

# Algunes problemàtiques de les aigües subterrànies a Catalunya

Xavier Sánchez-Vila i Jesús Carrera

Departament d'Enginyeria del Terreny, Cartogràfica i Geofísica  
ETS d'Enginyers de Camins, Canals i Ports, Universitat Politècnica de Catalunya

## Resum

Es comenten diferents problemàtiques associades a les aigües subterrànies, que s'il·lustren amb el cas de Catalunya. Al llarg d'aquest article es comenten tant aspectes quantitius com qualitius. Es considera inicialment el balanç global d'aigua, tot distingint les zones de recàrrega natural d'aquelles afectades per l'acció antròpica. D'aquesta segona, se separen com a singulars les zones agrícoles i els aqüífers urbans, on es mostra que es produeix una recàrrega molt superior a la natural. Això fa que els aqüífers urbans es puguin considerar com un recurs hídric notable. En aquest context s'enumeren les diferents alternatives d'augment de l'oferta (amb recursos convencionals i no convencionals) i/o reducció de la demanda, davant la solució de transferències d'aigua. La utilització potencial d'aigües subterrànies depèn en gran mesura dels aspectes de qualitat. Per aquesta raó, la major part de la ponència consisteix a indicar els mecanismes habituals de contaminació i com aquests són presents a Catalunya. La contaminació pot ser difusa (és a dir, repartida per una certa extensió de terreny; un exemple típic seria la contaminació per nitrats en zones agrícoles), lineal (per exemple, la salinització causada per intrusió marina) o puntual (contaminació per metalls pesats o organoclorats procedents de vessaments o abocadors). A Catalunya trobem exemples de tots tres tipus.

## Abstract

A number of problems related to ground water are reviewed and they are illustrated with examples from Catalonia. Throughout the paper, both qualitative and quantitative aspects are discussed. The starting point is the global water balance, and here a distinction is made between the natural recharge areas and those affected by anthropic action. As for this second type, special considerations are made regarding cropped areas, and urban aquifers, where it has been observed that recharge easily exceeds natural values. Therefore, urban aquifers should be considered as a significant water resource. Using the concept of water budget, some alternatives to increase the supply (by means of conventional or

unconventional resources) and/or to decrease the demand are presented. The potential use of ground water as a resource depends on its quality. For this reason most of the paper is devoted to explaining the most typical ground water contamination mechanisms. Contamination can be diffuse (that means it is extended over a large area, such as nitrate pollution due to agricultural practices), linear (for example, salinization caused by seawater intrusion) or limited (pollution by heavy metals or organochlorines from spills or dumps). In Catalonia we find these three types of pollution.

## Introducció

Les aigües subterrànies conformen un recurs bàsic per a l'abastament de les necessitats humanes. Aquestes necessitats corresponen a aigua de boca, però també a usos agrícoles, ramaders, industrials, cabals ecològics i activitats de lleure. Per això el tractament de l'aigua com a *recurs fonamental* és absolutament escaient. I és precisament per aquesta característica de *fonamental* que l'aigua s'ha convertit també en una eina política de confrontació en diferents indrets del món, i Catalunya no és una excepció.

L'aigua subterrània té unes característiques singulars clarament diferenciades de les aigües superficials. Els volums (recursos) són molt més grans; les velocitats de moviment, més lentes; el temps de renovació, molt més llarg, i les característiques químiques, més constants. D'altra banda, és una aigua no disponible en superfície i que ha d'ésser extreta del terreny mitjançant pous, amb un cert cost.

Les aigües subterrànies haurien de ser presents en tota decisió de les autoritats on hi hagi involucrats els recursos hídrics, convencionals o no convencionals. Per aquesta raó és fonamental conèixer-ne les disponibilitats reals, així com algunes de les problemàtiques associades a les aigües subterrànies a Catalunya. La ponència es planteja en tres parts: a la primera es presenta d'una manera simple el concepte de *balanç d'aigua* a les zones de màxima necessitat de recursos hídrics, com poden ser les zones agrícoles i les urbanes. Es comprova com aquestes són precisament les zones on es produeixen els canvis més significatius respecte a les condicions naturals i que són deguts a efectes antròpics. A la segona part de l'article es presenten les problemàtiques relacionades amb les aigües subterrànies a Catalunya, amb alguns exemples il·lustratius. Dins aquestes problemàtiques es tracten els problemes de contaminació, la singularitat dels aqüífers urbans i els efectes potencials de les grans obres d'infraestructura hidràulica. A la darrera part de la ponència es donen algunes idees bàsiques sobre planificació hidrològica, plantejades precisament des del punt de vista de la lògica, insistint en els conceptes de *racionalització*, *gestió integrada* i *nova cultura de l'aigua*, aspectes que no són l'objectiu directe d'aquest treball, atès que són tractats amb més detall en altres articles d'aquesta mateixa publicació.

## El balanç d'aigua subterrània en zones antropitzades

La precipitació mitjana a Catalunya, si exceptuem la zona pirenaica, és al voltant del 600 mm (o L/m<sup>2</sup>). Part d'aquesta precipitació torna a l'atmosfera per la combinació d'evaporació i transpiració que fan les plantes (la combinació, se la coneix com a evapotranspiració o ET). L'ET potencial (ETP) és bastant superior a la precipitació total en un clima com el nostre, però com que aquesta és mínima als mesos de major precipitació, l'ET real (ETR) és inferior. Un valor mitjà d'ETR és de prop de 400 mm. Al voltant de la meitat del romanent esdevé escolament superficial. La resta acaba arribant al subsòl i constitueix la part fonamental de la recàrrega als aqüífers. Per continuïtat, aquests dos escolaments acabaran, a la llarga, arribant al mar. La gran diferència és que mentre que el primer hi arribarà en qüestió d'hores o dies, les aigües que circulen pel subsòl trigaran anys o segles a arribar-hi.

