

# Els recursos hídrics dels aquífers de Castelló

IGNACIO MORELL  
Universitat Jaume I

## 1. Introducció

Una anàlisi simplista de la situació revela que la problemàtica dels recursos hídrics subterranis a la franja costera de Castelló, no és, essencialment, un problema de quantitat, si s'exceptuen alguns problemes puntuals (i estacionals) d'abastiments urbans. El principal problema consisteix en la deficient qualitat de l'aigua per a diferents usos.

El concepte de recursos hídrics disponibles no inclou, tradicionalment, l'aigua de qualitat degradada per a qualsevol ús, com seria el cas de les aigües d'alta salinitat; però, la dificultat de delimitar els usos, en funció de la qualitat i la possibilitat de regenerar aigües degradades, aconsella la quantificació general dels recursos hídrics, independentment de les característiques fisicoquímiques d'aquests. D'altra banda, sobretot pel que fa a les aigües subterrànies, la qualitat de l'aigua pot ser canviant, de manera que aigües que actualment són utilitzables poden deixar de ser-ho si progressen alguns processos contaminants, i viceversa: aigües que actualment presenten problemes de qualitat poden ser recuperables per mètodes estrictament tecnològics o amb remeis planificats.

L'anàlisi de les dades piezomètriques històriques dels aquífers costers del nord de la Comunitat Valenciana posa de manifest que, a pesar de la intensa explotació que han patit, l'emmagatzematge no ha variat substancialment en les últimes dècades. En poques paraules, amb algunes diferències sectorials, la situació piezomètrica actual és molt semblant a la que hi havia a l'inici de la dècada dels anys setanta. Aquesta informació pareix oposar-se a la creença general que els aquífers costers del litoral castellonenc estan sobreexplotats. Si s'estudia amb més detall l'evolució piezomètrica, s'observa que, en el període 1976-1982, es va produir un sensible rebatiment de nivells, com a conseqüència del fort increment de l'explotació originat per l'adveniment d'un període anormalment sec. Vint anys després, es pot afirmar que la situació s'ha restablert.

Sens dubte, la causa d'aquesta recuperació hidrodinàmica és la disminució dels bombejaments. Encara que no hi ha dades rigoroses, informacions parcials posen de manifest que la modernització dels sistemes de reg és el principal factor que ha donat lloc a aquest descens dels bombejaments, no sols per les menors dotacions agrícoles assignades, sinó també per la disminució de pèrdues a les xarxes de distribució. En alguns sectors, l'estalvi aconseguit s'acosta al 50%.

Lamentablement, aquesta recuperació hidrodinàmica no ha sigut acompanyada d'una millora apreciable de la qualitat de l'aigua subterrània, sinó més aviat al contrari. El comportament hidrogeoquímic dels aquífers és més complex. El període sec, abans esmentat, i la forta explotació generada van accelerar, considerablement, el procés de salinització per intrusió marina, que es va revelar especialment sever en alguns sectors, com ara als voltants de les poblacions de Vinaròs i Benicarló, a l'àrea de Benicàssim, al sector de

Moncofa-La Vall d'Uixó i la Plana de Sagunt. Aquest procés va prosseguir fins ben entrada la dècada dels noranta i, actualment, sembla trobar-se en una situació de cert equilibri. La pròpia dinàmica del procés no permet esperar millores apreciables a curt termini. Altres processos de salinització superposats, com ara els derivats de les pràctiques agrícoles, han contribuït a la degradació de la qualitat de les aigües (l'increment de sulfats, per exemple).

La presència d'elevades concentracions de nitrats (sobretot a la Plana de Castelló), de traces de metalls i d'altres contaminants completa un escenari on ha de preocupar més la qualitat que la quantitat.

