, p. 296-306.
- CREU ROJA DE CATALUNYA (2000a). *Platges 2000 Barcelona*. 25 p. [Informe memòria]

- (2000b). *Informe-memòria del servei de vigilància, salvament i socorrisme de platges del litoral català*. Central de Coordinació Autonòmica. 25 p.
- GRAHAM, W. M. (2001). «Numerical and distributional increases of *Chrysaora quinquecirrha* (Desor) and *Aurelia aurita* (Linn) (Cnidaria: Scyphozoa) in the northern Gulf of Mexico. Jellyfish Blooms». A: PURCELL, J.; GRAHAM, W.; DUMONT, H. [ed.]. *Ecological and Societal Importance*, Hydrobiologia. [En premsa]
- GRAHAM, W. M.; PAGÈS, F.; HAMNER, W. M. (2001). «A physical context for gelatinous zooplankton aggregations: a review. Jellyfish Blooms». A: PURCELL, J.; GRAHAM, W.; DUMONT, H. [ed.]. *Ecological and Societal Importance*. Hydrobiologia. [En premsa]
- GREVE, W.; PARSONS, T. R. (1977). «Photosynthesis and fish production: Hypothetical effects of climatic change and pollution». *Helgoländer wiss. Meeresunters*, 30, p. 666-672.
- MALUQUER, J. (1919). «Notes per a una monografia de les meduses (*Acalepha*) del litoral català». *Fauna de Catalunya*. Barcelona: Institut d'Estudis Catalans, p. 1-59.
- PAGÈS, F.; SABATÉS, A. «Short-term, across-shelf variability of medusae and siphonophores related with hydrography and fish larvae distribution in the western Mediterranean.» *Sci. Mar.* [En preparació]
- PÉREZ-RUZAFÀ, A.; MAS, J. (1996). *Estudio del ciclo de vida y la dinámica de la población de la medusa *Cotylorhiza tuberculata* en el mar Menor*. [S. II.]: Departament d'Ecologia i Hidrologia de la Universitat de Múrcia: Institut Espanyol d'Oceanografia. 100 p.
- PURCELL, J. E.; BROWN, E. D.; STOIKESBURY, K. D. E.; HALDORSON, L. H.; SHIRLEY, T. C. (2000). «Aggregations of the jellyfish *Aurelia labiata*: abundance, distribution, association with age-0 walleye pollock, and behaviors promoting

- aggregation in Prince William Sound, Alaska, USA». *Mar. Ecol. Prog.*, ser. 195, p. 145-158.
- RUBIO, P.; MUÑOZ, J. M. (1997). «Predicción estival del riesgo de blooms de *Pelagia noctiluca* (litoral central catalán)». A: CREUS NOVAU, J. [ed.]. *Situaciones de riesgo climático en España*. Jaca: Instituto Pirenaico de Ecología, p. 281-287.
- SPANIER, E.; GALIL, B. S. (1991). «Lessepsian migration: a continuous biogeographical process. Endeavour». *New Series*, 15, p. 102-106.
- TURNER, J. T.; TESTER, P. A. (1997). «Toxic marine phytoplankton, zooplankton grazers, and pelagic food webs». *Limnol. Oceanogr.*, 42, p. 1203-1214.
- VAQUÉ, D.; GASOL, J. M.; MARRASÉ, C. (1994). «Grazing rates on bacteria: the significance of methodology and ecological factors». *Mar. Ecol. Prog.*, ser. 109, p. 263-274.



**EL PROBLEMA
DE LES PROLIFERACIONS
DE MICROALGUES
AL LITORAL CATALÀ,
A CÀRREC
D'ESTHER GARCÉS,
DE L'INSTITUT DE
CIÈNCIES DEL MAR, CSIC**

1. QUÈ ÉS UN *BLOOM* DE MICROALGUES?

La caracterització general d'una proliferació d'algues és difícil, ja que l'escala i el patró de les proliferacions són molt variables. Algunes estan localitzades en ports, badies i estuaris; mentre que d'altres s'estenen al llarg de molts quilòmetres. Algunes proliferacions són recurrents anualment, mentre que d'altres ho fan d'una manera aparentment arbitrària. La durada és molt variable; algunes duren pocs dies, d'altres duren mesos. Quant a les densitats que atenyen les proliferacions també són variables, cosa que en condiciona els efectes, l'interès i la mateixa qualificació. D'altra banda, hi ha espècies no tòxiques que poden ser nocives quan s'acumulen en un nombre suficient (milions per litre) i afecten la qualitat de l'aigua. A l'altre extrem, hi ha les espècies tòxiques; encara que poden ser una part molt petita de la fracció del fitoplàncton total, són nocives. Per exemple, les concentracions d'organismes associats a la toxicitat de DSP (acrònim anglès que fa referència a l'enverinament diarreic per consum de mol·luscs bivalves) poden ser de 100 cèl·lules per litre. Els termes científics que avui s'utilitzen a l'hora de parlar de proliferacions massives d'algues són *bloom*, *red tide*, *proliferation* i *harmful algal bloom* (HAB), que representen diverses situacions en què moltes vegades una densitat elevada ($>10^4$ organismes l⁻¹) no és un requisit per parlar d'una proliferació d'algues nocives (HAB). El terme HAB va emergir a la First International Conference on Toxic Dinoflagellate Blooms el 1974, i inclou les proliferacions d'algues tòxiques, nocives o perjudicials (*toxic*, *noxious* i *nuisance*). En el concepte, entren, a banda de les proliferacions nocives de dinoflagel·lades, les proliferacions de diatomees i cianobacteris.

2. IMPORTÀNCIA SOCIOECONÒMICA DE LES PROLIFERACIONS DE MICROALGUES MARINES

De les aproximadament 5.000 espècies de fitoplàncton marí descrites fins avui (Sournia *et al.*, 1991), unes 300 poden donar lloc a altes densitats cel·lulars que tenyeixen l'aigua, però només 40 espècies tenen la capacitat de produir toxines potents que poden arribar als humans mitjançant el consum de peix i marisc. A causa de la toxicitat associada en algunes espècies, els fenòmens de les proliferacions massives creen seriosos problemes econòmics i de salut en àrees localitzades. Les HAB tenen freqüentment conseqüències d'abast notable i de forta repercussió socioeconòmica, per exemple mortalitat en peixos, acumulació de toxines en els òrgans dels mol·luscs bivalves (musclos, ostres) que filtren el plàncton, i trastorns digestius i toxicitat a la persona que els consumeix (Shumway, 1990; Samayda *et al.*, 1993). Entre els organismes potencialment tòxics s'inclouen els productors de PSP (enverinament paralitzant per consum de mol·luscs bivalves), DSP (enverinament diarreic per consum de mol·luscs bivalves), NSP (enverinament neurotòxic per consum de mol·luscs bivalves) i ASP (enverinament amnèsic per consum de mol·luscs bivalves). Els musclos, ostres i altres bivalves filtradors són generalment poc sensibles als efectes de les toxines, i les acumulen als teixits cel·lulars. Les depuracions d'aquests organismes serveixen fonamentalment per a netejar els bivalves dels bacteris i de les partícules que té en el sistema digestiu. Però la depuració habitual de curta durada no dona temps a eliminar les toxines. D'altra banda, les toxines són termoestables, és a dir, no es destrueixen amb la calor. La prevenció d'incidents de toxicitat s'ha de basar, per tant, en la prevenció del consum en cas d'existència de toxina. Els mecanismes de control estan regulats per la llei i es prohibeix la comercialització del producte quan presenta risc.

3. PROLIFERACIONS DE HAB A LA COSTA CATALANA

Cal una combinació adequada de diversos factors físics, químics i biològics per a donar lloc al desenvolupament i la persistència de les proliferacions de les dinoflagel·lades, entre les quals destaquen: suficient llum i temperatura, nutrients i adequada permanència espacial i temporal del medi en relació amb la taxa de divisió dels organismes que es concreta en una estabilitat suficient horitzontal i vertical de la massa d'aigua. Tant en l'aigua dolça com en la marina s'ha donat importància al paper de l'estabilitat vertical i horitzontal de la columna d'aigua com a factor per a l'establiment i la persistència de les poblacions formadores de proliferacions.

En les nostres costes, la llum i la temperatura en aigües superficials són factors menys limitadors que les condicions de concentració alta de nodriment i poca turbulència durant un cert temps, que constitueix una situació poc habitual si no hi ha un subministrament seguit dels elements necessaris en un lloc adequat. En la zona costanera, els estuaris i les llacunes litorals compleixen aquestes condicions. El mateix passa amb altres zones semitancades, com els ports comercials i esportius. Moltes d'aquestes àrees mostren signes d'eutrofització a causa de les descàrregues de nutrients i tenen una permanència suficient de la massa d'aigua, per tant, sovint s'hi desenvolupen proliferacions massives de fitoplàncton. Per això, en la dinàmica del fitoplàncton, la zona costanera, les badies, estuaris, llacunes litorals i ports són determinants. En el cas dels estuaris, les masses d'aigua estan delimitades per la terra que les envolten, però també estabilitzades per estructures de densitat que amb unes circumstàncies meteorològiques escaients poden tenir llargues persistències; com que, a més, reben força aportacions terrestres riques en nitrogen i fòsfor resultat d'activitats antròpiques, urbanes, industrials o agrícoles, el creixement del

fitoplàncton està molt estimulat. El fenomen de proliferacions massives de dinoflagel·lades és, doncs, corrent als estuaris, i és normal que una part siguin proliferacions tòxiques. Com que en aquestes zones solen haver-hi també activitats d'aqüicultura, el problema transcendeix del camp de la biologia marina i entra en el de la sanitat pública.

El confinament de l'aigua que es dona a causa de les obres costaneres, com per exemple la construcció de ports, marines, esculleres, etc., afavoreix igualment les proliferacions de dinoflagel·lades, que en molts casos tenen un caràcter recurrent per l'efecte de la conservació de cists de resistència i/o la poca dilució de les poblacions.

Així doncs, el control del fitoplàncton tòxic ha de fer-se no només en àrees d'aqüicultura sinó també en zones en què es poden donar.

Sembla que el fet diferencial de les zones que poden afavorir la formació de proliferacions massives és que tinguin permanències d'aigua superiors a una setmana, escala de temps en què els processos biològics (per exemple, el creixement), esdevenen importants. L'estabilitat de l'aigua en aquestes zones va molt lligada a processos d'escala petita, en contra de processos d'escala mitjana, com poden ser fronts, afloraments, etc. Les visions dels fenòmens d'aflorament d'aigües profundes associats a les marees vermelles de les costes de Galícia, per exemple, no poden ser aplicades en una zona com la nostra. En el Mediterrani, tot i reconeixent la importància que poden tenir fenòmens de gran escala (com ara la fertilització hivernal per barreja vertical al trencament de la piconclina) o d'escala mitjana (com els fenòmens de front costaner), s'ha de donar importància a les visions d'escala petita lligades a les aportacions del continent en zones confinades afectades pel baix intercanvi que permet un mar sense grans marees. A casa nostra, les badies del delta de l'Ebre, els ports, les platges més o menys confinades, són exem-

ples d'ambients amb les condicions adequades per a les proliferacions massives de dinoflagel·lades. A través de l'estudi de totes aquestes zones es poden arribar a entendre els fenòmens de proliferacions massives a la Mediterrània.

En el cas de la costa catalana, seguidament s'exposen exemples de proliferacions de microalgues i d'ambients on es donen. Comencem pels organismes tòxics presents que inclouen els productors de PSP i DSP.

Alexandrium catenella es considera la dinoflagel·lada tòxica per PSP més important de la costa catalana. *A. catenella* està distribuïda molt àmpliament en aigües temperades. En el Mediterrani, Margalef i Estrada (1987) havien descrit la presència de l'organisme en aigües oceàniques com a espècie rara. Des de la primera detecció al port de Barcelona el 1996, hi ha evidències d'increment en abundància i de difusió geogràfica per la costa catalana. La primavera de 1998, va haver-hi la primera proliferació tòxica descrita en el Mediterrani, no només en ports sinó també en aigües de mar obert, que es va repetir l'estiu de 1999 (Vila *et al.*, 2000).

Alexandrium minutum, que és una dinoflagel·lada tòxica per PSP, es distribueix molt àmpliament en aigües del Mediterrani (Delgado *et al.*, 1990). La primera detecció a la costa catalana va ser l'any 1989 al port de Sant Carles de la Ràpita, i va ser present a la badia dels Alfacs amb uns nivells de toxicitat que excedien el nivell permès en musclos. Després d'aquest incident, *A. minutum* s'ha registrat cada any a la badia dels Alfacs durant els mesos d'hivern i en nombrosos ports, on la recurrència de les proliferacions és molt evident.

Alexandrium tamarense s'ha trobat en diferents ocasions, però no ha causat mai fenòmens de toxicitat.

S'han registrat diverses dinoflagel·lades productores de DSP a la nostra àrea, tant en mar obert com en aigües costaneres. Entre aquestes, cal destacar el gènere *Dinophysis*, les

quals són presents normalment en baixes concentracions (100 cèl·lules l-1). Entre les espècies registrades més freqüentment hi ha: *D. acuta*, *D. caudata*, *D. fortii*, *D. hastata*, *D. ovum*, *D. rotundata*, *D. sacculus* i *D. tripos*. *D. sacculus* és l'espècie més freqüent i abundant en l'àrea costanera (concentracions fins a 2.000-3.000 cèl·lules/l-1, i ocasionalment per sobre de 10⁴ cèl·lules/l-1).

Altres dinoflagel·lades, potencialment productores de DSP, a l'àrea són *Prorocentrum lima*, *P. mexicanum* i *Ostreopsis* sp. L'espècie epífita *P. lima* i *Ostreopsis* s'han observat freqüentment, però sempre en baixes concentracions. L'any 1995, el *P. mexicanum* va ser observat amb concentracions per sobre de 105 cèl·lules/l-1 al port de Palamós.

Fins a la primera descripció d'un esdeveniment tòxic per a les persones degut a ASP (1987 al Canadà) es creia que les biotoxines eren produïdes únicament per dinoflagel·lades, i les diatomees no s'havien considerat una font potencial. L'agent causant d'ASP són diatomees, principalment del grup de les *Pseudo-nitzschia*. A partir d'aquí es va detectar toxicitat per ASP en altres indrets del món (golf de Mèxic, Dinamarca, Nova Zelanda i, darrerament, al Mediterrani). Encara que a la costa catalana hi ha l'espècie *Pseudo-nitzschia pseudodelicatissima* descrita com a tòxica al Canadà, *P. pungens*, coneguda com a potencialment tòxica arreu, i *P. delicatissima*, no s'ha demostrat toxicitat. En algunes espècies de *Pseudo-nitzschia*, la toxicitat o no-toxicitat sembla que és present en la mateixa morfoespècie, fet que suggereix una variabilitat genètica entre soques.