La recàrrega superficial esmentada, integrada a tota l'extensió d'un aqüífer, suposa el volum anual (en termes mitjans) que entra al sistema, una part de la qual seria el màxim cabal que es podria extreure de manera sostenible. El punt següent, per tant, és estudiar les necessitats en termes d'usos. A la taula 1 es presenten els usos totals d'aigua separats en les dues grans zones hidrogràfiques del nostre país.

De la taula 1 es comprova que, si bé a la Conca de l'Ebre els recursos disponibles són suficients per a abastir la demanda futura, a les conques internes els usos futurs previstos superen els recursos actuals, de manera que serà necessari augmentar-los per a poder garantir les necessitats previstes. Aquest augment es xifra en prop de 600 hm<sup>3</sup>/any.

TAULA 1

*Usos d'aigua presents i futurs a Catalunya (Prat, 2000, segons el Pla Hidrològic de les Conques Internes de Catalunya i el Pla Hidrològic de la Conca de l'Ebre. Dades en hm<sup>3</sup>/any)*

|  | <i>Urbà</i> | <i>Industrial</i> | <i>Reg</i> | <i>Total</i> | <i>Recursos</i> |
|--|-------------|-------------------|------------|--------------|-----------------|
| <i>Conques internes</i>                |             |                   |            |              |                 |
| Actual                                 | 625         | 305               | 371        | 1.301        | 1.587           |
| Futur                                  | 885         | 414               | 494        | 1.793        | 2.134           |
| <i>Conca de l'Ebre (part catalana)</i> |             |                   |            |              |                 |
| Actual                                 | 43          | 66                | 2.151      | 2.260        | 4.712           |
| Futur                                  | 44          | 66                | 2.863      | 2.973        | 4.712           |

Enfront d'aquestes necessitats es fa força evident que no pot ser suficient disposar d'una única font (per exemple, aigües superficials o subterrànies) i que serà necessari fer una política d'aprofitament i gestió conjunta de tots els recursos.

Un altre punt singular és la distribució espacial dels recursos d'aigua, que té poc a veure amb la distribució de la demanda. Aquesta demanda es concentra a les zones agrícoles i a les zones urbanes. És precisament en aquestes zones on es produeix una variació més significati-

va de la recàrrega subterrània que, en alguns casos, pot compensar part d'aquesta demanda puntual.

Concretament a les zones agrícoles els excedents de reg poden produir una recàrrega al sistema molt superior a la natural. Aquesta recàrrega provoca un procés de contaminació important ja que la percolació de l'aigua fa que s'arrossegui una part dels elements químics que constitueixen els adobs. Veurem que a Catalunya aquest procés està força distribuït espacialment.

Un cas molt més significatiu per la seva importància és el dels aqüífers urbans. En aquest cas la font més important de recàrrega deixa de ser la pluja. Segons Batlle (2002) la recàrrega produïda per pèrdues a la xarxa d'abastament es pot xifrar en una mitjana de 41 L/h./dia. Això suposa que en qualsevol nucli de població on se superi una densitat de 50 h./ha la recàrrega és superior a la natural. A més, la resta d'aigua subministrada (150-200 L/h./dia) més tota la pluja es recull pel sistema de clavegueram, que també té pèrdues, que es podrien xifrar en un 50 % de les corresponents a subministrament. Amb tot això es pot comprovar com les grans conurbacions són zones amb un recurs potencial al subsòl no explotat. Sobre la importància d'això, hi incidirem més endavant. Pensem, a més, que als nuclis urbans hi ha un segon excedent encara més important en termes volumètrics, com serien les aigües residuals, que un cop tractades podrien ser aprofitades, amb la qual cosa aconseguiríem reduir la necessitat d'aigües aportades o transferides des de l'exterior.

Com a exemple de quantificació d'un balanç d'aigües subterrànies en un nucli urbà, a la figura 1 es presenta el cas de Badalona. Es pot comprovar com el terme fonamental d'entrada és el de pèrdues des de les xarxes (inclou un percentatge de la pluja recollida i canalitzada per la xarxa de clavegueram). El terme més important de descàrrega són les extraccions (fonamentalment, evacuació de l'aigua recollida en edificis i infraestructures subterrànies repartides per tota la ciutat).

## **Algunes problemàtiques relacionades amb les aigües subterrànies a Catalunya**

Un cop adreçats els aspectes quantitius en termes de balanç, en aquest capítol es comenten algunes de les problemàtiques relacionades amb l'ús o la manca d'ús de les aigües subterrànies a Catalunya.

### *Contaminació de les aigües subterrànies*

Les aigües subterrànies poden ser contaminades per diferents motius relacionats amb l'activitat antròpica. Distingirem tres casos segons si aquesta contaminació té un abast areal, lineal o puntual.