L'article 29 de la Llei 10/2001 de 5 de juliol, que desenvolupa el Pla Hidrològic Nacional, que es refereix a les aigües subterrànies, especifica que «[...] el Ministeri de Medi Ambient ha d'elaborar, per a les conques intercomunitàries, un pla d'acció en matèria d'aigües subterrànies que permeta l'aprofitament sostenible d'aquests recursos i que ha d'incloure programes per a la millora del coneixement hidrogeològic i la protecció i l'ordenació dels aqüífers i de les aigües subterrànies. Aquest pla podrà ser adoptat per l'administració hidràulica de la comunitat autònoma, en el cas de conques intracomunitàries». En l'article 34 d'aquesta llei, que es refereix a investigació, desenvolupament i coneixement hidrològic, s'especifica que «El govern ha d'impulsar les activitats de I+D en el camp dels recursos hídrics. Amb aquest fi, en el termini d'un any, ha de presentar un programa d'investigació, desenvolupament i coneixement dels recursos hídrics[...]».

Al meu entendre, aquests dos articles són crucials en el Pla Hidrològic Nacional i podrien tenir, a mitjà i llarg termini, una considerable repercussió en el millor coneixement i, per consegüent, en el maneig més adequat dels recursos hídrics.

Probablement, la major debilitat del Pla Hidrològic Nacional haja sigut la polaritat que ha tingut cap a accions de molt llarg abast (transvasaments) que han sigut, i són, objecte de debat a diferents nivells; la qual cosa ha contribuït a prestar menys atenció de la deguda a allò que recull el Pla Hidrològic de la Conca del Xúquer, on es plantejaven actuacions que en aquell temps (1977) i, en l'actualitat, encara són del màxim interès.

Entre aquestes accions estan les referides a millorar el control hidrogeològic de les explotacions d'aigua subterrània i altres, que tendeixen a incrementar els recursos disponibles i/o regenerar la qualitat original d'aquests. Convé destacar, entre aquestes accions, les que es refereixen a la reutilització exhaustiva de les aigües residuals regenerades, i les que estimulen els projectes de recàrrega artificial. En ambdós casos, l'avanç aconseguit des de l'aprovació del Pla ha sigut clarament insuficient.

El coneixement que es té sobre el funcionament hidrogeològic dels aqüífers costers del nord de la Comunitat Valenciana no ha millorat sensiblement en els últims vint anys. L'aplicació del que estableix el Pla Hidrològic de la Conca del Xúquer, i la posada en pràctica de les accions que indica el Pla Hidrològic Nacional podrien contribuir, decisivament, a la millora del coneixement d'aquests importants aqüífers. Només d'aquesta manera es podria aconseguir l'objectiu essencial de fixar unes normes d'explotació, i desenvolupar un conjunt d'actuacions la finalitat del qual siga l'atenció ajustada de les demandes, i iniciar un procés de regeneració de la qualitat original de les aigües subterrànies.

## 2. L'aqüífer de la Plana de Castelló

L'aqüífer de la Plana de Castelló és, sens dubte, el de major interès de la província; no només pels recursos que alberga, sinó per les alteracions antròpiques a què està sotmès, que són un fort règim d'explotació i molt diversos processos contaminants.

Si bé, el coneixement hidrogeològic de l'aqüífer no ha millorat sensiblement en els últims anys, les investigacions sobre els processos contaminants que l'afecten han sigut nombroses. Com a conseqüència d'això, no sols es coneix amb acceptable precisió algun dels processos contaminants i les conseqüències que té; sinó que, col·lateralment, s'ha obtingut informació hidrogeològica nova, que és la que permet assegurar que l'estat actual de comprensió del funcionament de l'aqüífer admet notables millores. D'altra banda, aquestes investigacions també han posat de manifest la carència de coneixements suficients relatius a certs processos contaminants insidiosos, com són els relacionats amb els plaguicides i metalls pesants, per exemple.