La majoria de les proliferacions que causen descoloracions de l'aigua registrades en la costa catalana són reduïdes en espai i temps. Són fenòmens locals, en ambients semi-confinats com els ports, que duren normalment entre dos i tres setmanes, però també se'n donen algunes de gran abast que poden afectar molts quilòmetres de costa. Així descolora-

cions reduïdes degudes a les dinoflagel·lades són produïdes per: *Peridinium quinquecorne*, *Glenodinium foliaceum*, *Heterocapsa triquetra*, *Scropsiella* sp., *Prorocentrum triestinum*, *P. minimum* i *P. micans*. Descoloracions més extenses són les provocades per *Gyrodinium impudicum*. Les marees roges de *G. impudicum* es detecten periòdicament a la costa catalana; es considera un fenomen extensiu (més de 100 km) i varen ser detectades recentment. L'episodi més evident va ser a l'estiu de 1992, en què una marea roja extensa de *G. impudicum* formava bandes paral·leles a la costa i s'acumulava en molts ports, que van quedar tenyits de color vermellós.

Un cas particular són les proliferacions d'*Alexandrium taylori*. La dinoflagel·lada és present en moltes cales de la Costa Brava durant els mesos d'estiu, però en algunes fa proliferacions massives (concentracions més grans 10^6 cèl·lules/l⁻¹) i recurrents, que provoquen descoloracions de les aigües (color marronós verdós) a les platges afectades, com ara la Fosca (Palamós) i Sant Pol (Calonge). Les característiques que defineixen la proliferació com un fenomen particular són que és un fenomen recurrent, de llarga durada (dos mesos) i que es dona en un lloc relativament obert (Garcés *et al.*, 1998). Els registres assenyalen que la proliferació és recurrent des de 1994, però hi ha informació local que descriu el fenomen des dels anys vuitanta. Des de l'inici del fenomen, que va generar un malestar notable, fou malinterpretat com una fuita d'aigua residual no controlada. La situació es va prolongar durant vuit anys, amb les despeses i la controvèrsia lògica, fins que es va normalitzar després de l'estudi del fenomen.

Encara que les descoloracions de dinoflagel·lades es donin en la majoria dels casos durant l'estació més càlida, hi ha proliferacions de dinoflagel·lades durant l'hivern, com és el cas de la *Gyrodinium corsicum* durant els mesos de desembre a març (des de 1994). La proliferació de la *G. corsicum* a la badia dels Alfares ha anat acompanyada per mortalitat de

peixos d'aqüicultura (*Sparus aurata*), mol·luscs (*Mitylus galloprovincialis*) i fauna salvatge (Delgado *et al.*, 1999; Garcés *et al.*, 1999). Aquest ha estat el primer registre a la nostra costa de mortalitat de peix associada a una proliferació de dinoflagel·lades.

Com s'ha vist en el repàs dels esdeveniments a la costa catalana, la incidència de les proliferacions no és només un problema sanitari ocasional o poc freqüent, sinó que també és ambiental, com el cas de platges afectades per proliferacions massives, com la Fosca, any rere any.

4. INCREMENT GLOBAL DE LES PROLIFERACIONS DE MICROALGUES MARINES

En les dues dècades passades, els impactes de les HAB en l'economia i la sanitat pública han augmentat aparentment en freqüència, intensitat i distribució geogràfica. L'increment global ha estat un tòpic recurrent de discussió en totes les conferències internacionals de proliferacions massives d'algues nocives (Hallegraef, 1993). S'han donat quatre explicacions principals per a aquest increment aparent de les proliferacions d'algues: increment de l'estudi i coneixement de les espècies, increment en la utilització de les aigües costaneres per l'aqüicultura, estimulació de les proliferacions de fitoplàncton per l'eutrofització humana deguda a accions directes o indirectes, i increment en la dispersió geogràfica de les espècies a causa, per exemple, del transport dels cists de resistència en l'aigua de llast dels vaixells o associat a la translocació dels estocs de mol·luscos d'una àrea a una altra.

En el cas del Mediterrani, on s'han detectat nombroses proliferacions de dinoflagel·lades, especialment de les espècies *Alexandrium*, els últims cinquanta anys (Vila *et al.*, 2000) sembla que hi ha un increment. Hi ha, a més dels

aspectes esmentats, un aspecte que pot afavorir aquest increment, que ha estat poc considerat i que juntament amb les característiques del Mediterrani (àrea molt poblada i un mar sense mares) pot ser rellevant. Aquest aspecte es basa amb l'habilitat de les dinoflagel·lades per colonitzar, establir-se i proliferar en habitats creats o modificats per l'activitat humana, com ara ports i platges modificades (Garcés, 2000). Amb aquesta hipòtesi de treball es va demanar un projecte europeu, recentment concedit, l'Strategy. El projecte se centra en la Mediterrània i es treballa amb les espècies del gènere *Alexandrium*, per aconseguir un conjunt de dades que permeti la comparació de les diferències i dels aspectes comuns entre aquest esdeveniments amb la finalitat d'entendre el mecanisme de formació de les proliferacions i començar ser capaços de predir-ne l'ocurrència.

5. CAP ON ANEM?

Com diu Jenkinson (2000), al començament de la investigació de les HAB, no hi havia cap *m*. Ara n'hi ha tres: monitoratge, gestió (*management*) i mitigació. Tots hem començat fent monitoratge: prenent les mostres i aprenent la base al voltant de les proliferacions, intentant entendre l'ocurrència i la dinàmica de les algues que les causen. Després s'ha començat a fer gestió: aprendre els passos per a prevenir. Aquests passos inclouen punts com fer campanya d'informació (per al públic en general o per a grups, com els aqüicultors), planejar estratègies de mostreig i selecció de llocs o prendre mesures per controlar la introducció i trasllat d'organismes marins (aqüicultura, aigua de llast).

En el cas de la costa catalana, l'estratègia actual es basa en la assumpció del model de generació de mares roges al Mediterrani exposada abans, a partir d'interaccions con-

cretes i en llocs concrets. El sistema de monitoratge dels ports ha aportat resultats molt bons. A partir d'una certa fe en els models bàsics, s'ha dissenyat un sistema de monitoratge adequat, que mitjançant millores successives basades en l'experiència han assolit una notable capacitat predictiva.

Més recentment, internacionalment, s'ha començat a fer mitigació (reducció dels efectes de les HAB). Mentre que la proliferació de les HAB és un seriós problema que augmenta, fins ara els científics i les agències han investigat poc sobre les possibles estratègies de control, però sembla que s'està canviant. Així doncs, l'objectiu dels estudis ara és fer una gestió eficaç i portar a terme una bona investigació per a entendre'n les causes, predir les ocurrencies i mitigar els efectes de les HAB. En el cas de la costa catalana, i en general al Mediterrani, l'increment de les proliferacions de dinoflagel·lades té molt a veure amb la manera que gestionem el mar. Un camí per a evitar-ne l'increment és considerar tots els factors implicats en les proliferacions.

BIBLIOGRAFIA

- DELGADO, M.; ALCARAZ, M. (1999). «Interactions between red tide microalgae and herbivorous zooplankton: the noxious effects of *Gyrodinium corsicum* (Dinophyceae) on *Acartia grani* (Copepoda : Calanoida)». *Journal of Plankton Research*, núm. 21, p. 2361-2371.
- DELGADO, M.; ESTRADA, M.; CAMP, J.; FERNÁNDEZ, J.V.; SANT-MARTÍ, M.; LLETÍ, C. (1990). «Development of a toxic *Alexandrium minutum* Halim (Dinophyceae) bloom in the harbour of Sant Carles de la Ràpita (Ebro Delta, north-western Mediterranean)». *Scient. Mar.*, núm. 54, p. 1-7.
- GARCÉS, E.; DELGADO, M.; MASO, M.; CAMP, J. (1998). «Life history and in situ growth rates of *Alexandrium taylori*

- (*Dinophyceae, Pyrrophyta*)». *J. Phycol.*, núm. 34, p. 880-887.
- GARCÉS, E.; DELGADO, M.; MASO, M.; CAMP, J. (1999). «In situ growth rate and distribution of the ichthyotoxic dinoflagellate *Gyrodinium corsicum* Paulmier in an estuarine embayment (Alfacs Bay, NW Mediterranean Sea)». *J. Plankton Res.*, núm. 21, p. 1977-1991.
- GARCÉS, E.; DELGADO, M.; VILA, M.; CAMP, J. (1998). An *Alexandrium minutum* bloom: *in situ* growth or accumulation? A: REGUERA, B.; BLANCO, J.; FERNÁNDEZ, M. L.; WYATT, T. [ed.]. *VIII International Conference on Harmful Algae*. Vigo: Xunta de Galicia: Intergovernmental Oceanographic Commission of UNESCO, p. 167-170.
- GARCÉS, E. M.; VILA, M.; CAMP, J. (2000). «Interactions between coastal water areas created or modified by human activity and harmful algae adaptation strategies». *ICES Cooperative research report on the young scientist conference on Marine Ecosystem Perspectives*, núm. 240, p. 73.
- MARGALEF, R.; ESTRADA, M. (1987). «Synoptic distribution of summer microplankton (*Algae* and *Protozoa*) across the principal front in the Western Mediterranean.». *Inv. Pesq.*, p. 121-140.
- SHUMWAY, S. A. (1990). «A review of the effects of algal blooms on shellfish and aquaculture». *J. World Aquac. Soc.*, núm. 21, p. 65-104.
- SMAYDA, T. J.; SHIMIZU, Y. (1993). *Toxic phytoplankton blooms in the sea*. Amsterdam: Elsevier. 952 p.
- SOURNIA, A.; CHRETIENNOT-DINET, M.; RICARD, M. (1991). «Marine phytoplankton: how many species in the world ocean?». *J. Plankton Res.*, núm. 13, p. 1093-1099.
- VILA, M.; CAMP, J.; GARCÉS, E.; MASÓ, M.; DELGADO, M. (2000). «High spatio-temporal detection of HABs in confined waters in the NW Mediterranean: implications for monitoring programs». *9th International Conference on*

Harmful Algal Blooms. Hobart, Tasmània (Austràlia). [En premsa]

VILA, M.; GARCÉS, E.; MASÓ, M.; CAMP, J. (2001). «Is the distribution of the toxic dinoflagellate *Alexandrium catenella* expanding along the NW Mediterranean coast?». *Marine Ecology Progress Series*. [En premsa]



**DESENVOLUPAMENT
D'UN SISTEMA PREDICTIU
DE LA QUALITAT
I LA SEGURETAT
DE LES AIGÜES DE BANY,
A CÀRREC DE
FRANCISCO LUCENA,
DE LA UNIVERSITAT
DE BARCELONA**

1. ANTECEDENTS I ESTAT ACTUAL¹

L'ús de platges per banyistes comporta riscos de transmissió de malalties infeccioses. Alguns d'aquests riscos sanitaris es deriven del contacte directe entre els banyistes, és a dir, pels microorganismes aportats pels mateixos banyistes i d'altres que es deriven de microorganismes d'origen fecal que arriben a les zones de bany per descàrregues d'aigües residuals i per les escorrenties de diferents orígens.

Per a portar el risc d'infecció per microorganismes d'origen fecal a la mínima expressió es va crear la normativa comunitària 76/160/EEC (vigent). Aquesta normativa ha contribuït moltíssim a millorar la qualitat de les aigües a les zones de bany, i ha influït positivament en els programes de sanejament malgrat les mancances o limitacions.

Una de les limitacions principals de la normativa comunitària 76/160/ECC són els paràmetres microbiològics especificats que cal mantenir per sota d'uns valors límits. La poca persistència al medi marí dona lloc a interpretacions errònies de la qualitat microbiològica del aigua, atès que hi ha un grup important de microorganismes patògens (virus i protozous) que segueixen persistint un cop els microorganismes indicadors especificats per la normativa s'han inactivat.

Aquest fet ha comportat que molts experts considerin que el compliment de les normatives amb els paràmetres microbiològics actuals no garanteixen la protecció del banyista, la qual cosa ha provocat que la Unió Europea retardi la implantació d'una nova normativa per a les aigües de bany.

Aquesta limitació, juntament amb el fet que la normativa es fomenta en la realització d'unes mesures que ens indiquen que l'aigua ha estat contaminada uns dies abans, ha

1. Aquest treball ha estat fet amb la col·laboració de Joan Ramon Vidal, Jordi Dellundé, Javier Méndez i Ramon Parés.

comportat que d'una manera pluridisciplinària es cregui necessari i viable la possibilitat d'implantar un sistema predictiu de la qualitat microbiològica de les aigües de bany basat en la interrelació dels models hidrodinàmics, meteorològics i de processos existents.

2. NECESSITAT DE DESENVOLUPAR UN SISTEMA PREDICTIU

Catalunya és un país on la disponibilitat d'un sistema d'aquest tipus sembla molt interessant. La seva geografia, climatologia i els més de 500 quilòmetres de costa ha fet que amb el temps esdevingués un important destí turístic. La qualitat reconeguda de les seves platges ha dut que una gran part d'aquest turisme triï la franja costanera com a destí final.

Aquest important augment de turisme a la franja costanera al llarg dels últims anys ha provocat un increment important de l'abocament d'aigües residuals al litoral. L'ús de les platges per part de milions de banyistes durant bona part de l'any pot provocar i de fet provoca problemes lligats a riscos sanitaris, i per tant el control d'aquests abocaments i la valoració de l'efecte dels seus efluentes sobre les zones recreacionals són prioritaris.

La necessitat de desenvolupar un sistema predictiu estaria determinat principalment per tres motius principals, que serien:

1) La realitat econòmica del país: una de les principals fonts d'ingressos del nostre país és el turisme. Cada vegada més el turisme busca la qualitat del nostre medi ambient i, especialment, el bon estat de les platges.

2) La difusió de la informació: la rapidesa en la distribució de la informació de la qualitat de les aigües de bany és encara molt lluny de satisfer les necessitats reals dels usua-

ris. Sembla poc seriós notificar que les aigües de bany que va utilitzar la gent fa una setmana presentaven un risc sanitari.

3) La capacitat del medi aquàtic de canviar la qualitat tant pel que fa a punts propers dins d'una mateixa àrea (espacial) com entre dues campanyes de mostreig (temporal). Això no es resol amb l'anàlisi puntual que s'està desenvolupant actualment. En canvi, un sistema basat en un model alimentat per dades en temps real escurçaria enormement la periodicitat en la predicció de resultats.

3. MODELS PREDICTIUS

Avui no es coneixen pràcticament antecedents en el camp de la predicció de la qualitat microbiològica de les aigües de bany. Els sistemes tant d'anàlisi com de distribució de la informació de la qualitat de l'aigua de les platges continuen sent lents, de manera que es tracta d'una valoració *a posteriori*.

Actualment, la qualificació es fa pel grau de valoració de la platja en funció de les anàlisis obtingudes els dies anteriors, la qualificació segons els resultats de l'any anterior (ex. bandera blava) i per la informació local dels Ajuntaments dies després de les anàlisis.

Aquest fet comporta un evident risc sanitari, sobretot en l'àrea mediterrània, on s'ajunten tres factors claus:

1) L'ocupació excessiva de la franja costanera, que comporta una gran aportació d'aigües residuals al mar en àrees properes a punts de màxima utilització de les platges.

2) La particularitat de la climatologia mediterrània, caracteritzada per les grans tamberinades al final de l'estiu, que apareixen de forma sobtada i desapareixen ràpidament. Això comporta una gran aportació d'aigües contaminades a la franja costanera en èpoques de màxima ocupació de les platges.