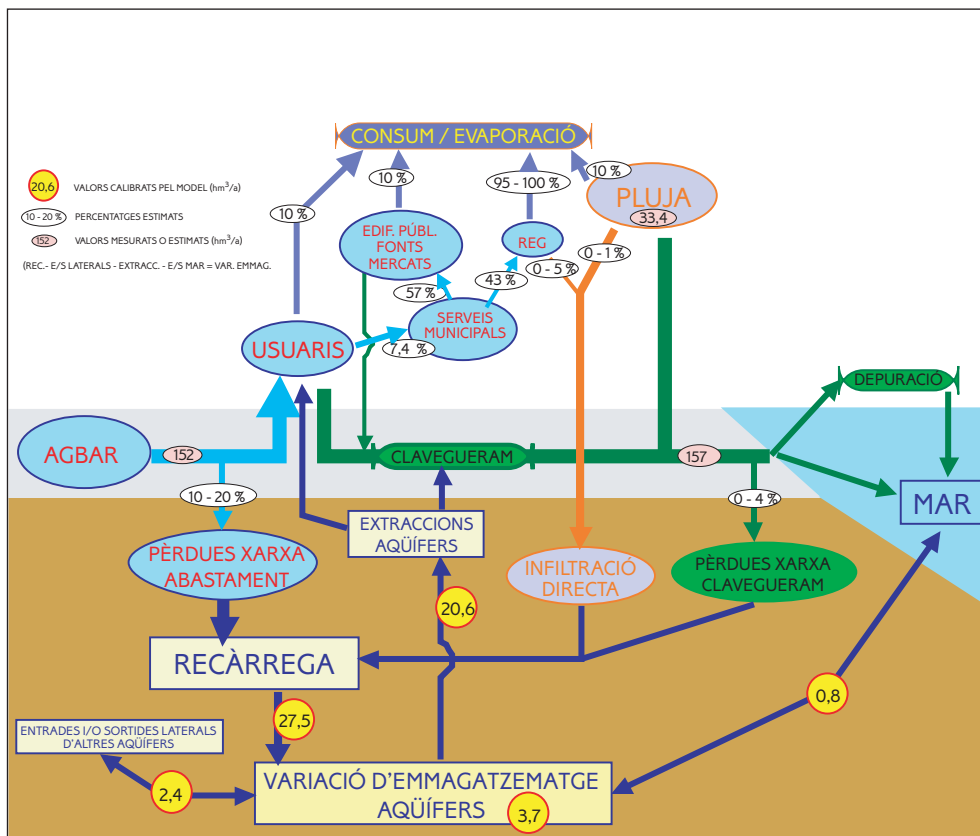


FIGURA 1. Balanç d'aigua subterrània a la ciutat de Badalona (Vázquez-Suñé, 2003). Les unitats són  $\text{hm}^3/\text{any}$  (valors en groc i rosa) o percentatge (en blanc).

## Contaminació per àrea (o difusa)

Aquest tipus de contaminació va normalment lligada a una activitat agrícola. Per aquest motiu trobem una aigua carregada de nitrats i fosfats entre d'altres components. Una manera de saber l'extensió del problema és definir una xarxa de mesura de nitrats com aquella de què disposa l'Agència Catalana de l'Aigua. A la taula 2 podem veure un resum de les dades, on es manifesta com el problema és de caràcter general i no només d'una o dues comarques. En aquesta taula es presenten el valor màxim i la mediana de les mesures de contingut de nitrats preses l'any 2002. Atès que el valor de referència per aigua potable és de  $[\text{NO}_3^-] = 50 \text{ mg/L}$ , a la mateixa taula es presenta el nombre de mostres que superen aquest valor.

TAULA 2  
*Dades corresponents a la xarxa de control de nitrats a les aigües subterrànies  
 (Agència Catalana de l'Aigua, 2002)*

|  | Mediana<br>(mg/L) | Màxim<br>(mg/L) | % mostres<br>> 50 mg/L |
|--|-------------------|-----------------|------------------------|
| Alt i Baix Empordà, Gironès, pla de l'Estany   | 34                | 231             | 39                     |
| Maresme  | 72                | 603             | 67                     |
| Osona  | 40                | 301             | 45                     |
| Alt Camp, Baix Camp, Tarragonès                | 36                | 145             | 38                     |
| Baix Penedès                                   | 31                | 161             | 28                     |
| Noguera, pla d'Urgell, Segarra, Segrià, Urgell | 45                | 294             | 47                     |

Es pot comprovar com la zona més problemàtica correspon al Maresme. A més, no es tracta d'un problema concentrat, sinó que es troba distribuït al llarg de tota la comarca, com podem veure a la figura 2. Això és una mostra clara que es tracta d'un exemple de contaminació difusa lligat a les activitats agrícoles.