En el llibre *El agua en Castellón. Un reto para el siglo XXI* (Morell i Hernández, 2001) es recull bona part de la informació generada durant els últims vint anys sobre la Plana de Castelló. En síntesi, les principals conclusions obtingudes han sigut les següents:

- El procés d'intrusió marina que afecta el sector meridional s'encavalca localment amb fluxos salins de flux regional procedents de la unitat de la Serra d'Espadà.
- Hi ha indicis raonables que en el sector central de l'aqüífer (àrea de Borriana) l'equilibri aigua dolça-aigua salada és precari, de manera que el risc de progressió de la intrusió marina és elevat, sobretot en els períodes en què existisca escassetat d'aigües superficials i s'incrementa el grau d'explotació de l'aqüífer.
- Al sector de Benicàssim, l'explotació de l'aqüífer supera la recàrrega rebuda, per això hi ha un clar procés d'intrusió marina.
- A l'àrea de la Penyeta Roja hi ha un progressiu augment de la salinitat, les causes del qual no són ben conegudes.
- L'elevada presència de sulfats en les aigües subterrànies és deguda a factors naturals; però també, en gran manera, a les activitats agrícoles i concretament a la utilització excessiva de fertilitzants sulfatats.
- Les característiques hidroquímiques de l'aigua de recàrrega per alimentació lateral subterrània des dels aqüífers de les vores estan clarament controlades per factors estructurals. Una falla de direcció ibèrica, aproximadament paral·lela al traçat del riu Millars, localitzada al sud d'aquest, i que afecta el substrat de l'aqüífer, diferencia la recàrrega de naturalesa bicarbonatada càlcica, al nord d'aquesta, d'una altra sulfatada-bicarbonatada magnèsico-càlcica, al sud.
- Aquesta alimentació lateral és la principal responsable de les elevades concentracions de magnesi que hi ha a la meitat meridional de l'aqüífer.
- En general, l'aigua subterrània de l'aqüífer té elevada duresa, a causa de la forta component calcico-magnèsica, que pot originar problemes a les conduccions i, en general, a les infraestructures de captació i distribució.
- La principal causa de la contaminació per nitrats és l'activitat agrícola, tant per l'ús de fertilitzants nitrogenats, com per l'efecte del reciclat d'aigües de reg. També és apreciable la massa de nitrogen, d'origen atmosfèric, que arriba a l'aqüífer a través de la infiltració de l'aigua de pluja.

- La concentració de nitrats arriba a assolir quasi 500 mg/l en alguns sectors, encara que la mitjana es pot estimar entorn dels 140 mg/l. El sector amb menor concentració de nitrats es localitza a les proximitats de la confluència del riu Millars i la Rambla de la Viuda, degut, probablement, a infiltració directa i apreciable d'aigua des de l'Assut de Santa Quitèria.
- Ateses les característiques hidrodinàmiques de la zona no saturada, és previsible que la concentració de nitrats continue en augment durant els pròxims anys, a pesar que sembla haver disminuït la massa total de fertilitzants aplicats.
- Les activitats agrícoles que es realitzen a àrees marginals de la Plana representen un risc suplementari de contaminació per productes fitosanitaris i fertilitzants, atesa la menor inèrcia de la zona no saturada que hi ha i que pot, fins i tot, posar en perill la qualitat de les aigües subterrànies dels aquífers de la vora, actualment utilitzades per abastiment urbà. Aquest perill de contaminació, sobretot per nitrats, pot afectar tota la vora muntanyosa que rodeja la Plana.
- La taxa d'infiltració de l'aigua de pluja s'ha estimat, experimentalment, entorn del 14%, sensiblement inferior a la tradicionalment admesa; si bé, cal precisar que aquest paràmetre és una variable regionalitzada que hauria de ser adequadament estudiada.
- El coeficient de retorn de regadius s'ha calculat experimentalment en valors a l'entorn del 5% per a regs per inundació, i és d'esperar que siga més baix en regs de tipus localitzat. En tot cas, aquestes taxes de reinfiltració són notòriament més baixes que les estimades convencionalment.
- Com a conseqüència dels dos punts anteriors, es posa de manifest la necessitat de recalcular els balanços hídrics.
- S'ha detectat la presència de plaguicides i alguns metabòlits en les aigües subterrànies de la Plana.
- El reg amb aigües residuals contribueix a la salinització de l'aquífer i provoca canvis estructurals als sòls (sodificació).
- Al sector meridional de l'aquífer s'ha detectat la presència de mercuri en concentracions superiors a les admeses per la legislació per a aigües de consum humà (1 microg/l). Encara que poden existir uns altres focus de contaminació, el mercuri que hi ha a l'entorn de la Vall d'Uixó-Moncofa s'ha relacionat amb abocaments d'aigües residuals industrials al riu Belcaire.
- També a la meitat meridional de l'aquífer, i relacionat amb els mateixos abocaments, s'ha detectat la presència de crom hexavalent a les aigües subterrànies en concentracions sovint superiors a 25 microg/l.
- En alguns sectors de l'aquífer (entre Castelló i Benicàssim) s'han trobat elevades concentracions de zinc, fins i tot de l'ordre de 2 mg/l.
- Les concentracions de bor en les aigües subterrànies no sol superar el límit d'1 mg/l. Aquestes concentracions podrien augmentar en el futur, a conseqüència del reg amb aigües residuals i d'abocaments industrials, fins i tot els gasosos que són, posteriorment, arrossegats per aigües de pluja.