3) La hidrodinàmica marina, que provoca que els abocaments produïts a la línia de costa no es dispersin de forma ràpida a causa, entre d'altres factors, de l'absència de mareas.

4. ANTECEDENTS DE MODELS PREDICTIUS DE LA QUALITAT DE LES AIGÜES DE BANY

L'únic antecedent conegut és el desenvolupament d'un sistema predictiu a una zona pilot de Nova Jersey (EUA) a dotze platges de l'estat, *designing an interface for a coastal water quality prediction system*. En aquest cas, s'utilitza un sistema predictiu de meteorologia per a desenvolupar un model que permetrà avaluar els possibles abocaments d'aigües residuals a la línia de costa, de manera que es pugui aconsellar la no-utilització de certes platges en funció dels resultats esperats.

301

5. VIABILITAT DE DESENVOLUPAR UN SISTEMA PREDICTIU

L'abril de 1997 es va reunir per primera vegada una comissió d'experts de diferents disciplines i de diversos països per a valorar la viabilitat de desenvolupar sistemes predictius sobre la qualitat microbiològica de les aigües de bany (Workshop on the feasibility of an a priori measurement approach for managing bathing water quality, Sitges, 1997).

Les conclusions van ser que, malgrat que la legislació vigent té un important paper en la protecció de la qualitat de les aigües de bany, les mesures *a priori* ofereixen molt bones possibilitats de millorar el sistema de treball i poden ser desenvolupades en un espai de temps relativament curt. Aquests sistemes es poden desenvolupar, i segons la complexitat i la sensibilitat de l'àrea podrien ser simples sistemes experts o podrien incloure models hidrodinàmics molt més complexos (figures 1 i 2).

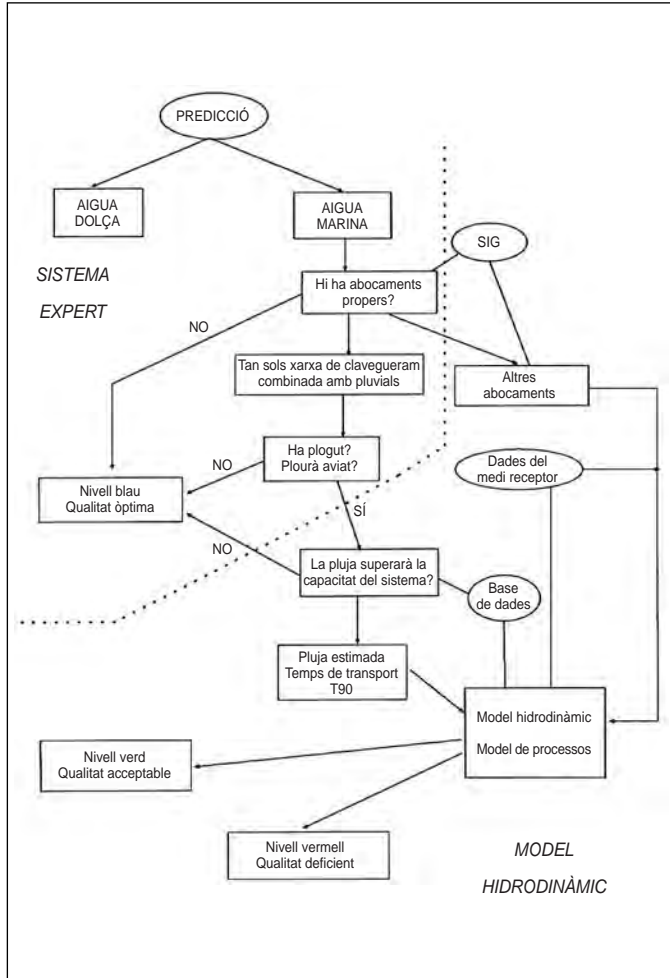


FIGURA 1. Esquema de funcionament d'un model predictiu de qualitat d'aigües de bany.

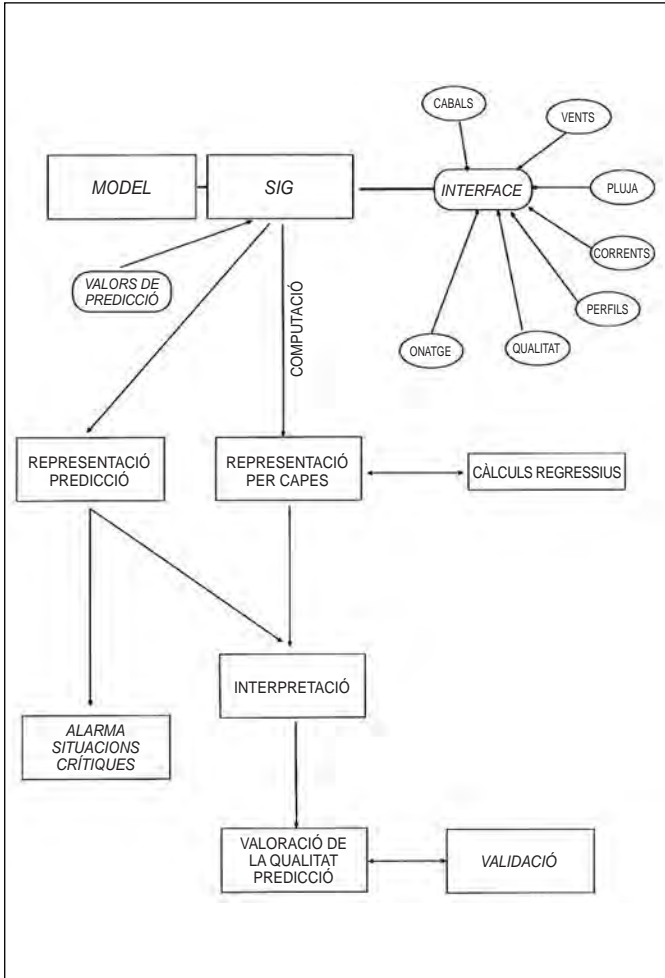


FIGURA 2. Esquema general d'un model predictiu.

5.1. *Eines necessàries*

El desenvolupament d'un model predictiu com el que s'ha exposat faria necessària l'actuació d'un important equip multidisciplinari. El conjunt d'aquest equip hauria de fer possible que es poguessin recollir dades de la microbiologia de l'aigua i meteorològiques, mesures a temps real, models de distribució de contaminants, i sistemes d'informació geogràfica i de teledetecció aplicats al control del medi marí.

Microbiologia. El paràmetre microbiològic que caldria utilitzar per al model de predicció de la qualitat de les aigües de bany haurien de ser el d'*E. coli* o enterococs fecals, ja que en principi són els que preveu la nova legislació de bany de la UE (CEE/ 94 C112/07), que serviria per a avaluar la qualitat microbiològica de l'aigua del litoral.

Mesures a temps real. La necessitat d'obtenir informació en temps real de certs paràmetres característics de la qualitat de l'aigua ens ha fet pensar en la possibilitat d'utilitzar radiòmetres ja contrastats que permetin fer aquestes mesures amb celeritat.

Els sòlids en suspensió són un difusor habitual de la radiació incident en l'aigua i molts autors han comprovat una correlació molt forta entre la concentració de sediments en suspensió i la radiància espectral. Aquesta relació ha estat utilitzada per la teledetecció per a estimar aquestes concentracions a les aigües com una eina per a controlar-ne la qualitat. A causa de l'estreta relació existent entre les matèries en suspensió i la càrrega fecal de les aigües abocades que són objecte d'aquest estudi, es poden extrapolar els resultats obtinguts a valors de la qualitat de les aigües.

Una darrera tècnica per a optimitzar els resultats de l'anàlisi espectral ha estat l'ús de l'espectroscòpia diferencial. Aquesta tècnica utilitza el canvi de la radiància espectral respecte a la longitud d'ona en un primer ordre o en un ordre

més alt. Se suposa que els components de la variació són constants additives, que actuen de manera espectralment independent sobre un rang espectral d'alguns nanòmetres.

Meteorologia. Al llarg d'aquests últims anys, els potents sistemes d'observació i la millora del coneixement científic sobre els fenòmens atmosfèrics que ens afecten han permès crear uns sistemes predictius molt avançats.

El nou model numèric de predicció HIRLAM 2 (*High Resolution Limited Area Model*) amb un nivell de reixeta de 17 quilòmetres de resolució espacial horitzontal i amb 31 nivells de resolució vertical, permet simular estructures atmosfèriques de dimensions molt petites juntament amb la possibilitat de descriure fenòmens atmosfèrics amb una antelació entre 12 i 48 hores.

Aquesta alta resolució permet establir una correlació entre la predicció de fenòmens atmosfèrics i la qualitat de l'aigua litoral, ja que estan estretament relacionats.

Modelització dels efluentes abocats al mar. Avui es disposa de models numèrics hidrodinàmics suficientment contrastats amb els quals pot calcular-se, a partir de les previsions meteorològiques i de la distribució estacional de densitats en la columna d'aigua, els esquemes de circulació en zones costaneres, amb un cost computacional relativament petit.

Aquests tipus de models, correctament alimentats amb dades dels cabals dels efluentes i de la seva qualitat microbiològica, cobertura de núvols, camp de densitats i de corrents ambientals, validats convenientment amb mesures radiomètriques i de teledetecció, poden formar part d'una eina útil de predicció de la qualitat microbiològica de les aigües de bany, atesa la capacitat actual dels ordinadors, que permeten obtenir respostes en temps real.

Sistemes d'informació geogràfica. Els sistemes d'informació geogràfica (SIG) representen una eina indispensable per a acumular i representar les variables estudiades. En el

cas que ens ocupa, el resultats esperats de la qualitat de l'aigua de les platges poden ser representats amb aquest sistema, de manera que l'usuari final gaudirà simultàniament dels resultats obtinguts en tota l'àrea d'estudi. Igualment, la capacitat de representar un gran nombre de variables permetrà establir models bàsics de comportament així com correlacionar totes les variables entre si.

Atès que un SIG està basat en tècniques informàtiques, molts dels aspectes de *state of the art* en aquest camp es poden aplicar als SIG. Alguns dels punts que es poden assenyalar són:

- representació gràfica de la informació geogràfica en 3D
- SIG orientats a objectes
- SIG de temps real
- SIG distribuïts.

Teledetecció aerotransportada aplicada al control del medi marí. Els darrers anys s'han anat desenvolupant sensors aerotransportats amb aplicacions importants en el camp mediambiental. Un d'aquests sensors és el CASI (*Compact Airborne Spectrographic Imager*). El CASI és un sensor òptic d'escombratge multiespectral basat en una barreta CCD, que pot captar dades en les longituds d'ona que van des de 430 fins a 950 nm, i que permet programar la configuració de les bandes. La resolució espacial (*ground pixel resolution*) és de 3 m.

Els objectius de l'aplicació dels sistemes de teledetecció a la qualitat de l'aigua litoral són:

- 1) Avaluar i quantificar la correlació entre les dades aportades pels models predictius, les obtingudes a les campanyes marines i les obtingudes pel sensor CASI.

2) En el cas d'obtenir resultats positius, veure els avantatges i els inconvenients de l'ús d'aquestes dades en el projecte de seguiment i de modelització de l'aigua litoral.

3) Posar a punt un model de tractament de variables de tipus continu, com són les variables microbiològiques i fisicoquímiques de l'aigua, en estudis de teledetecció.

4) Optimitzar la presa de dades (mínim de punts de mostra) a partir de la correlació amb les dades del sensor i de la predicció dels models hidrodinàmics.

5) Adquirir experiència sobre les regions espectrals que resulten més adients per a cada variable, amb vista a futures campanyes amb aquest sensor o amb d'altres.

6) Aplicar aquesta metodologia sistemàticament de manera que funcioni com a servei ràpid permanent per a validar el model predictiu de la qualitat sanitària de l'aigua litoral.

307

5.2. *Desenvolupament del model predictiu des del punt de vista microbiològic*

La proposta realitzada pretenia afrontar des d'una perspectiva multidisciplinària l'elaboració d'un model complex, que mitjançant unes poques mesures fetes *in situ* a temps real, de variables microbiològiques i no microbiològiques, permetés fer la predicció de la qualitat microbiològica de les aigües de bany.

L'elaboració d'un sistema predictiu com el proposat requereix, en primer lloc, una àrea pilot sobre la qual es tingui un nivell de coneixement determinat, tan pel que fa a dades disponibles com pel que fa a l'equip de treball. Considerant les dues coses i la facilitat que representa la proximitat geogràfica, es va escollir la zona nord de l'àrea metropolitana de Barcelona, el seguiment de la qual es va dur a terme des de 1980 fins ara.

El coneixement del medi receptor, és a dir, la zona costanera pilot, és primordial. La identificació i l'avaluació de les aportacions ordinàries i extraordinàries, juntament amb la caracterització fisicoquímica i microbiològica, s'ha de fer amb molta precisió, tenint en compte que en determinades ocasions poden tenir lloc aportacions degudes a episodis de fortes pluges o temporals.

Els treballs elaborats al llarg dels darrers anys han permès establir els nivells basal de contaminació microbiològica de l'àrea d'estudi, la pèrdua i la recuperació de la qualitat microbiològica de l'aigua després d'episodis de fortes pluges o temporal, juntament amb la possibilitat d'aplicació de la teledetecció com eina de validació dels punts crítics del sistema predictiu, i la incorporació de nous paràmetres microbiològics d'interès per a fer mesures a temps real.

6. RECUPERACIÓ DE LA QUALITAT DE LES AIGÜES DE BANY DESPRÉS D'EPISODIS EXTRAORDINARIS

Al llarg de les campanyes d'anàlisi de la costa nord de l'àrea metropolitana de Barcelona, s'han produït episodis extraordinaris de pluges torrencials i temporals que han permès fer els estudis necessaris per a arribar a un model molt senzill (cinètica de primer ordre, $y = ax + b$) de recuperació de la qualitat microbiològica de l'aigua de bany (figura 3).

Mentre que els nivells de contaminació microbiològica basal o considerats normals se situaven entre el 10^0 i 10^1 coliformes o enterococs fecals, després d'un episodi extraordinari de pluges intenses o de mar de fons (temporal), augmentaven fins a 3 logaritmes, i es trobaven entre 10^3 i 10^4 coliformes o enterococs fecals. Les anàlisis dels dies posteriors van permetre establir un temps mínim de recuperació de la qualitat microbiològica de l'aigua litoral entre 48 i 96 hores.