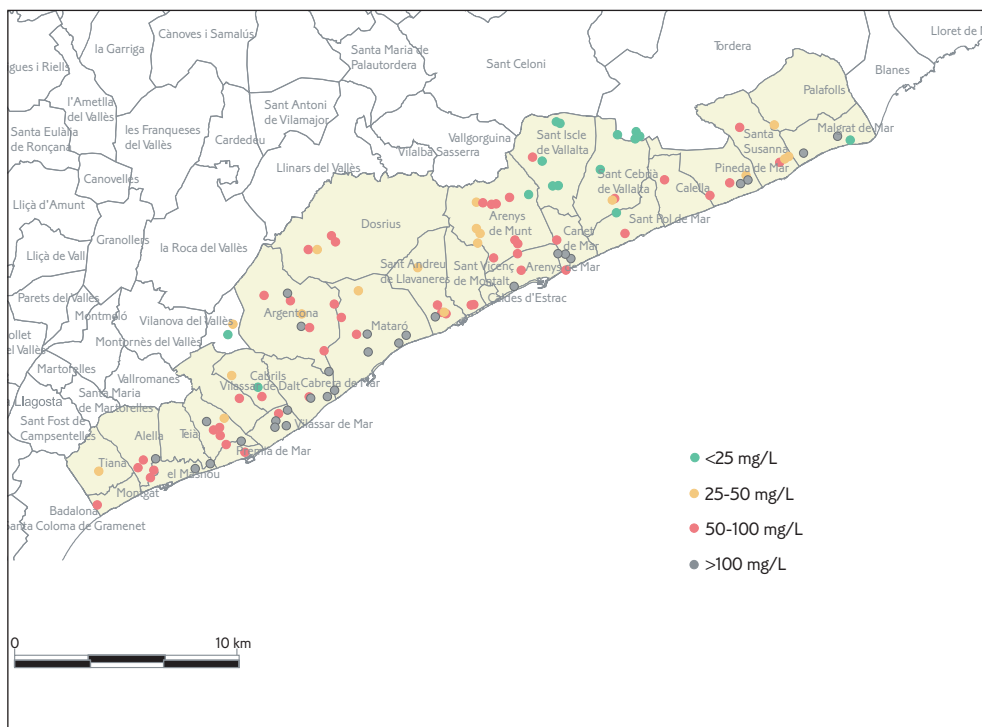


FIGURA 2. Concentració de nitrats als punts de control de la comarca del Maresme. Veiem que els punts que superen el valor de referència de 50 mg/L (fins al 67 % del total) estan distribuïts per tota la comarca.

## Contaminació lineal

Es tracta d'una contaminació que es produeix al llarg d'una gran longitud. Un exemple típic és la contaminació deguda a un riu de caràcter influent (és a dir, que recarrega l'aqüífer) i que estigui força contaminat. De totes maneres no és freqüent, perquè l'aigua recarregada és, en general, de qualitat superior a la del propi riu per l'efecte filtrant de la llera.

A Catalunya el cas de contaminació lineal més freqüent és el de la intrusió marina a causa dels bombaments propers a la línia de costa. Un dels exemples històrics més estudiats en l'àmbit mundial és el cas del delta del riu Llobregat. A la figura 3 es mostra la situació dels aqüífers del delta del Llobregat (superficial, principal i única) prèvia a la gran explotació que va començar al principi del segle xx. Fa més d'un segle el flux natural era en direcció al mar a tots dos aqüífers. A més, l'aqüífer principal era artesià. Aquesta característica artesiana, la bona qualitat i la gran transmissivitat va provocar una forta extracció a l'aqüífer principal, que va pertorbar la situació natural. L'efecte es veu a la figura (dreta), on s'aprecia com la situació ha canviat molt i es manifesta com una intrusió força important d'aigua del mar, que provoca una forta salinització de les aigües subterrànies a la zona costanera.

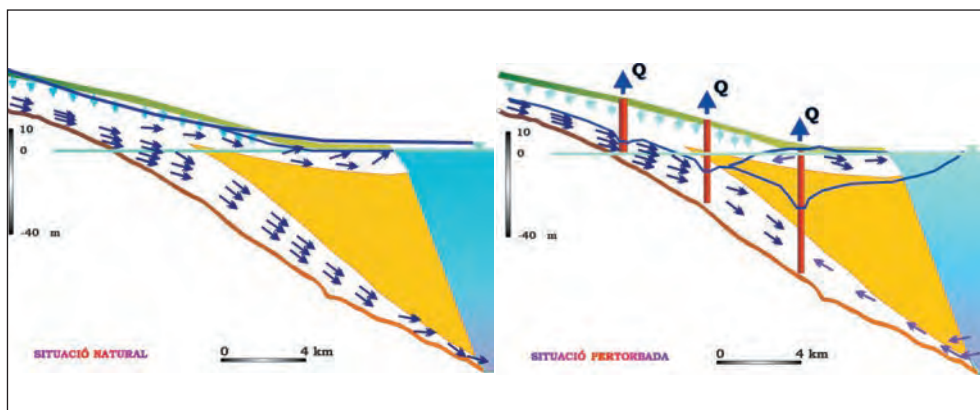


FIGURA 3. Talls transversals que mostren la situació natural dels aqüífers del delta del Llobregat i la situació un cop pertorbada per les grans extraccions a l'aqüífer principal del Delta.

L'efecte de la intrusió no és estacionari en el temps, sinó que manifesta una tendència a anar avançant, com es posa de manifest a la figura 4. Aquest és un dels aspectes singulars d'aquest tipus de contaminació, els efectes del qual es manifesten molt endarrerits respecte a les accions que els causen. La rehabilitació també és un procés lent i es pot dur a terme per una reducció de les extraccions (per exemple, el delta del Besòs) o mitjançant recàrrega artificial.

Problemes d'intrusió similars als del Llobregat, provocats per una explotació excessiva, també es troben al delta de la Tordera.

## Contaminació puntual

A Catalunya s'han recollit casos de contaminació puntual a tretze unitats hidrogeològiques (vegeu la figura 5). S'han detectat episodis de contaminació per BTEX (derivats de la benzina), compostos organoclorats volàtils (VOC), detergents, metalls i pesticides. El possible remei ha de ser puntual i cas per cas.