També, a conseqüència dels estudis esmentats, s'han proposat actuacions, l'objectiu de les quals és, d'una banda, millorar el nivell de coneixement del funcionament de l'aquífer, de les relacions estructurals d'aquest i de l'evolució hidroquímica que té i, d'una altra,

intentar incrementar els recursos i millorar la qualitat general de les aigües subterrànies. Aquestes actuacions poden resumir-se en tres apartats referents, respectivament, al coneixement hidrogeològic, a la lluita contra la intrusió marina i a la prevenció i control d'altres processos contaminants.

### **Actuacions per millorar el coneixement hidrogeològic**

- Prenent com a base els estudis geofísics realitzats fins a la data, implementar una campanya de prospecció geofísica que permeti definir, d'una banda, la geometria dels subnivells aquífers i, d'una altra, la naturalesa i distribució dels materials que conformen el substrat, ja que es presumeix una forta influència d'aquestes qüestions sobre el funcionament general de l'aquífer.
- Actualitzar l'inventari de punts d'aigua, especialment de sondejos de profunditat mitjana-alta que s'hi ha realitzat en els últims anys, a fi de contrastar la informació obtinguda en la prospecció geofísica.
- Com a conseqüència dels punts anteriors, redefinir les relacions espacials entre l'aquífer de la Plana i els materials de vores i del substrat.
- Quantificar amb detall el volum d'aigua extreta de l'aquífer i relacionar els bombejaments amb les variacions piezomètriques i règim de precipitacions.
- Obtenir major informació sobre els paràmetres hidrodinàmics de l'aquífer.
- Amb la informació obtinguda dels apartats anteriors, millorar el model matemàtic de la Plana, a fi que servisca de ferrament per a la gestió.

### **Actuacions de lluita contra la intrusió marina**

- La principal actuació, sense la qual la resta de les propostes poden resultar insuficients o ineficaces, ha de ser atacar l'origen del problema mitjançant un pla de reordenació d'extraccions, on s'haja previst, com a mínim, l'anul·lació de captacions en què el nivell dinàmic se situe clarament sota el nivell del mar.
- Mantenir operativa una xarxa de control hidroquímic de la intrusió marina.
- Dissenyar i equipar, almenys, dues instal·lacions de control hidrodinàmic de la intrusió marina.
- Densificar la xarxa piezomètrica en les àrees afectades per la intrusió marina.
- Com a mesura correctora, substituir les captacions el nivell piezomètric de les quals es trobe per sota del nivell del mar.
- Realitzar estudis de detall que permeten establir les relacions hidràuliques que hi ha entre l'aquífer de la Plana, en el sector meridional d'aquest amb els materials de les vores i amb els alts estructurals identificats en aqueixa àrea.
- Prestar especial atenció al procés incipient d'intrusió marina a l'àrea de Borriana, per evitar-ne la progressió.
- Avaluar les modificacions hidrodinàmiques que podrien associar-se a la reducció dràstica de bombejaments a l'àrea de Moncofa-la Vall d'Uixó.
- Realitzar recàrrega artificial a l'àrea de la Vall d'Uixó amb aigua de diversa procedència, especialment d'excedents del brollador de Sant Josep, encara que també pogués realitzar-se amb excedents procedents del Palància.