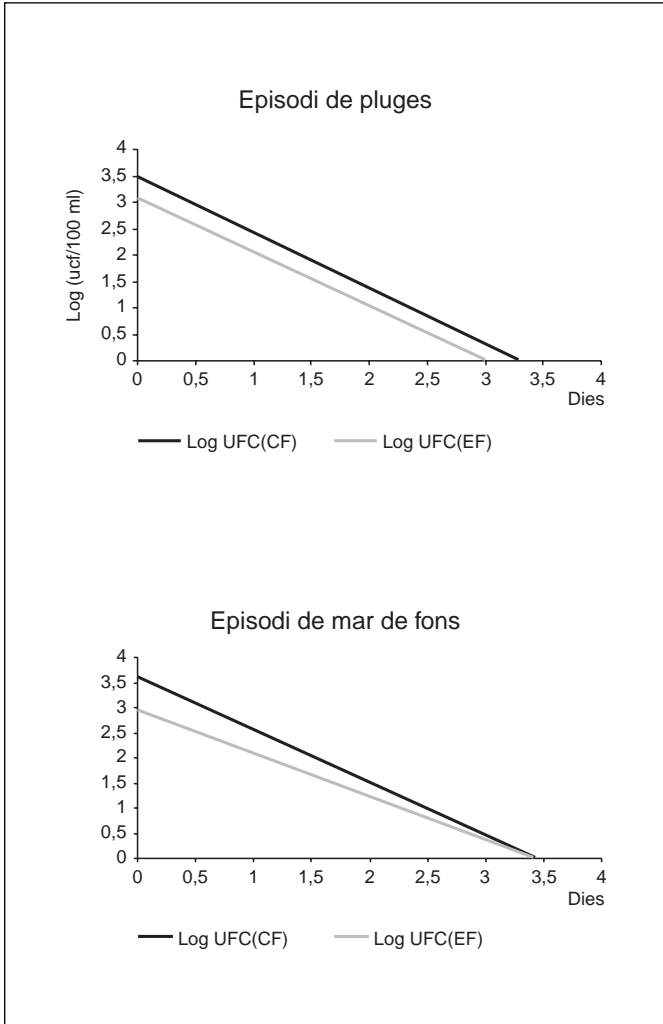


FIGURA 3. Recuperació de la qualitat microbiològica de l'aigua després d'episodis extraordinaris segons un model matemàtic de primer ordre. La regió semitransparent de les rectes correspon als valors logarítmics considerats normals.

Validació dels punts crítics del sistema de predicció.

Juntament amb el sistema predictiu es preveu l'ús d'un model hidrodinàmic acoblat a un model de decaïment dels contaminants microbiològics amb la finalitat que aquest model ens doni a cada moment un mapa de la distribució dels contaminants microbiològics i que ens defineixi uns punts crítics de control, que han de servir per a fer la validació del sistema de predicció.

La credibilitat d'aquest sistema de predicció depèn del fet que es pugui validar el model. Aquesta validació es fonamenta en la realització de mesures de paràmetres microbiològics en els punts crítics de control que haurà donat el model, per a comprovar si les diferents variables s'ajusten a les prediccions del model, i en la teledetecció.

La teledetecció en els estudis ambientals es basa en el concepte que cada tipus d'objecte (arbre, cultiu, carretera, aigua...) emet o reflecteix una radiació de forma característica, fet que permet que es diferenciï de la resta d'objectes.

L'aplicació d'aquesta tècnica en diferents campanyes marines ha permès descriure un factor 1 o de contaminació a través dels paràmetres pH, salinitat, coliformes fecals, enterococs fecals, *Aeromonas* i terbolesa, i s'han trobat uns alts nivells de correlació en la regressió multivariant entre el factor 1 de l'anàlisi de components principals i els diferents canals del sensor (0,968). De la mateixa manera, i paral·lelament, s'ha pogut arribar a establir un coeficient de correlació de 0,798 entre la variable *Aeromonas* i els diferents canals del sensor (figura 4).

Un cop coneguts tots els *inputs* contaminants, i definides les condicions hidrodinàmiques de la zona de treball, així com de l'estat que caracteritza la situació, és possible construir un model d'evolució en funció del temps a partir d'una situació tipus.

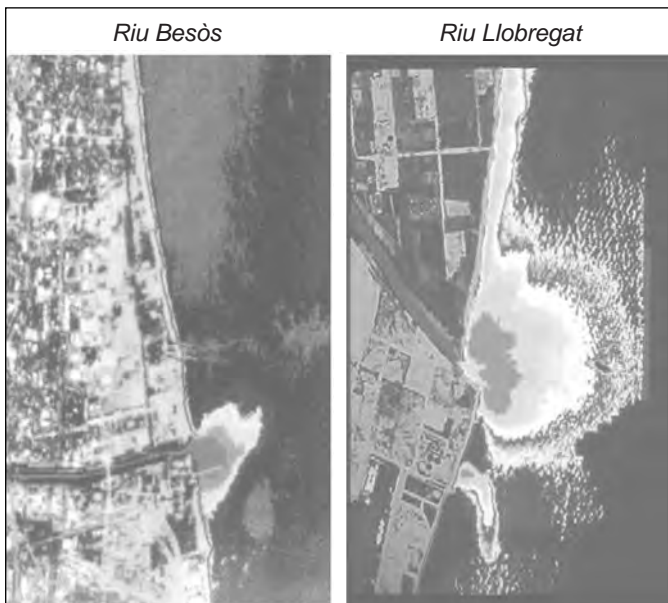


FIGURA 4. Els mapes corresponen a la distribució de les diferents variables de qualitat del medi marí al llarg d'una part del litoral. Es pot observar el grau d'afectació de cada abocament, així com el decaïment diferencial segons el paràmetre estudiat.

7. NOUS PARÀMETRES MICROBIOLÒGICS INTERESSANTS: ELS BACTERIÒFAGS

Treballs publicats recentment demostren el potencial dels bacteriòfags com a indicadors de la qualitat microbiològica de les aigües de bany. El fet que el seu comportament en les aigües naturals difereixi dels indicadors bacterians, així com l'existència de relacions estadístiques entre aquests i els clàssics paràmetres de contaminació fecal (coliformes i enterococs fecals) i la senzilla metodologia per a detectar-los, fa que hagin de ser considerats indicadors potencials.

La determinació dels bacteriòfags podria representar una mesura a temps real. Les anàlisis realitzades els darrers anys ($n > 100$) ens han permès demostrar que entre les 4 i 6 hores posteriors a l'anàlisi estariem quantificant entre el 50 % i el 90 % dels totals. Aquests percentatges avalarien la utilització d'aquesta metodologia, ja que ens permetria tenir una mesura a temps real, segons els criteris de la USEPA, que alimentaria el sistema predictiu.

Un cop arribats en aquest punt, seríem capaços, mitjançant mesures ràpides de paràmetres microbiològics als *inputs* del coneixement del medi físic (corrents, perfils de salinitat i temperatura), de poder establir models predictius de diferents contaminants (semiconservatius, no conservatius, etc.) a la línia costanera amb sistemes correctius, de forma global amb sensors remots, així com el desenvolupament de mesures en punts crítics del model utilitzat.

El conjunt de dades obtingudes s'integrarien en un sistema d'informació geogràfica (SIG) que permetria fer representacions gràfiques. El SIG incorporaria les dades del model hidrodinàmic i les del model predictiu de climatologia, i ens permetria fer prediccions de la contaminació de la línia costanera a temps real.

AGRAÏMENTS

Aquest treball ha estat fet amb la col·laboració de Joan Ramon Vida, Jordi Dellundé, Javier Méndez i Ramón Parés.

**IMPLICACIONS
DE LA PRESÈNCIA
DE VIRUS ENTÈRICS
A L'ENTORN MARÍ,
A CÀRREC
D'ALBERT BOSCH,
DE LA UNIVERSITAT
DE BARCELONA**

A les aigües que reben contaminació fecal hi són presents al voltant d'un centenar de virus diferents que poden causar un ampli ventall de malalties als éssers humans (taula 1). Aquestes malalties inclouen les gastroenteritis, l'hepatitis, la meningitis, la poliomièlitis i, potser, la diabetis. El terme *virus entèric* inclou qualsevol virus que es pugui trobar a l'intestí.

Aquests virus són excretats en quantitats extraordinàriament elevades en la femta dels individus infectats. Malalts d'hepatitis o gastroenteritis arriben a excretar entre 10^5 i 10^{11} partícules per gram (o mil·lilitre!) de matèria fecal. Els virus són presents en grans quantitats en les aigües residuals brutes i els sistemes actuals de tractament no garanteixen l'eliminació total dels patògens vírics (Rao i Melnick, 1986), per la qual cosa els virus es converteixen en contaminants ambientals.

No obstant això, només uns quants d'aquests patògens vírics han estat relacionats epidemiològicament amb malalties causades per ingestió d'aigües o d'aliments contaminats (Bosch *et al.*, 1991). En una estimació de l'any 1979, es va calcular que anualment moren entre cinc i divuit milions de persones al món per gastroenteritis, i que els rotavirus per si mateixos són responsables cada any de la mort de més d'un milió de nens (Farthing, 1989). D'altra banda, la regió mediterrània és endèmica per a l'hepatitis A, i la poliomièlitis encara estar per eradicar, malgrat que les previsions de l'Organització Mundial de la Salut són que ho estigui l'any 2003. Els adenovirus, els astrovirus i els calicivirus, tots causants de gastroenteritis, i el virus de l'hepatitis E, són també virus rellevants, des del punt de vista sanitari, que es poden trobar a l'ambient (Bosch, 1998).

La taula 2 mostra els nivells de mortalitat associada a alguns virus entèrics, tal com es descriuen a la bibliografia (Assaad i Borecka, 1977; *Centers for Disease...*).

TAULA 1. *Virus entèrics humans. El terme virus entèric s'aplica genèricament a qualsevol virus de transmissió fecal-oral. No ha s'ha de confondre amb el d'Enterovirus, que constitueixen un gènere dins de la família Picornaviridae. S'han descrit molts virus diferents que pertanyen als gèneres esmentats en aquesta taula que són excretats en la femta dels individus infectats*

<i>Gènere</i>	<i>Nom vulgar</i>	<i>Simptomatologia</i>
Enterovirus	poliovirus	paràlisi, meningitis, febre
	coxsackievirus A, coxsackievirus B	herpangina, meningitis, febre, processos respiratoris, malaltia de la mà, peu i boca, miocarditis, anomalies cardíques, erupcions, pleurodinia, diabetis?
	echovirus	meningitis, febre, processos respiratoris, erupcions, gastroenteritis
Hepatovirus	hepatitis A	hepatitis
Reovirus	reovirus humà	desconeguda
Rotavirus	rotavirus humà	gastroenteritis
Mastadenovirus	adenovirus humà	gastroenteritis, processos respiratoris, conjuntivitis
Calicivirus	calicivirus humà	gastroenteritis
	virus de Norwalk	gastroenteritis, febre
	virus de Sapporo	gastroenteritis
	hepatitis E	hepatitis
Astrovirus	astrovirus humà	gastroenteritis
Parvovirus	parvovirus humà	gastroenteritis
Coronavirus	coronavirus humà	gastroenteritis, processos respiratoris
Torovirus	torovirus humà	gastroenteritis

315

TAULA 2. *Taxes de mortalitat calculades per a alguns virus entèrics*

<i>Virus</i>	<i>Taxa de mortalitat (%)</i>
Poliovirus 1	0,90
Coxsackievirus A	0,12-0,50
Coxsackievirus B	0,59-0,94
Echovirus	0,27-0,29
Hepatitis A	0,60
Rotavirus	0,01-0,12
Norwalk	0,0001
Adenovirus	0,01

Un aspecte crític per a la salut pública és si un cop en l'ambient aquests virus són capaços de sobreviure durant el temps suficient i en nombre suficient per a representar un autèntic risc sanitari per a les persones que estan en contacte amb aigües recreacionals contaminades, o que consumeixen aigua o marisc contaminats. La supervivència vírica és sempre més curta en aigua marina que no pas en aigües dolces. Aquest terme ha estat comprovat en estudis anteriors que s'han efectuat al nostre laboratori (Bosch, 1995).

1. SUPERVIVÈNCIA VÍRICA EN AIGUA DE MAR

Al nostre laboratori s'han dut a terme estudis sobre la persistència de virus entèrics en l'entorn marí. En aquests estudis s'ha investigat la influència de la temperatura, de la presència de sòlids en suspensió, del tipus de virus entèric o de l'origen geogràfic de l'aigua de mar. Els factors antivírics més rellevants presents en aigües marines són la salinitat i l'activitat de bacteris marins autòctons que poden manifestar un efecte virucida (Gironès *et al.*, 1990).

Per a palesar la importància de la temperatura sobre la supervivència de virus i de la rellevància de la soca de virus entèric, s'han fet estudis comparatius de la persistència de poliovirus (PV) i del virus de l'hepatitis A (HAV), a 5° i a 25°, en aigua de mar. Es va observar que es detectava infectivitat residual per a ambdós virus a 5° fins als trenta dies. Quan s'augmentava la temperatura fins a 25°, s'observava més supervivència de l'HAV que del PV. Tal com era previst, la persistència vírica és més elevada a baixa temperatura (5°) que a alta temperatura (25°). Quan s'afegia a l'aigua de mar sediments marins, hi havia un augment considerable de la supervivència vírica, que es palesava sobretot a 25°.

És lògic assumir que en la inactivació vírica hi partici-

paven factors ambientals i altres paràmetres relacionats amb la composició de l'aigua que varia segons la procedència geogràfica de la mostra. Hem dut a terme estudis de la persistència de PV en aigües marines de la costa atlàntica a Carolina del Nord, als Estats Units, i a la costa mediterrània catalana. Els nivells d'inactivació vírica van ser significativament més elevats en aigües mediterrànies que no pas en les atlàntiques. Aparentment, totes les aigües marines contenen una sèrie de factors que potencialment poden tenir un efecte antivíric, i de fet l'activitat antivírica global resulta dels factors antivírics que dominen en una determinada mostra d'aigua (Bosch *et al.*, 1993).

2. VIRUS ENTÈRICS HUMANS EN MARISC

En condicions hidrogràfiques favorables, els bivalves poden arribar a filtrar volums importants d'aigua i a retenir als seus teixits comestibles els contaminants presents en aquesta aigua. En estudis de contaminació experimental, hem comprovat que entre el 4 % i el 56 % dels virus presents en l'aigua s'acumulen en teixits de marisc en només sis hores (Abad *et al.*, 1997). S'han descrit moltes malalties víriques com a conseqüència del consum de marisc contaminat per virus: són remarcables nombrosos brots de gastroenteritis i d'hepatitis (Mele *et al.*, 1989). En aquest sentit, cal destacar el brot més gran que es recorda, que va ser causat pel consum de tellerines que el 1988 va originar a Shanghai prop de 300.000 casos d'hepatitis A (Hu *et al.*, 1991).

El consum anual de marisc a la Mediterrània és d'unes 12.000 t anuals. Malauradament, la normativa vigent de la Unió Europea ja no obliga a depurar el marisc («Normes de qualitat...», 1993). Un altre motiu de preocupació derivat del consum de marisc és que habitualment són consumits crus o

molt poc cuinats. En estudis amb musclos contaminats experimentalment amb virus, hem comprovat que entre el 0,41 % i l'1,78 % dels virus inicialment presents es detectaven en musclos fets al vapor en el moment de l'obertura de les valves, i cinc minuts més tard encara s'hi detectaven entre el 0,32 % i el 0,14 % dels virus que s'hi havien afegit (Abad, 1997). L'eficàcia dels sistemes habituals de depuració del marisc no eliminen completament els patògens vírics presents en el teixit dels bivalves. Malgrat tot això, el risc d'infecció és molt menor si es consumeix el marisc depurat i cuinat (Bosch, 1994). El nivell de risc derivat del consum d'uns seixanta grams de marisc cru contaminat amb virus causants de gastroenteritis es calcula que és del 54 %. El risc derivat del consum del mateix marisc fet al vapor és entre l'1,6% i el 2 %. Si el marisc és prèviament depurat durant 96 hores, el risc d'infecció cau a valors de l'11,5 % per a marisc cru i entre el 0,04% i el 0,06% per a marisc fet al vapor. Per tant, malgrat que per llei ja no és obligatori depurar el marisc, el cert és que la depuració pot reduir de forma important el risc d'adquirir una infecció vírica per consum de marisc.