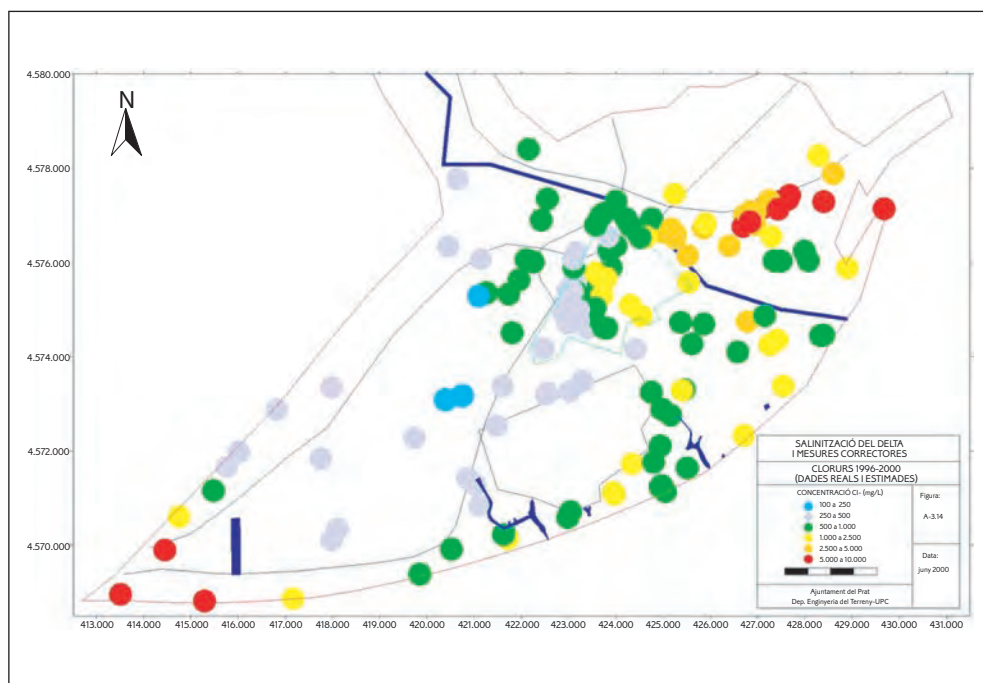


FIGURA 4. Evolució de les concentracions de clorurs (mg/L) a l'aquífer principal del delta del Llobregat al període 1996-2000 (E. Vázquez-Suñé, inèdit).

Un exemple de contaminació per benzina va ser el que es va produir a la vall baixa del Llobregat a causa d'un atemptat a un oleoducte l'any 1991, amb un plomall que es va estendre quasibé un quilòmetre abans de ser detectat. La rehabilitació va consistir en la neteja de la font per un cantó i la del plomall mitjançant el bombament des de pous existents amb abocament al riu de l'aigua estreta.

Un altre exemple de contaminació amb derivats de la benzina es va produir a la Batllòria (Vallès), on es va produir un abocament pel trencament d'una vàlvula en una benzineria. En aquest cas es tractava d'abocament petit i fàcil de controlar que també es va netejar mitjançant l'extracció d'aigua per bombament, que es va tractar i es va abocar en una riera propera. Tant



en aquest cas com en l'anterior és necessari disposar d'un gran nombre de piezòmetres de control que permetin definir l'extensió del problema i analitzar-ne l'evolució temporal.

Altres casos singulars de contaminació puntual es troben al Camp de Tarragona, on hi ha nombrosos exemples de contaminació per dissolvents industrials a causa de la presència de polígons industrials, o al Vallès, amb força casos de contaminació per orgànics als al·luvials de diferents afluent del Besòs (Tenes, riera de Caldes, Ripoll).