- Realitzar recàrrega artificial a l'àrea de Moncofa-Xilxes amb aigua de diversa procedència, que poguera ser d'eventuals excedents del brollador de La Llosa (1 hm<sup>3</sup>/any) i fins i tot de l'Estany d'Almenara.
- Amb caràcter general, realitzar recàrrega artificial a les àrees de Castelló-Benicàssim (Benicàssim, el Carmel i Riu Sec) i a l'àrea de Vila-real-Nules, amb aigües de diversa procedència.
- Avaluar adequadament les possibilitats de realitzar recàrrega artificial amb aigües residuals per les modificacions hidrodinàmiques i hidrogeològiques que pogueren induir. En tot cas, aquestes actuacions haurien de realitzar-se amb l'objectiu primordial d'aconseguir elevar el nivell piezomètric en la franja costera, més que per incrementar els recursos emmagatzemats; encara que això depèn, si no hi ha altre remei, de la qualitat de l'aigua recarregada.

### Actuacions de prevenció i control d'altres processos contaminants

- Establir un programa de vigilància de plaguicides.
- Avaluar els possibles riscos associats al reg amb aigües residuals urbanes a fi d'establir les mesures correctores pertinents.
- Controlar periòdicament l'evolució de la presència de metalls pesants (mercuri i crom hexavalent, fonamentalment) a l'aqüífer, amb l'objectiu de conèixer millor els mecanismes de migració, determinar els orígens potencials i millorar el control dels abocaments causants d'aquest tipus de contaminació.
- Determinar les possibilitats d'aplicació eficaç de la delimitació de perímetres de protecció a les captacions destinades a l'abastiment urbà.

### 3. El dèficit hídric

Ben sovint s'al·ludeix al dèficit hídric que pateix la província de Castelló, encara que es matisa, en alguns casos, si es tracta de dèficit estructural o dèficit conjuntural, conceptes ambdós d'escàs rigor científic.

És cert que hi ha alguns problemes (alguns enquistats) de subministrament per a certes demandes que, o bé no són ateses, o bé ho són amb aigua de qualitat no adequada. Aquestes situacions semblen exacerbar-se durant els períodes secs (popularment coneguts com a sequeres) i condueixen a la sensació generalitzada que el que realment existeix és un dèficit de recursos hídrics.

El concepte de dèficit, en sentit estricte, fa al·lusió a la falta de recursos suficients per atendre les demandes plantejades, i el càlcul o estimació d'aquest ha de basar-se en el coneixement rigorós dels recursos disponibles i en l'ajustament correcte de la demanda.

El principal problema rau en què les xifres de què es disposa sobre recursos subterranis són molt especulatives i, les corresponents als recursos superficials són excessivament dependents de les condicions climatològiques. En conseqüència, la quantificació dels recursos totals té, a més del marge d'error intrínsec en aquest tipus de càlculs, un cert grau d'incertesa, derivat de la variabilitat temporal dels recursos. En altres paraules, els recursos disponibles no són una constant, ni poden estar representats per valors mitjans.

Un model de gestió que es basa en valors amitjanats de recursos tendeix a utilitzar tots els recursos superficials i a compensar l'eventual escassetat d'aquests amb l'increment d'ús dels recursos subterranis. Aquest és un model simplista i utilitarista d'«ús conjunt», ja que arrisca, en excés, l'equilibri necessari dels recursos subterranis amb escassa prospectiva de les conseqüències generades. Als aquífers costers, aquestes conseqüències poden posar en risc la qualitat de les aigües subterrànies i fer-les arribar a situacions de difícil reversibilitat. En aquest punt rau, segurament, la major dificultat de la gestió conjunta que ha de, no només, procurar satisfer les demandes plantejades, sinó també preservar i, si és possible, acrièixer, els recursos disponibles.