Entre abril de 1988 i març de 1989, es van dur a terme estudis sobre la presència de virus entèrics humans en mostres d'aigües residuals i de mar de Sant Carles de la Ràpita, així com mostres de musclos provinents de la mateixa zona. Es van aïllar, respectivament, rotavirus, els principals agents de gastroenteritis infantil arreu del món, i el virus de l'hepatitis A en el 33,% i el 25 % de les mostres d'aigua residual, i en el 30 % i el 20 % de les mostres d'aigua de mar. En les mostres de teixit de musclos, es va detectar la presència de rotavirus i virus de l'hepatitis A en el 50 % i el 36, respectivament, de les mostres analitzades.

La normativa europea vigent sobre marisc i zones de mariscar està basada exclusivament en paràmetres bacterians («Norma de qualitat...», 1991; *Council directive...*,

1993). En els nostres estudis no vàrem trobar cap correlació entre els indicadors bacterians i els virus. Es van detectar virus patògens humans en zones marines que, sempre segons els criteris bacterians de qualitat d'aigües, poden ser considerades impol·lutes i adients per al cultiu de marisc (Jofre *et al.*, 1993). En aquestes mateixes aigües s'ha detectat, a més d'enterovirus i rotavirus, el virus de l'hepatitis A.

Els coliformes i els estreptococs han estat considerats indicadors adients de la qualitat de mostres de marisc. Després de distribuir mostres de musclos en dos grups segons si tenien en els teixits valors superiors o inferiors a 300 coliformes fecals per cada 100 grams de teixit, nivells límits estipulats a la normativa, es va procedir a detectar virus entèrics humans en les mateixes mostres. Es van detectar aquests patògens vírics en mostres de musclos, independentment dels nivells dels microorganismes indicadors bacterians (taula 3). Malgrat que les proporcions relatives de cada virus variaven lleugerament en cada grup de musclos, es van aïllar rotavirus i virus de l'hepatitis A en teixits de marisc que contenen nivells d'indicadors bacterians per sota dels límits fixats en la legislació actual i que, per tant, sempre segons aquesta mateixa legislació, són considerats aptes per al consum públic.

TAULA 3. *Virus entèrics humans detectats en musclos agrupats segons els nivells de coliformes fecals detectats en els seus teixits*

<i>Grup de marisc</i>	<i>Enterovirus</i>	<i>Rotavirus</i>	<i>Hepatitis A</i>	<i>Virus en general</i>
Núm. coliformes >300/100g	57 %	71 %	40 %	86 %
Núm. coliformes <300/100g	0 %	56 %	40 %	78 %

Una idea que cal tenir clara és que en qualsevol cas els virus tenen una supervivència més gran que els bacteris entèrics i, per tant, és completament erroni, i insegur basar-se en paràmetres exclusivament bacterians per a garantir la seguretat vírica d'una aigua o d'un aliment. De fet, hi ha casos

ben estudiats de brots de malalties entèriques causats per ingestió d'aigua que complia la normativa referent a paràmetres bacterians. Nosaltres mateixos hem descrit un brot d'hepatitis que es va produir en un campament militar per consum d'aigua que era lliure de bacteris (Bosch *et al.*, 1991). Aquest mateix error és el que comet la Unió Europea en la seva normativa sobre el control microbiològic del marisc. Segons aquesta normativa, només cal tenir en compte paràmetres bacterians, la qual cosa és totalment inadequada, ja que es donen sovint casos d'hepatitis A i de gastroenteritis causats pel consum de marisc controlat segons aquestes normatives (Mele *et al.*, 1989).

3. ESTUDI D'UN BROT D'HEPATITIS A LA COMUNITAT VALENCIANA CAUSAT PEL CONSUM DE TELLERINES CONGELADES

320

La setmana 39 de 1999, es va observar un augment de la declaració de casos d'hepatitis A a l'Àrea de Salut 13 de la Comunitat Valenciana, en què se'n va notificar 10 casos. Entre les setmanes 37 i 52 del mateix any, es van declarar 107 casos, la qual cosa representa el 85,6% del total de casos declarats durant tot l'any 1999 a la mateixa àrea de salut.

A partir de la setmana 41 també es va observar un increment en la incidència d'hepatitis A a l'Àrea de Salut 10, limítrofa amb l'anterior, i es van comptabilitzar, des de la setmana 41 fins a la 51, 56 casos, que representen el 91,8 % del nombre anual de casos declarats a la mateixa àrea.

A l'Àrea de Salut 7 es va començar a notar augment de casos d'hepatitis A a partir de la setmana 42, i es van declarar 11 casos des d'aquesta setmana fins a la 46, que representa el 91,7 % de la incidència anual. D'altra banda, es

va observar a l'Àrea de Salut 6 un degoteig no habitual de casos d'hepatitis A, ja que entre la setmana 39 i la 51 es van enregistrar 15 casos relacionats amb el brot d'hepatitis A, la qual cosa representa el 29 % de la incidència anual.

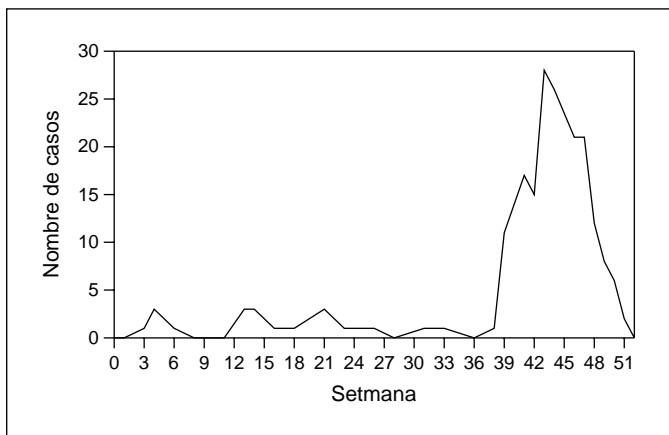


FIGURA 1. *Incidència anual d'hepatitis A a les àrees de salut afectades pel brot.*

Totes les àrees de salut afectades pertanyen a la província de València, amb una població de 593.375 habitants, la qual cosa representa el 14,8 % de la població total de la Comunitat Valenciana. A la figura 1 es pot comprovar la distribució temporal del total de casos declarats durant l'any 1999, en què s'observa l'augment de la notificació setmanal de casos a partir de la setmana 39, amb una incidència màxima entre les setmanes 42 i 46, en les quals es concentren gairebé el 50 % dels casos notificats al llarg de l'any.

Per a determinar les possibles causes del brot d'hepatitis A, es van dur a terme 389 enquestes epidemiològiques, que corresponen a 188 casos i a 201 controls. S'han inclòs com a factors de risc a estudiar l'assistència a llars d'infants

o escoles, el contacte familiar, el contacte sexual, les avaries de la xarxa pública d'abastament d'aigües, el consum d'aigua embotellada o de fonts no controlades, el consum d'aliments com ara verdures crues, tellerines, musclos, cloïsses, ostres i crustacis. L'anàlisi de l'associació entre els diferents factors de risc estudiats va donar una sola associació positiva entre el consum de tellerines —*tellines*, com es diu a València—, importades congelades del Perú i l'aparició de la malaltia hepàtica (taula 4).

TAULA 4. *Associació de l'hepatitis A amb l'exposició a diferents aliments i begudes*

<i>Factor</i>	<i>OR^a</i>	<i>IC^b 95 %</i>	<i>P^c</i>
Verdures	1,07	0,68 – 1,69	0,42
Crustacis	0,79	0,45 – 1,38	0,22
Musclos	0,85	0,50 – 1,43	0,29
Tellerines	3,89	2,36 – 6,41	0,000
Navalles	1,90	0,49 – 7,97	0,23
Aigua de xarxa	0,86	0,53 – 1,39	0,29
Aigua no controlada	0,64	0,35 – 1,17	0,07
Aigua envasada	1,07	0,67 – 1,71	0,42

a. OR: odds ràtio.

b. IC: interval de confiança.

c. p: valor de la *p*.

Es va utilitzar la tècnica d'amplificació per RT-PCR com a sistema de diagnòstic de l'HAV en mostres de tellerines recollides en llars i restaurants relacionats amb casos d'hepatitis d'aquest brot. Es va detectar l'HAV en el 75 % de les mostres de tellerines analitzades (Bosch *et al.*, 2001). També es van detectar enterovirus i rotavirus, respectivament, en el 55 % i el 60 % de les mostres analitzades (Bosch *et al.*, 2001). En canvi no es va trobar ni astrovirus, ni el virus de Norwalk, ni el virus de l'hepatitis E, que també es van buscar en les mostres de tellerines (taula 5).

TAULA 5. *Detecció de l'HAV en tellerines procedents de llars i restaurants involucrats en casos d'hepatitis A*

<i>Procedència</i>	<i>POS/TOT^a</i>	<i>%^b</i>
Alzira	4/6	67
Utiel	1/1	100
Pontón	1/1	100
Requena	3/3	100
Mislata	2/2	100
Castelló	0/1	0
Xàtiva	4/6	67
Total	15/20	75

a. POS/TOT: nombre de mostres positives respecte del nombre total de mostres analitzades.

b. %: percentatge de positivitat.

Es van dur a terme estudis d'epidemiologia molecular d'aïllaments de l'HAV procedents de les mostres de marisc i també de mostres clíniques, sèrums i femtes, de pacients amb hepatitis A. Aquests estudis van evidenciar la existència de si més no sis variants de l'HAV, que diferien entre si en petites deleccions en la zona rica en pirimidines de l'extrem 5' del genoma víric. Aquestes variants pertanyien totes a un mateix genotip de l'HAV, IB, que és originari, malgrat que no exclusiu, de l'Amèrica del Sud (Roberston, 1992).

Actualment es disposa de sistemes de diagnòstic amb prou sensibilitat per a detectar i caracteritzar els patògens vírics presents en aliments, com poden ser aigües o marisc. És inqüestionablement erroni emprar indicadors bacterians per a controlar la presència de virus a les mostres esmentades. Per tant, caldria establir una legislació que restringís el nivell de virus entèrics en aigua i marisc, que evitaria bastants brots de gastroenteritis i hepatitis causats per aquests virus.

En el cas del brot d'hepatitis A de València es van prendre una sèrie de mesures profilàctiques, com la immobilització d'unes 200 t de tellerines importades del Perú, i

immunitzacions passives i actives de la població en contacte amb casos d'hepatitis. Gràcies a aquestes mesures es va poder controlar el brot d'hepatitis A i donar-lo per acabat abans del final de 1999.

BIBLIOGRAFIA

- ABAD, F. X.; PINTÓ, R. M.; GAJARDO, R.; BOSCH, A. (1997). «Viruses in mussels: public health implications and depuration». *J. Food Prot.*, 60, p. 677-681.
- ASSAAD, F.; BORECKA, I. (1977). «Nine-year study of WHO virus reports on fatal viral infections». *Bull. World Health Organ.*, núm. 55, p. 445-453.
- BOSCH, A. (1995). «The survival of enteric viruses in the water environment». *Microbiologia SEM.*, núm. 11, p. 393-396.
- (1998). «Human enteric viruses in the water environment». *Internatl. Microbiol.*, núm. 1, p. 191-196.
- BOSCH, A.; ABAD, F. X.; GAJARDO, R.; PINTÓ, R. M. (1994). «Should shellfish be purified before public consumption?». *The Lancet*, núm. 344, p. 1024-1025.
- BOSCH, A.; GRAY, M.; DíEZ, J. M.; GAJARDO, R.; ABAD, F. X.; PINTÓ, R. M.; SOBSEY, M. D. (1993). «The survival of human enteric viruses in seawater». *MAP Tech. Rep. Ser.*, núm. 76, p. 1-7.
- BOSCH, A.; LUCENA, F.; DíEZ, J. M.; GAJARDO, R.; BLASI, M.; JOFRE, J. (1991). «Waterborne viruses associated with hepatitis outbreak». *J. Amer.*, núm. 83, p. 80-83.
- BOSCH, A.; SÁNCHEZ, G.; LE GUYADER, F.; VANACLOCHA, H.; HAUGARREAU, L.; PINTÓ, R. M. (2001). «Human enteric viruses in coquina clams associated with a large hepatitis A outbreak». *Wat. Sci. Tech.* [En premsa]
- CENTERS FOR DISEASE CONTROL AND PREVENTION (1995).

- Summary of notifiable diseases*. United States, MMWR Morb. Mortal. Wkly Re. 44 (53).
- Council directive of 15th of july. 91/492/CEE, J. Europ. Comm., 1991.
- CRAUN, G. F. (1991). «Causes of waterborne outbreaks in the United States». *Wat. Sci. Tech.*, núm. 24, p. 17-20.
- FARTHING, M. J. G. (1989). *Viruses and the gut*. Welwyn Garden City, Hertfordshire: Smith Kline & French, Ltd.
- GIRONÈS, R.; JOFRE, J.; BOSCH, A. (1990). «Isolation of marine bacteria with antiviral properties». *Can. J. Microbiol.*, núm. 35, p. 1015-1021.
- HU, M.; KANG, L.; YAO, G. (1991). «An outbreak of viral hepatitis in Shanghai». A: BIANCHI, L.; GEROK, W.; MAIER, K. P.; DEINHARDT, F. [ed.]. *In Infectious diseases of the liver*. Falk symposium, núm. 54, p. 361-372.
- JOFRE, J.; LUCENA, F.; GAJARDO, R.; BOSCH, A. (1993). «Detection of human enteric viruses in mussels (*Mytilus edulis*)». A: FARRAH, S. R.; GERBA, C. P.; WALTER, R. [ed.]. *Contamination of the environment by viruses and methods of control*. Tom 112, Wiener Mitteilungen, p. 105-110.
- MELE, A.; RASTELLI, M. G.; GILL, O. N.; DIBISCEGLIE, D.; ROSMINI, F.; PARDELLI, G.; VALTRIANI, C.; PATRIARCHI, P. (1989). «Recurrent epidemic hepatitis A associated with the consumption of raw shellfish, probably controlled through public health measures». *Am. J. Epidemiol.*, núm. 130, p. 540-546.
- «Decret de 31 de maig, pel qual s'estableixen les normes de qualitat per a mol·luscs bivalves depurats». *Butlletí Oficial de l'Estat*, núm. 137, p. 17298-17300.
- «Reial decret 345/1993, de 5 de març, pel qual s'estableixen les normes de qualitat de les aigües i de la producció de mol·luscs i altres invertebrats marins vius en el litoral espanyol». *Butlletí Oficial de l'Estat*, núm. 74 (27 març 1993).
- RAO, V. C.; MELNICK, J. L. (1986). «Environmental Viro-

logy». A: COLE, J. A.; KNOWLES, C. J.; SCHLESSINGER, D. [ed.]. *Aspects of Microbiology*. Vol. 13. Washington, D. C.: American Society for Microbiology.