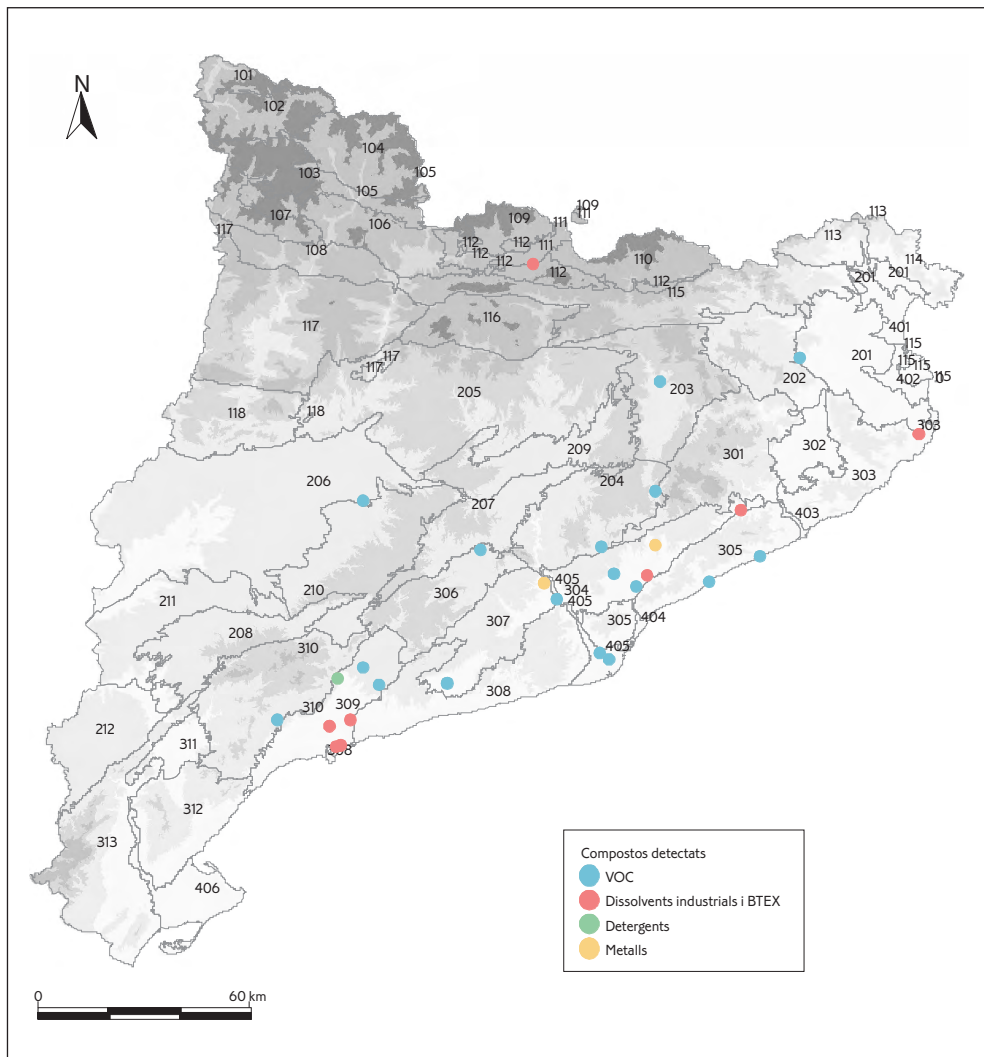


FIGURA 5. Casos registrats d'episodis de contaminació puntual. Els números corresponen als codis de les unitats hidrogeològiques.

FONT: ACA.

## Aqüífers urbans

El problema fonamental de l'aigua subterrània als nuclis urbans és la possible interacció amb els elements subterranis, com aparcaments o infraestructures de transport (túnels de carretera o de ferrocarril i xarxa de metro). Com s'ha vist al capítol anterior, la recàrrega al sistema fàcilment supera la corresponent a un sistema natural. D'aquesta manera si no es fa una extracció important d'aigua dels aqüífers és fàcil que els nivells tinguin tendència a augmentar amb el temps i a arribar a valors superiors als naturals.

Històricament les grans ciutats catalanes han estat lligades a un fort desenvolupament industrial. Aquesta indústria en general tenia uns pous per a fer front a les necessitats que tenia d'aigua per a processos industrials o refrigeració. A Barcelona, per exemple, aquesta extracció era molt superior a la recàrrega, de manera que es va produir una forta depressió dels nivells freàtics de fins a quinze metres en alguns punts (adicionalment això va provocar una forta intrusió marina a l'aqüífer del delta del Besòs). Un cop la indústria comença a sortir de les ciutats per la pressió urbanística, la forta extracció cessa i el balanç hídric s'inverteix, es produeix un excés de recàrrega al sistema i, conseqüentment, una recuperació de nivells. És llavors quan el nivell freàtic intercepta algunes de les obres que hi ha a la ciutat i comencen els problemes de filtració (vegeu la figura 6 pel cas de Barcelona).

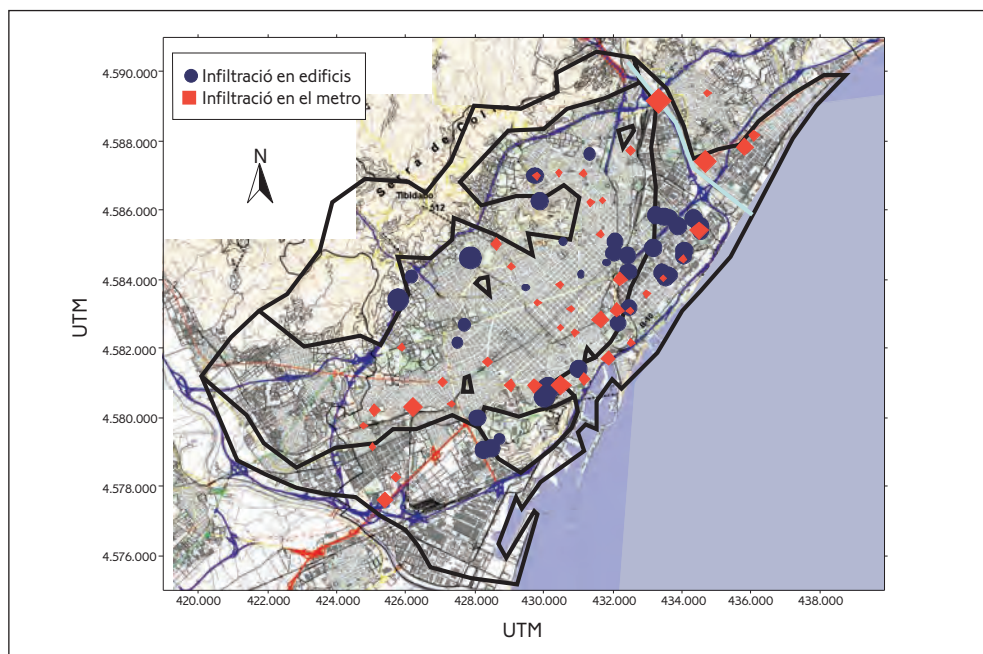


FIGURA 6. Punts a la ciutat de Barcelona on s'han detectat problemes per infiltració d'aigües freàtiques en edificis (blau) o a la xarxa de metro (vermell) (Vázquez-Suñé, 2003).