És acceptable pensar que ha d'existir dèficit hídric; ja que, per garantir les demandes han de provocar-se situacions locals de sobreexplotació. Però convé definir millor en què consisteix aqueixa sobreexplotació. És a dir, quin és el comportament de l'aquífer en cada situació concreta i si aquest comportament és acceptable o requereix mesures alternatives.

Per donar resposta a aquestes qüestions, s'ha de millorar el grau de coneixement en la quantificació dels recursos i comprendre millor el comportament dels aquífers.

En tot cas, i a pesar que amb les dades actuals no es pot ser rigorós en la qualificació del dèficit hídric, s'ha de distingir entre la relació recursos-demanda, amb les particularitats que s'han apuntat, referents a la variabilitat temporal i a la feblesa de les dades de partida, i allò que pot considerar-se com una necessitat de restituir els equilibris hidrodinàmics originals i millorar la qualitat general de les aigües subterrànies. El concepte de dèficit naix de la relació entre recursos i demandes, i té repercussions immediates i a curt termini; mentre que els desequilibris hidrodinàmics i la degradació de la qualitat de l'aigua subterrània poden considerar-se com una greu conseqüència de situacions deficitàries, locals o temporals, que cal restituir.

Com a conclusió, és aventurat oferir xifres sobre possibles dèficits hídrics sense analitzar prèviament les partides involucrades, però apareix com un fet irrefutable que si hi ha aquest dèficit, és degut més a conseqüència de problemes de qualitat que de quantitat. Això significa que han d'escometre's actuacions que tendisquen, a mitjà i llarg termini, a recuperar recursos hídrics degradats.

#### 4. Processos contaminants

A pesar que el grau de coneixements sobre la quantitat de recursos hídrics subterranis a la província de Castelló és deficient, pot afirmar-se, en general, que no es tracta d'una província amb excedents, sinó que, localment, presenta problemes, bé per sobreexplotació, bé per absència de recursos per atendre certes necessitats. En la terminologia del Pla Hidrològic Nacional, podria dir-se que es tracta d'una província amb dèficit hídric conjuntural i no estructural, conceptes ambdós de difícil interpretació científica.

A falta de millorar les dades quantitatives sobre els recursos disponibles en cada unitat hidrogeològica, i fora de perill de la potencial optimització dels models actuals de gestió, es pot estimar, de manera simplista, que a les planes costeres, on es concentra la demanda, les aigües superficials són insuficients i l'explotació dels aquífers ha donat lloc a situacions indesitjables de salinització.

Són, precisament, la intrusió marina, conjuntament amb la contaminació per fertilitzants, les causes que bona part de l'aigua subterrània no tinga la qualitat suficient per a certs usos.

Això condueix a la sensació de l'existència d'un dèficit de recursos hídrics. Si a aquest fet afegim episodis com l'aparició de metalls pesants (mercuri, per exemple) a la Plana de Castelló, la conclusió més evident és que no es tracta estrictament d'absència de recursos, sinó d'absència de recursos de qualitat adequada.

Amb poques paraules, si s'aconsegueix recuperar la qualitat original de l'aigua subterrània, s'haurà aconseguit augmentar la quantitat de recursos utilitzables. Aquesta afirmació ha de ser matisada; perquè la recuperació de la qualitat pot requerir, en el cas de la intrusió marina, per exemple, disminuir el grau d'explotació de l'aquífer o bé incrementar l'emmagatzemament d'aquest, ja que l'objectiu final és aconseguir que isca al mar un volum d'aigua suficient, que no és, en cap dels casos, una aigua perduda.