ROBERTSON, B. H.; JANSEN, R. W.; HANNA, B.; TOTSUKA, A.; NAINAN, O. V.; SIEGL, G.; WIDELL, A.; MARCOLIS, H. S.; ISOMURA, S.; ITO, K.; ISHIZU, T.; MORITSUGU, Y.; LEMON, S. M. (1992). «Genetic relatedness of hepatitis A strains recovered from different geographical regions». *J. Gen. Virol.*, núm. 73, p. 1365-1377.

SOCIETAT CATALANA

DE GEOGRAFIA

NATURA, CULTURA I GEOGRAFIA

DEL MÓN DE LES RIERES

MEDITERRÀNIES,

A CÀRREC DE

DAVID SAURÍ,

DE LA UNIVERSITAT AUTÒNOMA

DE BARCELONA

Expressions com *integració*, *interdisciplinarietat* o *síntesi* s'han convertit en emblemàtiques dins el vocabulari ambiental i han fet ressorgir de nou l'interès pel desenvolupament de noves branques científiques allunyades de la fragmentació i l'especialització i, en canvi, més obertes als plantejaments generalistes. En certa manera, l'enfocament que s'ha volgut donar a aquest seminari interdisciplinari sobre l'aigua organitzat per l'Institut d'Estudis Catalans reflecteix explícitament la necessitat de trobar nous camins científics en què el *Tot* sigui quelcom més que la simple suma de les *Parts*. Hi ha molt a guanyar en abordar els problemes plantejats per aquest component vital del medi des de diferents àmbits disciplinaris i aquesta és una tasca molt necessària. Tanmateix, resta molt per fer a l'hora d'assolir l'objectiu de la integració, particularment la integració entre els aspectes físics i els aspectes humans o, si es vol, entre *natura* i *cultura*, que representen els dos components bàsics de l'equació ambiental.

Ens cal, doncs, repensar com enfoquem la recerca interdisciplinària en matèria de medi ambient i de l'aigua en particular, la qual cosa, al meu parer, implica cercar alternatives d'integració entre natura i cultura, entre forces biofísiques i forces socials. En aquest sentit, em sembla útil examinar l'experiència d'una disciplina científica, la geografia, que amb més o menys fortuna ha intentat la via generalista i integradora en el camp ambiental. Efectivament, la geografia sempre ha tingut com un dels seus elements distintius l'estudi de les relacions entre natura i societat en diferents escales espacials i temporals. L'objectiu de la disciplina ha estat documentar la diversitat de la presència humana sobre la Terra i tractar d'entendre els factors naturals i els factors socials que doten de contingut aquesta diversitat.

La reflexió geogràfica sobre natura i cultura, tema central en els treballs d'autors nord-americans com Marsh, Sauer o Barrows (Goudie, 1990; Saurí, 1993) o, en el món francès,

de Vidal de la Blache, Brunhes o Réclus, va entrar en decadència quan des de mitjan segle XX els geògrafs s'inclinaren per l'especialització en la línia neopositivista i oblidaren la síntesi com a eix de les seves aportacions. Malgrat tot, l'interès per la natura i el medi ambient s'ha revifat durant les darreres dècades, sobretot arran de l'aportació de corrents de pensament com el marxisme tardà o els anomenats *estudis culturals* (Fitzsimmons, 1989; Harvey, 1996). Sota l'esperit de la integració i de la recerca de principis unitaris, existeix una voluntat de tornar a reflexionar sobre categories com *natura* i *cultura* o *medi* i *societat*, considerades antagòniques massa sovint en els debats actuals sobre el medi ambient. La reflexió en aquesta línia busca, doncs, defugir d'interpretacions causals esbiaixades com ara les que veuen qualsevol intervenció humana com necessàriament negativa (la mediàticament popular *ruptura de l'equilibri ecològic*) o les que, avui molt més minoritàries, consideren tota transformació humana benigna alhora per al medi i la societat (Eden, 2001).

329

He escollit els cursos fluvials mediterranis com un marc especialment rellevant per a repensar els conceptes de *natura* i *cultura* i les relacions que s'estableixen entre aquests. Els exemples que faré servir corresponen majoritàriament a la regió metropolitana de Barcelona i l'objectiu és mostrar com aquests rius i rieres no es poden conceptualitzar simplement com *natura* però tampoc no es poden entendre com a producte d'unes intervencions humanes que han eliminat tot rastre de naturalitat. Més aviat ens trobaríem davant de formes heterogènies que desafien la separació entre natura i cultura, i que requereixen alternatives de gestió fonamentades en el respecte a la diversitat social i ambiental que sovint ha caracteritzat històricament aquests paisatges.

Un argument central de l'article serà, per tant, la necessitat de defensar aquesta diversitat socioambiental de rius o rieres davant les amenaces que avui reben aquests

espais i que també cal situar en l'actual context històric de canvis territorials molt importants a la regió metropolitana de Barcelona. Com és sabut, la regió barcelonina coneix actualment un procés d'expansió de l'anomenada *ciutat dispersa*, de baixa densitat i creixement horitzontal, la qual cosa representa un patró totalment diferent al de la tradició mediterrània, basada en formes urbanes més compactes i agregades. Aquest nou model territorial tendeix a reinterpretar i construir el paisatge segons uns criteris que són més anglosaxons que mediterranis, acompanyats d'artefactes tan emblemàtics del nou urbanisme com el vehicle quatre per quatre, la gran superfície comercial o el camp de golf.

D'acord amb la redefinició del medi que comporta aquest nou urbanisme, les rieres esdevenen una *natura no desitjada* i són objecte d'actuacions hidràuliques que poden implicar la seva eliminació física de la superfície. Aquesta *solució final* aplicada a moltes de les rieres metropolitanes en forma de canalitzacions o soterraments no és certament nova, i a la ciutat de Barcelona ha estat bàsica en els plans de desenvolupament urbà des de mitjan segle XIX almenys. El que sí que és nou, però, és la seva creixent aplicació en un context de baixa densitat residencial i allunyat de la voluntat higienista que inspirà plans com el de García Faria cent anys enrere.

Actualment, el combat contra les rieres es basa en un conjunt de pràctiques materials i discursives dels governs públics, de certs interessos econòmics i també dels nous habitants de la ciutat dispersa. En l'article s'intenta recollir aquestes pràctiques socials sota els conceptes de *por* i *fàstic*, desenvolupats per l'escriptor i periodista nord-americà Hunter S. Thompson per a reflectir els aspectes més negatius de la cultura i la política dels EUA (Thompson, 1968, 1973). En el nostre context, la *por* de les rieres fa referència als impactes i a la percepció social que generen les avingudes

sobrades i que poden ocasionar sovint destrucció i sofriment humà. D'altra banda, el concepte de *fàstic* vol posar l'èmfasi en la realitat marginal d'aquests espais fluvials sovint deixats a activitats ambientalment problemàtiques i estèticament poc atractives (des dels abocaments incontrolats fins a les petites hortes fluvials envoltades per tanques construïdes amb materials de rebuig).

La combinació de por i fàstic ofereix una clara justificació per a la transformació d'aquests corrents fluvials i la desaparició de les activitats que s'hi donen, mentre que qualsevol política alternativa ha d'afrontar la força de convicció social que generen aquests arguments. El nus gordià que constitueixen resulta molt difícil de trencar atès que *por* i *fàstic* es basen últimament en una separació estricta entre *natura* i *societat*, creixentment dominant en el si de les societats urbanes desenvolupades com la nostra. Així, l'argument de la por es construeix amb referència a una natura *salvatge* que cal controlar. L'argument del fàstic assenyala cap a un conjunt de pràctiques socials, com l'agricultura a petita escala que prolifera en aquests espais fluvials, que ofenen l'objectiu d'un paisatge *ordenat* i sotmès al tast estètic del nou urbanisme.

D'aquesta manera, les rieres esdevenen terrenys de lluita en els quals dos móns entren en col·lisió. El món de la urbanització moderna que cerca constantment la redefinició dels paisatges d'acord amb la lògica de la urbanització capitalista i tota la parafernàlia que l'acompanya, i el món marginal que es desenvolupa en els intersticis de l'expansió urbana. Les dinàmiques de la por i el fàstic es poden situar al centre d'aquesta col·lisió i la seva avaluació crítica, particularment, de les nocions de natura i de societat que transmeten, esdevé una tasca important no només quant a la teoria sinó també en l'àmbit polític.

El nostre objectiu principal, per tant, serà qüestionar aquests conceptes examinant la realitat actual dels cursos

fluvials de règim mediterrani en vista dels nous corrents teòrics en la tradició dels estudis geogràfics sobre les relacions entre natura i societat. Ens interessen molt especialment els enfocaments que miren de superar la separació entre ambdós conceptes, prou clara tenint en compte com s'han examinat fins ara els problemes de les rieres mediterrànies, i que mitjançant una nova integració socioambiental puguin ésser útils per a construir una nova actitud social cap a aquests entorns.

El text queda organitzat de la manera següent. A la primera part es revisaran algunes de les formulacions teòriques recents que, des de la geografia, intenten trobar alternatives a les clàssiques divisions entre natura i societat. A la segona part, s'intentarà mostrar com els arguments basats en la por i el fàstic de les rieres es construeixen a partir del procés de canvi socioambiental característic de la regió metropolitana de Barcelona, particularment el canvi des de la ciutat compacta cap a la ciutat dispersa. Les conclusions volen servir per a reafirmar la necessitat de conservar la diversitat socioambiental de les rieres i la contribució que la geografia pot fer a aquest objectiu.

1. LA NATURA DE LES RIERES MEDITERRÀNIES. UNA APROXIMACIÓ TEÒRICA ALTERNATIVA

En bona part, les nocions de por i fàstic que fonamenten la percepció social moderna de les rieres mediterrànies obtenen la seva força discursiva perquè aquestes rieres no s'adeqüen a les visions dominants sobre com haurien de ser els paisatges naturals o humanitzats, en funció de la visió dominant que separa estrictament ambdós móns. En altres paraules, les rieres són privades de les característiques, ja siguin naturals o siguin d'origen humà, que podrien afavorir una certa apre-

ciació social. En part, aquest fet és degut al caràcter biofísic d'aquests cursos fluvials que, per les peculiaritats de la climatologia mediterrània, mostren un règim hidrològic caracteritzat per llargs períodes d'estiatge amb cabals nuls o mínims i períodes molt més curts d'avingudes de gran magnitud en relació amb els migrats cabals mitjans. Alterant lleugerament el text del cantautor Raimon, podríem dir, doncs, que «al nostre país, els rius no saben portar aigua». D'altra banda, els múltiples aprofitaments humans dels quals han estat objecte (regadiu, energia) també han contribuït a recrear un paisatge fluvial singular mancat, tanmateix, del que seria més distintiu d'aquest paisatge, és a dir, l'aigua, que, enlloc de circular per la llera, tendeix a circular per canals i sèquies i només reapareix en el lloc que li pertoca durant moments puntuals, i sovint en forma de calamitat.

Tanmateix, el complex joc de forces entre natura i societat que ha creat els espais fluvials mediterranis també ens deixa un conjunt de funcions socials i ambientals molt importants i més encara en els nostres temps *sostenibles*. L'aparent pobresa hidrològica de les rieres, per exemple, amaga un actiu paper en la recàrrega d'aqüífers, mentre que les aportacions sedimentàries poden contrarestar l'erosió litoral i evitar així les costoses obres d'infraestructura de protecció de platges. El patrimoni florístic i faunístic s'ha vist mot afectat per la degradació d'aquests espais, principalment pel fort deteriorament de la qualitat de l'aigua; no obstant això constitueix un component de les rieres distintiu i divers. Però aquests espais també disposen d'un notable patrimoni cultural i encara avui sustenten la producció d'aliments a petita escala, i les relacions socials que acompanyen aquesta producció i que contribueixen a aspiracions humanes fonamentals com el treball i el lleure.

Llevat del que es desprèn de discursos d'influència creixent però encara molt minoritaris, totes aquestes fun-

cions, especialment les de tipus social, resten menystingudes o ignorades per gran part dels agents públics i privats que actuen en el territori metropolità. En l'arrel d'aquest menyspreu s'hi troba implícitament la separació entre natura i cultura que comentàvem anteriorment i el sotmetiment d'una natura hostil i marginal a una cultura o un urbanisme modern que utilitza tota mena d'instruments (tecnològics, econòmics, legals, etc.) per aconseguir els seus objectius de domini. Però la separació entre natura i cultura també es veu reflectida en algunes de les propostes alternatives de reordenació dels espais fluvials amb criteris estrictament naturalistes. En aquest cas, és la cultura la que esdevé hostil per a la natura i, per tant, la variable que cal sotmetre a control.

La separació conceptual i pràctica entre natura i cultura serveix, doncs, de referent últim per a les estratègies de control de les rieres mediterrànies. Per tant, les alternatives a aquest control empobridor haurien de començar per construir referents teòrics que intentessin superar aquesta separació. Durant els darrers anys, i sobretot des del camp de les ciències socials, s'han desenvolupat propostes que cerquen la integració i volen allunyar-se tant dels biaixos naturalistes com dels propis excessos en què han caigut les mateixes ciències socials, en el sentit d'afirmar que qualsevol realitat, incloent-hi la realitat ambiental, és una construcció humana. Aquestes noves propostes d'integració beuen de les reflexions desenvolupades en el camp del feminisme (Haraway, 1991; Rose, 1993) i de la nova sociologia de la ciència (Latour, 1999) i, en síntesi, argumenten que natura i cultura o objecte i subjecte o home i dona no són enterament iguals però tampoc no són diferents (Proctor, 1998a, 1998b).

Aquest enfocament no dualista mereix una atenció creixent en els nous corrents del pensament geogràfic (possiblement per la seva presència implícita en alguns treballs dels geògrafs clàssics citats anteriorment) i ja ha estat assajat en

conceptes com el de *producció de la natura* basats en el materialisme històric (Smith, 1984). Malgrat l'existència de tensions (Castree, 1996; Whatmore, 1999), alguns autors que treballen precisament en el camp dels recursos hídrics han proposat elements de síntesi entre aquests nous corrents en la sociologia i la història de la ciència, i el marxisme. Així, en la seva reinterpretació del paisatge hidràulic espanyol, Swyngedouw (1999) afirma que el món es troba en un estat perpetu de metabolisme en el qual processos naturals i processos socials es combinen en formes que són geogràficament i històricament específiques que donen com a resultat una *natura produïda* o una *natura històrica* composta per elements biofísics, econòmics, polítics, culturals, etc. Aquesta línia de pensament entronca amb altres aportacions que cerquen no tant la naturalització de la història, en la línia propugnada per Worster i altres proponents de l'anomenada *història ambiental* (Fontana, 1992) com la *historització de l'ecologia* (Martínez Alier, 1990). La qüestió ja no seria qui controla la natura o qui controla la societat, ambdós conceptes entesos com a categories universals i ahistòriques, sinó qui controla la producció de la natura (Smith, 1984, p. 65) i quines pràctiques materials i discursives s'utilitzen per a facilitar aquest control.