Es podria assolir l'equilibri si tornés a produir-se una extracció al sistema. Pensem que aquesta aigua podria ser utilitzada per a diversos usos i, d'aquesta manera, es reduiria la pressió sobre la necessitat d'importar recursos externs. És important, llavors, caracteritzar la qualitat d'una aigua urbana. Aquesta qualitat està lligada a la font que produeix la recàrrega. L'aigua subterrània que trobem en qualsevol punt d'una ciutat és una mescla d'aigua de molt diverses procedències (en proporcions més o menys importants segons la localització del punt a la ciutat). En el cas de Barcelona, per exemple, aquestes fonts són: l'aigua recarregada a Collserola, aigua infiltrada del riu Besòs, pèrdues de la xarxa de subministrament (amb dues qualitats ben diferents segons si l'aigua procedeix inicialment del Ter o del Llobregat), pèrdues de la xarxa de clavegueram (també amb dues procedències que en determinen la qualitat), aigua d'escolament superficial (pluja que renta els carrers) i el mar.

Com veiem, en moltes d'aquestes fonts l'aigua és de bona qualitat, de manera que l'aigua en zones urbanes podrà ser apta per a molts usos i, fins i tot, amb un cert tractament, podria arribar a potabilitzar-se.

### *Grans obres hidràuliques*

Les grans obres hidràuliques tenen una repercussió molt important sobre els recursos hídrics, però també sobre aspectes socioeconòmics i paisatgístics.

Una primera gran obra que cal comentar seria el minitransvasament de l'Ebre que abasteix les comarques de Tarragona. L'efecte net és que els consumidors han tingut accés a una aigua de bona qualitat i a bon preu, de manera que s'ha reduït notablement l'explotació dels aquífers. Un exemple característic ha estat el Camp de Tarragona, que havia arribat a ser declarat com a sobreexplotat. Després del transvasament s'ha constatat una important recuperació dels nivells piezomètrics, cosa que també ha tingut un efecte notable sobre la reducció de la intrusió marina.

Però és evident que aquestes grans obres no poden ser vistes només des d'un dels agents implicats, sinó que s'ha de considerar tot el conjunt. Un cas clar és el del canal Segarra - les Garrigues i la posada en reg d'una gran extensió de terreny de conreu a les comarques de Lleida (vegeu la figura 7). En aquest cas les afeccions es poden classificar en diversos grups, un dels quals (però no el més important) són les afeccions sobre els recursos hídrics:

— *Afeccions a la flora, la fauna i el terra.* Múltiples espais PEIN es veuen afectats directament o indirectament.

— *Afeccions als recursos hídrics.* Es treuen uns 400 hm<sup>3</sup>/any (només la meitat del discutit transvasament de l'Ebre considerat a l'antic PHN); aquesta extracció provocarà un nou règim als rius, amb una reducció del volum de sòlids transportats i un augment de l'eutrofització. Un altre efecte addicional seria la contaminació dels aquífers, amb increment de les concentracions de nitrats i de salinització en general, ascens de nivells, etc.).

— *Afeccions al paisatge.* Afecta unes 72.000 ha d'un paisatge singular a Catalunya.

— *Afeccions a l'agricultura i a l'ordenació del territori.* Augment de la pressió sobre un recurs escàs. Creació de noves expectatives i possibles conflictes amb els regants del canal d'Urgell.

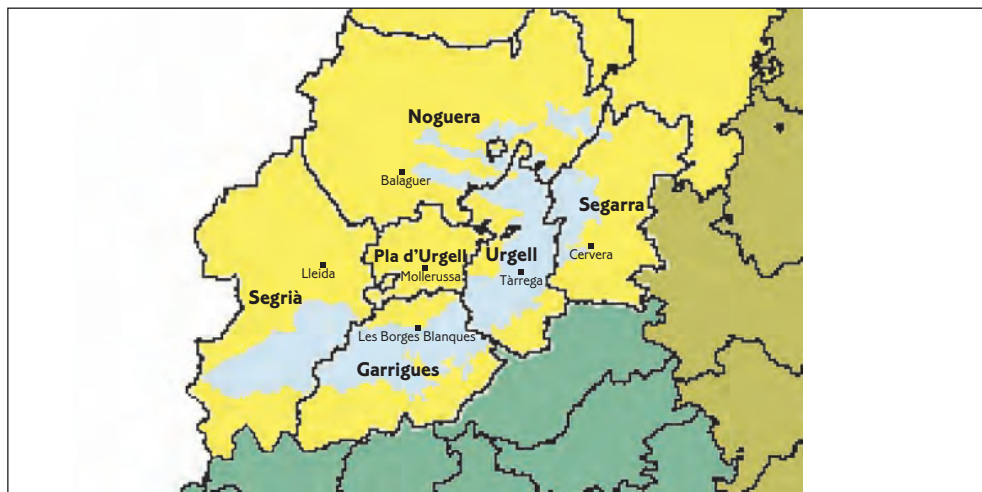


FIGURA 7. Xarxa de regadiu del canal Segarra - les Garrigues (en gris), que afecta grans extensions a un total de cinc comarques lleidatanes.

### Alternatives, planificació hidrològica

L'aigua és un recurs escàs i, com a tal, susceptible de planificació i gestió. La perspectiva tradicional de la planificació dels recursos hídrics es basa a garantir una oferta d'aigua de qualitat adequada i en quantitat suficient per a satisfer la demanda a un preu assequible. Això fa necessària la intervenció de l'Administració pública, que inclou les grans infraestructures hidràuliques com a obres d'interès nacional i, per tant, finançades amb fons públics o amb subvencions a molt baix interès.

La teoria econòmica prediu que qualsevol bé a cost zero tindrà una demanda infinita. De la mateixa manera qualsevol política que no prengui en consideració tots els possibles recursos d'aigua i la correcta gestió és clarament insostenible. D'aquesta manera, durant els darrers anys ha aparegut el concepte de *nova cultura de l'aigua*.