Per tant, una alternativa per a transcendir la línia divisòria entre natura i societat que contribueixi a enfortir els sentiments de por i fàstic de les rieres mediterrànies consistiria a entendre les rieres com a xarxes compostes per associacions heterogènies d'elements humans i no humans (Murdoch, 1997). L'apreciació d'aquesta realitat híbrida facilitaria la superació d'actituds i pràctiques oposades a aquests medis i la formulació d'opcions de gestió que respectessin la diversitat present en els medis fluvials mediterranis (Ventura *et al.*, en premsa). Abans, però, que es puguin generar i discutir aquestes opcions ens cal entendre el context històric

dins del qual es desenvolupen i guanyen una important legitimitat social i política discursos com els de la por i el fàstic. En el nostre cas, aquest context històric el situem en l'expansió de la ciutat dispersa i el procés de producció d'una natura que cerca substituir la heterogeneïtat socioambiental del paisatge metropolità per una homogeneïtzació que serveixi millor als objectius de l'acumulació de capital.

2. CONTEXTUALITZANT ELS DISCURSOS DE LA POR I EL FÀSTIC. EL CREIXEMENT DE LA CIUTAT DISPERSA A LA REGIÓ METROPOLITANA DE BARCELONA

L'any 1996, Barcelona constituïa la sisena àrea metropolitana de la Unió Europea, amb una població de 4,2 milions d'habitants (70 % de la població de Catalunya). En termes agregats, aquesta xifra a penes ha variat des de 1975 però la seva distribució dins la regió mostra actualment un model força diferent del de dues dècades enrere. Així, el municipi de Barcelona va perdre aproximadament 250.000 habitants entre 1976 i 1996 i, només durant el període 1991-1996, i a falta de dades més recents, va experimentar un balanç migratori negatiu d'unes 20.000 persones per any. Unes tendències similars es poden veure en les activitats industrials i comercials, creixement relocalitzades des de la ciutat central cap a les perifèries. Els municipis més grans del que s'anomena la *primera corona metropolitana* també perden població en benefici de nuclis més petits i allunyats en un procés semblant al que està passant en altres àrees metropolitanes del món desenvolupat des de la dècada dels seixanta.

En termes de consum de sòl, el creixement de la ciutat dispersa ha assolit ritmes força espectaculars durant les darreres dècades (Serratosa, 1994). L'any 1957 el medi construït a la regió ocupava unes 10.000 ha, entre 1957 i 1972,

es va doblar i va arribar a les 20.000 ha, i entre 1972 i 1986 es va tornar a doblar fins a superar les 40.000 ha. Sis anys més tard (1992) es va situar en les 45.000 ha i cap al tombant del segle XXI es podrien haver superat les 50.000 ha. Aproximadament fins a mitjan dècada dels setanta en aquest creixement predominen les formes urbanes d'alta densitat per a acomodar els importants contingents migratoris arribats a la regió. Des d'aleshores, però, la immigració procedent d'altres contrades de l'Estat ja no constitueix el motor de creixement del medi construït i aquest darrer canvia de rumb per a seguir un patró de baixa densitat.

El procés que s'acaba de descriure comporta un conjunt complex de factors demogràfics, econòmics i socials que incideixen en les noves formes de la ciutat i en unes nocions particulars de natura i paisatge per part dels qui abandonen els entorns urbans més densificats. La ciutat compacta es veu substituïda per la *ciutat multiplicada* amb la producció d'habitatges de baixa densitat que segueixen els nous eixos de comunicació. Aquest nou paisatge residencial tendeix a generar una cultura urbana molt diferent a la tradicional cultura urbana mediterrània, i mostra una influència creixent dels valors i estils de vida anglosaxons ancorats en la casa, el cotxe i la gran superfície comercial. Durant el període 1985-1995, per exemple, la construcció d'habitatges unifamiliars va representar entorn del 40 % del total de nous habitatges, i va arribar al 60 % en alguns municipis de la regió metropolitana. Com en el model anglosaxó en què s'inspira, aquesta nova forma urbana produeix un tipus característic d'espai temàtic estructurat al voltant d'unes seqüències discontinües d'artefactes físics com les cases adossades, la proliferació de les rotondes, els parcs urbans, les superfícies comercials, etc. Aquest és un escenari d'*urbanificació* (Muñoz, 2001) que presenta un significat ambiental ben definit i oposat a altres components del paisatge

metropolità com els camps de conreu, fragments del passat industrial de la regió, o els cursos fluvials efímers, condemnats a desaparèixer juntament amb les relacions socials i ambientals que sustenten. La producció de la ciutat dispersa necessita estratègies discursives per a legitimar el nou ordre social i ambiental que l'acompanya. En el cas de les rieres o dels cursos fluvials efímers, aquestes estratègies discursives s'han basat en els *discursos de la por i el fàstic*, que es descriuen a continuació.

2.1. *El discurs de la por*

Les rieres mediterrànies són ben conegudes pels seus ocasionals, i sovint violents, episodis d'inundació. Una de les principals característiques de les avingudes mediterrànies és l'elevada magnitud (comparada amb els valors normals) i la curta durada. Aquestes característiques es troben estretament relacionades amb la intensitat de les precipitacions i amb la particular disposició del relleu en les àrees pròximes al litoral. Ambdós factors acceleren el cicle hidrològic, de tal manera que l'aigua evaporada des del mar hi pot tornar ràpidament en un procés que, per als cursos fluvials més propers al litoral, pot tenir una durada mesurable en hores o fins i tot minuts. La taula 1 recull alguns dels episodis de precipitacions extraordinàries de les darreres dècades a diversos punts del litoral mediterrani i àrees properes. Es pot veure com alguns d'aquests episodis són realment espectaculars, amb precipitacions de 200 mm en una hora (sud d'Espanya, octubre de 1973 o Biescas, 1996) o de més de 1.000 mm en 24 hores (Pirineus Orientals, octubre de 1940). En qualsevol cas, precipitacions per sobre de 500 mm en 24 hores han estat registrades en un nombre no menystenible d'ocasions en els temps recents i en molts llocs del litoral, i intensitats de

200 mm en 24 hores mostren períodes de retorn de deu anys o menys (Martín Vide, 1997).

TAULA 1. *Alguns exemples de precipitacions extraordinàries*

Localització	Data	Precipitació
Sant-Llorenç de Cerdans	17.10.1940	1000 mm /24 h
Javea (València)	??.10.1957	878 mm /24 h
Figueres (Catalunya)	??.10.1971	440 mm/24 h
Zúrgena (Almeria)	19.10.1973	600 mm/24 h
Oliva (València)	03.11.1987	817 mm/24 h
Biescas (Osca)	07.08.1996	200 mm/1 h
Alforja (Catalunya)	09.10.1994	400 mm/24 h

Font: Poesen i Hooke (1997) i reculls de premsa (*La Vanguardia*, *El País...*).

Quan fins al 80 % d'aquesta precipitació pot convertir-se en escolament superficial, la formació d'avingudes fluvials de gran intensitat esdevé la resposta típica del sistema fluvial a les precipitacions extraordinàries (taula 2).

339

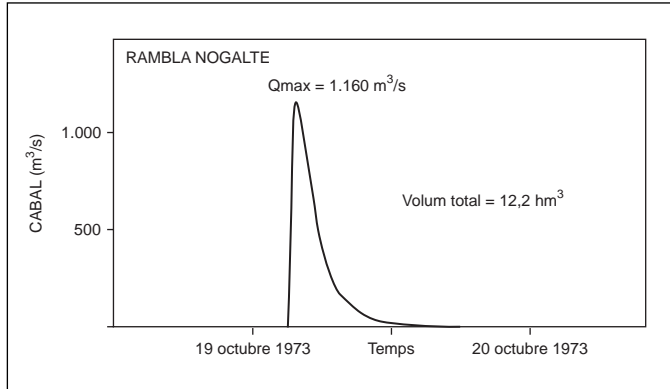
TAULA 2. *Cabals mitjans i cabals extraordinaris de cursos fluvials de la regió metropolitana de Barcelona*

Riu	Àrea de la conca (km ²)	Cabal mitjà anual (m ³ /s)	Cabal mínim durant un any sec (m ³ /s)	Cabal màxim (m ³ /s)	Data del cabal màxim
Llobregat-Martorell	4.561	20,7	1,69	3.080	21.09.1971
Besòs-Montcada	1.032	3,88	1,8	2.345	25.09.1962
Ripoll-Montcada	242	1,19	0,40	1.234	25.05.1962
Tordera-Can Serra	802	5,65	0	1.280	20.09.1971

Font: Departament de Política Territorial i Obres Públiques, Generalitat de Catalunya (1983) i Narcís Prat (1997).

Aquests processos es veuen perfectament reflectits en els hidrogrames de crescudes característics dels rius mediterranis com el que mostra el gràfic 1, que correspon a la rambla del Nogalte (Granada) durant la crescuda d'octubre

de 1973. Es pot veure com el cabal augmenta fins a tres ordres de magnitud en pocs minuts, i supera els $1.000 \text{ m}^3/\text{s}$ (xifra que equival aproximadament a una vegada i mitja el cabal mitjà de l'Ebre a Tortosa).



340

GRÀFIC 1. *Hidrograma de la rambla del Nogalte.*

Font: adaptat de Poesen i Hooke (1997).

No és estrany, doncs, que avingudes com la que reflecteix aquest hidrograma destrueixin tot el que troben al seu pas. Potser avui estem ja lluny de situacions tan dramàtiques com la d'aquest episodi del sud de la Península o dels aiguats del Vallès de setembre de 1962. Tanmateix, les riuades segueixen causant víctimes i destruccions materials, i l'airada resposta social acostuma a assenyalar en darrer terme una natura hostil com a responsable i demana les accions de control pertinents que gairebé sempre impliquen una intervenció hidràulica.

Tanmateix, i com explica qualsevol manual d'hidrologia, en la generació d'avingudes fluvials, com en qualsevol altre risc natural (Burton, Kates, White, 1978; White, 1975), hi poden intervenir també factors humans. L'ocupació de sòl

proper a les lleres fluvials i la transformació del cicle hidrològic local tendeix a augmentar l'exposició al risc i a crear i a alterar la vulnerabilitat humana. Als cursos fluvials costaners de la Mediterrània, la urbanització i les infraestructures han alterat els volums i les velocitats dels cabals d'avinguda, especialment mitjançant l'augment de les superfícies impermeables que segueix a l'expansió del medi construït a les conques fluvials. Al Maresme, per exemple, la superfície impermeabilitzada pot arribar fins a més d'un terç de la superfície comarcal i el medi construït pot passar a ocupar del 15 % a més del 40 % del total (Pelagio, 1999). En aquesta comarca, l'increment de les superfícies impermeables (en part originada també per la proliferació d'hivernacles) pot ser significatiu en augmentar l'escolament superficial ja que el sòl, format majoritàriament per sauló, és molt eficient perquè assegura la infiltració de les aigües d'avinguda (Riba, 1995). Malgrat aquesta evidència, el discurs públic tendeix a situar els factors humans en un segon pla i insisteix a ressaltar l'existència d'una natura desfermada per a legitimar la necessitat d'obres hidràuliques de control del risc. El Pla de Protecció contra les Avingudes del Maresme de 1992, per exemple, va justificar la inversió de més de 15.000 milions de pessetes en infraestructures hidràuliques a unes 35 rieres de la comarca amb l'argument d'un perill creixent per a les poblacions locals.

El discurs de la por de les rieres presenta també una variant significativa que és l'atracció creixent que certs fenòmens naturals de gran espectacularitat exerceixen sobre les societats urbanes actuals. L'espectacle de les inundacions recrea una certa fascinació per les forces de la natura i genera actituds temeràries com ara el fet prou corrent d'intentar travessar una riera o un torrent crescut a vegades amb un vehicle de tracció a les quatre rodes (un altre símbol de la suburbanització). Així, bona part de les víctimes recents de les inundacions (una família sencera a l'episodi d'octubre

de 2000 al sud de Catalunya) moren quan els seus vehicles són arrossegats per les aigües. Aquestes víctimes poden ser blasrades pel seu comportament imprudent però gairebé sempre després de l'esdeveniment, el discurs «cal fer alguna cosa amb la riera» torna a sorgir.

En síntesi, el discurs de la por es fonamenta en la presència de processos naturals de gran virulència però amaga també una causalitat humana que es minimitzada enfront de la imatge d'una natura aliena i violenta, totalment independent o separada de la societat humana. En aquest sentit, considerar les inundacions com *actes de Déu* esdevé encara avui una visió hegemònica en la valoració social d'aquests fenòmens que queda reflectida, per exemple, en l'exempció de responsabilitats humanes en casos de *presumpta* calamitat natural, com posa de manifest la resolució judicial sobre la tragèdia de Biescas.

2.2. *El discurs del fàstic*

Fora dels períodes d'aigües extraordinàries, les rieres mediterrànies ofereixen sovint un estat de degradació amb una presència important d'usos i poblacions correntment percebuts com a marginals. En part, aquesta situació reflecteix la particular història de les relacions entre les societats mediterrànies i els seus cursos fluvials. Aquestes societats sempre han lluitat per intentar controlar un cicle hidrològic difícil caracteritzat pels extrems de sequera i inundació. La rica arquitectura o patrimoni hidràulic de la regió dona testimoni d'aquesta cerca constant per assegurar uns mínims de regularitat i ordre. Així, el més característic dels paisatges fluvials no és el riu o la riera en si mateix sinó el complex hidràulic que desvia, transporta i condueix l'aigua per a una varietat d'usos, molt especialment el regadiu.

Si el medi fluvial mediterrani mostra una història sovint mil·lenària de transformació i adequació a les necessitats socials, la seva marginalització és un procés relativament recent. Per exemple, a la regió metropolitana de Barcelona, aquest procés de marginalització esdevé ben visible només a partir del final de la dècada dels cinquanta amb l'arribada de les primeres onades immigratòries a gran escala procedents del sud de la Península. Al començament de la dècada dels seixanta, l'ocupació precària de zones inundables, la mateixa llera a vegades inclosa, comença a ser comuna a les perifèries de grans nuclis metropolitans com Sabadell, Terrassa o Rubí. Com tots sabem, l'aiguat de setembre de 1962 va demostrar dramàticament la vulnerabilitat d'aquests assentaments. Aquest aiguat és probablement la catàstrofe natural més important del segle XX a Catalunya i assenjala el que pot passar a les grans ciutats del món subdesenvolupat actual.