Aquesta nova visió de la planificació hidràulica es basa en quatre grans conceptes:

— *Equitat.* Reconèixer totes les fonts d'aigua com a possibilitats d'antuvi. La correcta prioritització per a cada cas permet augmentar l'oferta quan sigui necessari i, en general, millorar la garantia de subministrament.

— *Eficiència.* Actuar sobre la demanda amb campanyes de sensibilització o amb una política tarifària permet reduir la pressió sobre els recursos disponibles, cosa que ajuda en la gestió del sistema.

— *Sostenibilitat*. Per a això és necessària una avaluació quantitativa dels recursos correcta, així com un estudi sobre els efectes que qualsevol política de gestió pot provocar en el sistema. Això només es pot aconseguir mitjançant l'elaboració de models matemàtics que integren tot el coneixement i tota la informació disponible. El concepte de *sostenibilitat* també passa per integrar la qualitat de les diferents fonts en la macrogestió, així com seguir l'evolució de la qualitat en el temps. Novament els models es fan indispensables per a poder avaluar l'impacte potencial de determinades accions en un cos d'aigua concret.

— *Subsidiarietat*. Passaria per involucrar tots els agents en la presa de decisions, de manera que fossin participatives.

Voldríem insistir en dos d'aquests aspectes per la singularitat que tenen i perquè els altres estan tractats en altres de les ponències incloses en aquesta publicació. El primer és el de la necessitat de considerar totes les possibles fonts d'aigua en qualsevol planificació hidràulica. Això inclou la possibilitat de fer nous embassaments i la interconnexió de xarxes mitjançant transferències (transvasaments), però també l'avaluació completa dels recursos ja existents (superficials i subterranis), tot incloent la reutilització d'aigües grises, la recàrrega artificial i la dessalació com a alternatives. El concepte de *gestió integrada* inclou considerar les necessitats d'aigua des de tots els possibles usos, incloent-hi l'energètic, l'ambiental i el de lleure a més dels habituals de subministrament, amb una certa prioritització (inclosa en la planificació i l'ordenació del territori) i amb una clara vocació de protecció de tots els recursos.

En aquest sentit una de les crítiques més importants que es pot fer al transvasament d'aigua des del riu Roine és precisament que desincentivaria el desplegament de polítiques de gestió integrada, i això aniria en detriment del desenvolupament tecnològic de la indústria del país (Carrera, 2000).

L'altre punt en què volem incidir és en la necessitat de disposar d'eines modernes per a la planificació i la correcta gestió dels recursos. Aquestes eines han de permetre quantificar els recursos i planificar les estratègies de gestió davant de diferents alternatives futures (escenaris). Un model matemàtic és el sistema de comptabilitat (d'aigua, de sals...) de les masses d'aigua. Com en tota empresa, una correcta gestió només pot dur-se a terme amb una eina de comptabilitat fiable per a identificar problemes, establir relacions causa-efecte i avaluar què pot passar en el futur. Però construir i mantenir models és difícil i requereix molta informació local.

## Conclusions

Del treball presentat es poden extreure les conclusions següents:

— El balanç d'aigua natural es veu seriosament afectat pels aspectes antròpics, i això és d'especial rellevància tant en zones agrícoles com en aquells nuclis urbans amb una gran densitat de població.

— A les grans ciutats és possible disposar d'uns recursos d'aigua subterrània i d'aigua residual que poden reduir la pressió sobre els recursos convencionals com són les transferències d'aigua.

— Les problemàtiques lligades a l'aigua subterrània a Catalunya no són diferents de les d'indrets amb característiques climatològiques semblants a les nostres. En concret es poden agrupar en tres grans grups: el primer seria el de la contaminació, que pot anar lligada a l'agricultura i la ramaderia, a la intrusió marina per explotació intensa a la costa o a abocaments de caràcter puntual. El segon gran grup serien els impactes amb les infraestructures a les zones urbanes. El tercer serien els problemes lligats a les grans infraestructures hidràuliques. Tots aquests casos s'han acompanyat de casos reals.

— S'ha insistit, també, en la gran importància i en la necessitat de la planificació i la gestió integrada.

— Els balanços amb models numèrics són la millor eina per a conèixer les disponibilitats d'aigua, tant en l'aspecte quantitatiu com qualitatiu.

## Referències bibliogràfiques

BATLLE, A. (2002). «Planes hidrológicos y programas de gestión de la demanda urbana». *Hidropres*, núm. 34, p. 18-22.

CARRERA, J. (2000). «Infraestructures i recursos. Ens cal l'aigua del Roine?». *Medi Ambient, Tecnologia i Cultura*, núm. 25: *Aigua: Gestionar l'escassetat*, p. 17-25.

CASAMITJANA, A.; VÁZQUEZ-SUÑÉ, E.; SÁNCHEZ-VILA, X.; ALCOLEA, A.; SANZ, E. (2001). *Estudi hidrogeològic del municipi de Badalona*. Universitat Politècnica de Catalunya. Departament d'Enginyeria del Terreny, p. 68.

PRAT, N. (2000). «Ecologia i gestió de l'aigua a Catalunya». *Medi Ambient, Tecnologia i Cultura*, núm. 25: *Aigua: Gestionar l'escassetat*, p. 5-15.

VÁZQUEZ-SUÑÉ, E. (2003). *Urban Groundwater: Barcelona city case study*. Barcelona: UPC, p. 134. [Tesi doctoral]