Els aiguats de 1962 esdevenen el punt de partida de les grans intervencions hidràuliques en els rius i en les rieres metropolitanes. És l'època de la canalització i de l'agudització de la marginalitat d'aquests espais fluvials utilitzats per a activitats de forts impactes (com l'extracció de materials per a la construcció), com els punts d'abocaments incontrolats de tota mena i, en certs casos com fins fa pocs anys a la riera d'Argentona, com el lloc d'ubicació de les poblacions, també marginals com la població gitana. La degradació del medi fluvial té com a característica més significativa un procés extraordinari de deteriorament de la qualitat de l'aigua, la qual cosa fa que al final dels vuitanta, rius i rieres metropolitanes es trobin entre els pitjors d'Europa en termes de qualitat del recurs. Tots aquests factors, sense oblidar un cert pòsit històric, han contribuït al predomini de les sensacions de rebuig, menyspreu i oblit en la percepció i valoració d'aquests espais fluvials. En el discurs del fàstic, tornem a trobar de nou la separació entre natura i societat. En aquest cas,

però, les rieres han estat tan alterades per l'activitat humana que els és negada la seva condició de naturalitat i, per tant, se'n pot legitimar la transformació definitiva.

Tanmateix, els rius i les rieres segueixen essent objecte d'altres aprofitaments que poden considerar-se marginals des del punt de vista convencional de qualitat de paisatge, però que difícilment es poden rebutjar des d'un punt de vista de la sostenibilitat. En aquest cas, cal destacar sobretot la proliferació de la petita horta urbana que es manté entre les canalitzacions, els eixos viaris i altres artefactes de la urbanització. Part d'aquest paisatge és format per hortes centenàries que han patit un procés d'arraconament progressiu en la mesura que els usos *moderns* guanyaven presència en les planes fluvials. Però una altra part també important reflecteix una ocupació en els límits de la legalitat i, per tant, una precarietat extrema.

L'expansió, o en alguns casos recuperació, de la petita horta urbana coincideix amb l'arribada dels contingents migratoris de fa tres o quatre dècades i sembla que la seva màxima expansió està relacionada amb la crisi econòmica de mitjan dècada dels setanta fins als primers anys de la dècada següent. Des d'aleshores, la superfície ha disminuït a causa de les pressions contínues del desenvolupament a les planes fluvials. A Rubí, per exemple, l'any 1987 hi havia 454 horts que ocupaven una superfície de 28,65 ha, mentre que l'any 1999 el nombre d'hortos s'havia reduït fins a 132, amb una superfície ocupada de 8,32 ha (Domene, 2000). En certs casos, les polítiques de recuperació dels àmbits fluvials dirigides per alguns ajuntaments metropolitans també han reduït la superfície d'horta, amb arguments com ara l'impacte d'aquesta horta (especialment la il·legal) en la «desfiguració i artificialització del paisatge conreat característic» (Oficina del Ripoll, 1999).

Una de les característiques més significatives de la *sociوناتura* configurada per les hortes metropolitanes és

la seva fragmentació. A Sabadell, per exemple, s'han arribat a comptabilitzar fins a 413 parcel·les en a penes 30 ha de superfície (24 m² de grandària mitjana). Per al conjunt de l'àrea metropolitana, un estudi de l'antiga Corporació Metropolitana de Barcelona de començament de la dècada dels vuitanta (Camós, 1983) donava una superfície mitjana de 200 m². La situació legal d'aquests espais varia segons la tradició històrica de cada municipi, tot i que hi ha un important component de precarietat. En aquest mateix estudi de la Corporació Metropolitana, només el 9 % dels ocupants disposava d'un contracte d'arrendament. Aquesta situació pot haver millorat des d'aleshores, però encara avui gairebé la meitat de les hortes metropolitanes es troben mancades de protecció legal i, per tant, són extremadament vulnerables al canvi d'ús malgrat anys d'ocupació.

Les característiques productives d'aquestes hortes metropolitanes reflecteixen un ús majoritari de fertilitzants inorgànics i unes certes limitacions en l'aplicació de productes fitosanitaris a fi de salvaguardar la *naturalitat* de les produccions. L'aigua per a regar procedeix de pous del riu («quan sembla prou neta») o és aigua de pluja emmagatzemada en tota mena de contenidors (bidons i, fins i tot, banyeres). La major part de les hortes es troben envoltades per tanques a fi de protegir els conreus dels animals, especialment dels ramats d'ovelles que encara pasturen en els intersticis suburbials. Les tanques es construeixen sovint amb material de refús que, sens dubte, tenen un important paper perquè generen una imatge estèticament poc atractiva i incrementen la sensació de rebuig de la ciutadania i les entitats públiques. La producció (una gran varietat d'hortalisses i fruita) es destina a l'autoconsum, tot i que una part important arriba als mercats locals i s'ofereix com a produccions de qualitat enfront del *menjar industrial* conreat en les modernes explotacions agrícoles.

En termes sociodemogràfics, la població que s'ocupa d'aquestes activitats és ben lluny del nou perfil d'habitant metropolitana. Es tracta de persones procedents del sud de la Península que formaren part de les primeres onades immigratòries a gran escala de fa tres i quatre dècades. Moltes són persones grans i jubilades que manifesten recuperar una tradició laboral que els recorda la seva infantesa i joventut i que, en paraules seves, desitgen sentir-se útils per a ells i les seves famílies. Les respostes a les enquestes que s'han fet a aquest grup social indiquen també la importància no estrictament material d'aquesta activitat, vinculada a funcions com el lleure, les relacions familiars, el contacte amb altres hortolans, etc. Tanmateix, gran part de l'horta metropolitana té un futur incert, si més no per l'edat mitjana dels seus practicants. En l'estudi citat de Rubí, per exemple, el 63 % dels hortolans superaven els seixanta anys, i més de la meitat eren persones jubilades.

Durant les darreres dècades, han existit diferents projectes per a regular l'espai fluvial ocupat ara per hortes, canalitzacions i punts ocasionals d'abocaments de tota mena. En una posició intermèdia entre l'actuació hidràulica i la renaturalització fluvial, els enfocaments paisatgístics (influent creixentment en la planificació urbana i l'ordenació del territori) ofereixen la seva pròpia versió del que hauria de ser el paisatge de rius i rieres mitjançant la creació dels anomenats *parcs fluvials*. Tot i que aquests projectes poden preveure el manteniment de l'horta, especialment si aquesta té un pedigrí històric, la influència anglosaxona en els criteris estètics i ambientals també implica afavorir en molts casos la construcció d'un paisatge pensat per a les noves funcions de lleure de l'habitant urbà (zones de passejada, carrils bici, reconstitució puntual de la vegetació fluvial, etc.). Si bé la intencionalitat d'aquests projectes mereix una valoració positiva (vegeu per exemple, el projecte d'ordenació del riu

Ripoll a Sabadell) també cal reflexionar críticament sobre la imposició d'un model d'ordenació fluvial que pot tenir poc a veure amb la natura i la història de les rieres mediterrànies.

3. CONCLUSIONS

En aquest text hem volgut posar de manifest la realitat socioambiental característica de les rieres mediterrànies, amb exemples de la regió metropolitana de Barcelona. Hem intentat ressaltar la importància de certes pràctiques discursives i, per això, hem delimitat els objectius polítics que assenyalen la transformació progressiva d'un medi del món mediterrani molt significatiu històricament. En el nostre cas, els arguments que hem anomenat de *la por i el fàstic* ens semblen particularment rellevants perquè assegurin la transformació de les rieres. Els perills generats per lesavingudes sobtades d'aquests corrents fluvials i la marginalitat creixent d'aquests espais tenen lloc en un context de suburbialització de la ciutat mediterrània i l'ascens d'una nova cultura urbana oposada als paisatges que no s'acomoden als seus estàndards de qualitat.

Segons la nostra interpretació, els discursos de la por i el fàstic centren el debat social sobre el futur del medi fluvial metropolità a Barcelona. Aquest debat es troba polaritzat entre la posició hegemònica de control de la natura (Cosgrove, 1990), i una visió més minoritària, però creixentment influent, que propugna el retorn a una naturalització tan lluny com sigui possible de la interferència humana i que aparentment té el suport de la nova Directiva europea sobre l'aigua. Ambdues posicions basen els seus arguments en una separació entre natura i societat, si bé la realitat actual de moltes rieres mediterrànies no és ni natural ni social o, més aviat, representa les dues coses al mateix temps. En altres

paraules, les rieres poden ésser simultàniament exemples de gran dinamisme biofísic i d'un paisatge profundament humanitzat. L'adjectiu *híbrid* s'està convertint en la nova expressió clau per a definir el que és natural i humà alhora, sense privilegiar cap dels dos atributs. Però potser es tracta simplement de reprendre —sens dubte amb major sofisticació teòrica— allò que era força comú en els estudis geogràfics del passat.

Si la geografia sense adjectius s'ha d'ocupar de la diversitat de l'empremta humana sobre la Terra, diversitat produïda històricament per forces naturals i forces socials, aleshores aquesta disciplina científica també hauria de servir per a donar suport a noves propostes de gestió del medi fluvial que no fossin reduccionistes en els seus objectius i intentessin mantenir la diversitat específica de les rieres mediterrànies. La por i el fàstic actuals podrien quedar, doncs, com a relíquies d'un moment històric superat.

AGRAÏMENTS

L'autor vol agrair molts sincerament a la Societat Catalana de Geografia i l'Institut d'Estudis Catalans la invitació per a presentar aquest treball a les Jornades sobre l'Aigua i el Medi que van tenir lloc el 2001. El text s'emmarca en una recerca sobre el problema de l'aigua en àrees metropolitanes finançada per la Unió Europea mitjançant el projecte FIRMA (ENVK1-CT-1999-00016). La versió final ha quedat molt enriquida gràcies als comentaris i suggeriments de Mercè Capellades, Elena Domene, Maria Dolors García Ramon, Enric Mendizábal, Francesc Muñoz i Mònica Rivera.

BIBLIOGRAFIA

- BURTON, I.; KATES, R. W.; WHITE, G. F. (1978). *The Environment as Hazard*. Nova York: Oxford University Press.
- CASTREE, N. (1996). «Birds mice and Geography. Marxism and Dialectics». *Transactions of the Institute of British Geographers*. NS, núm. 21 (2), p. 342-362.
- CAMÓS, M. [et al.] (1983). *Els horts familiars a l'àmbit territorial de l'Entitat Municipal Metropolitana de Barcelona*. Barcelona: Corporació Metropolitana de Barcelona.
- COSGROVE, D. (1990). «An elemental division. water control and the engineered landscape». A: PETTS, G. [ed.]. *Water, Engineering and Landscape*. Londres: Belhaven, p. 1-11.
- EDEN, S. (2001). «Environmental issues. nature versus the environment?». *Progress in Human Geography*, núm. 25 (1), p. 79-85.
- DOMENE, E. (2000). *Problemàtica ambiental dels horts de lleure. El cas de Rubí*. Memòria del projecte de final de carrera de la llicenciatura de Ciències Ambientals. Bellaterra: Universitat Autònoma de Barcelona. [Inèdit]
- FITZSIMMONS, M. (1989). «The matter of nature». *Antipode*, núm. 21 (2), p. 106-120.
- FONTANA, J. (1992). *La història després de la fi de la història*. Vic: Eumo Editorial.
- GOUDIE, A. (1990). *The Human Impact on the Natural Environment*. 3a ed. Oxford: Blackwell.
- HARAWAY, D. (1991). *Simians, Cyborgs and Women. The Reinvention of Nature*. San Francisco: Free Association Books.
- HARVEY, D. (1996). *Justice, Nature and the Geography of Difference*. Oxford: Blackwell.
- LATOUR, B. (1999). *Politiques de la Nature*. París: La Découverte.
- MARTÍN VIDE, J. (1997). «Els factors físics. Inputs pluviomètrics i resposta del sistema fluvial». A: SAURÍ, D. [coord.]

- Les Inundacions. Quaderns d'Ecologia Aplicada*, 14. Barcelona: Diputació de Barcelona. Àrea de Medi Ambient, p. 37-49.
- MARTÍNEZ ALIER, J. (1990). «La interpretación ecologista de la historia socioeconómica, ejemplos de la región andina». *Revista de Estudios Regionales*, núm. 26, p. 29-48.
- MUÑOZ, F. M.; GILI, G. [ed.] (2001). *Urbanización: Los paisajes del cambio urbano postindustrial*. Barcelona.
- MURDOCH, J. (1997). «Towards a Geography of heterogeneous associations». *Progress in Human Geography*, núm. 21 (3), p. 321-337.
- OFICINA DEL RIPOLL (1999). *Projecte del Parc Fluvial del Ripoll. Sabadell*. Sabadell: Ajuntament de Sabadell.
- PELAGIO I BRUALLA, M. (1999). *Les rierades del Maresme. Planejament, gestió i risc d'avingudes*. Barcelona: Edicions Congrés.
- POESEN, J. W. A.; HOOKE, J. M. (1997). «Erosion, flooding and channel management in Mediterranean environments of southern Europe». *Progress in Physical Geography*, núm. 21 (2), p. 157-199.
- PROCTOR, J. (1998a). «Geography paradox and environmental ethics». *Progress in Human Geography*, núm. 22 (2), p. 234-255.
- (1998b). «The social construction of nature. relativists accusations, pragmatist and critical realist responses». *Annals of the Association of American Geographers*, núm. 88 (3), p. 352-376.
- RIBA, O. (1995). «Qüestions obertes sobre la geomorfologia, la hidrologia i la sedimentologia de les rieres del Maresme i del Barcelonès, amb exemples de la riera d'Arenys». *Trenta-dos aspectes de ciència i tecnologia*. Barcelona: IEC. (Arxius de les Seccions de Ciències; 100), p. 281-316.
- ROSE, G. (1993). *Feminism and Geography*. Minneapolis: University of Minnesota Press.

- SAURÍ, D. (1993). «Tradición y renovación en la geografía humana ambientalista». *Documents d'Anàlisi Geogràfica*, núm. 22, p. 139-157.
- SERRATOSA, A. (1994). «Els espais oberts en el planejament metropolità: realitats i propostes». A: *Els espais oberts: parcs, rius i costes*. Barcelona: Institut d'Estudis Metropolitans de Barcelona, p. 37-47. (Papers. Regió Metropolitana de Barcelona; núm. 20)
- SMITH, N. (1984). *Uneven Development*. Oxford: Blackwell.
- SWINGEDOUW, E. (1999). «Modernity and Hybridity. Nature *Regeracionismo* and the Production of the Spanish Waterscape. 1880-1930». *Annals of the Association of American Geographers*, núm. 89 (3), p. 443-465.
- THOMPSON, H. S. (1968). *Fear and Loathing in Las Vegas*. Nova York: Vintage.
- (1973). *Fear and Loathing. On the Campaign Trail '72*. Nova York: Vintage.
- VENTURA, M., RIBAS, A.; SAURÍ, D. (2001). «Dos discursos antagónicos en la gestión integral de los ríos. El río antropocéntrico versus el río ecocéntrico». *Estudios Geográficos*. [En premsa]
- WHATMORE, S. (1999). «Hybrid Geographies. Rethinking the *human* in Human Geography». A: MASSEY, A. D.; ALLEN, J.; SARRE, P. [ed.]. *Human Geography Today*. Cambridge: Polity Press, p. 22-39.
- WHITE, G. F. (1975). «La investigación sobre los riesgos naturales». A: CHORLEY, A. R. [ed.]. *Nuevas tendencias en geografía*. Madrid: Instituto de Estudios de la Administración Local, p. 281-315.



 **FUNDACIÓ**
Caixa Sabadell