Queda clar, llavors, que la lluita contra la contaminació ha de tenir com a objectiu últim incrementar els recursos de qualitat adequada; però també és irrefutable que aquesta lluita ha de quedar emmarcada en els models de gestió de l'aigua subterrània i en els mecanismes de prevenció corresponents.

Els processos contaminants que afecten les aigües subterrànies dels aquífers costers de la província de Castelló són, principalment:

Salinització per intrusió marina.

Salinització per mobilització d'aigües congènites.

Salinització per regadius.

Nitrats d'origen essencialment agrícola.

Sulfats d'origen essencialment agrícola.

Plaguicides d'origen agrícola.

Metalls pesants procedents d'abocaments industrials.

Bor procedent de diverses fonts.

Unes altres fonts puntuals de contaminació.

### **Salinització per intrusió marina**

El grau de coneixements sobre els processos d'intrusió marina que afecten a les planes litorals de Castelló és bo des del punt de vista hidrogeoquímic. Aquest coneixement, que ha sigut generat majoritàriament per les investigacions realitzades a la Universitat Jaume I, és de gran ajuda per comprendre el problema des del punt de vista hidrodinàmic. De fet, aquestes investigacions han permès constatar que el procés conegut a l'àrea de Moncofa és més complex del que tradicionalment s'ha suposat, i també que processos semblants poden esperar-se al sector meridional de la Plana d'Orpesa-Torreblanca.

No obstant això, si es pretèn estudiar acuradament els mecanismes inherents al desequilibri aigua dolça-aigua salada seria necessari efectuar investigacions més detallades. Lamentablement, no disposem de dades fiables sobre l'evolució dels bombejaments, que són la causa principal de l'avanç de l'aigua salada, però podria reconstruir-se la relació entre les precipitacions i la suposada posició de la interfase, amb auxili de les dades de qualitat i, específicament, de la xarxa d'intrusió mantinguda per l'IGME.

En algun cas, seria recomanable la construcció de piezòmetres específicament dissenyats per controlar les variacions de la posició de la interfase mitjançant perfils de conductivitat, que podria extrapolar-se a àrees pròximes amb l'aplicació de fórmules que consideren la relació entre el nivell piezomètric i la posició de la interfase, encara que la fiabilitat d'aquestes



fórmules és molt escassa, sobretot en aquífers tan poc homogenis com els costers de Castelló. Lògicament, la ubicació d'aquests piezòmetres així com les característiques constructives dels aparells, haurien de definir-se d'acord amb estudis previs.

Cal destacar, especialment, l'estudi de la intrusió a la Serra d'Irta, per la transcendència que poguera tenir en l'explotació de recursos a les valls interiors que, en tot cas, hauria d'estar subordinada a uns altres sectors més interns del Maestrat.

La necessitat de realitzar aquests estudis rau en el fet que han de servir de base per determinar, amb major precisió, els cabals que han de circular cap al mar, preveure els efectes d'aquests i, a més, dissenyar amb majors probabilitats d'èxit els projectes de recàrrega artificial que tinguen com a objectiu la lluita contra la intrusió marina.

Independentment de la realització d'aquests estudis, caldria arbitrar mesures precautòries, com, per exemple, la clausura, almenys temporal, de captacions amb nivells piezomètrics per sota del nivell del mar.

Finalment, s'ha d'afegir que la salinització de l'aigua subterrània pot induir altres processos col·laterals, com la remobilització de metalls pesants procedents d'abocaments. Aquest procés s'invoca per justificar l'aparició de mercuri al sector meridional de la Plana de Castelló, per exemple.

### Salinització per mobilització d'aigües congènites

És molt escassa la informació que tenim sobre aquest tipus de salinització, però es creu que només pot tenir certa rellevància al sector meridional de la Plana d'Orpesa-Torreblanca i, probablement, a l'àrea de Benicàssim.

### Salinització per regadius

Aquest tipus de salinització no rep especial atenció, fins al punt que no se sol incloure en els catàlegs de processos contaminants. No obstant això, investigacions realitzades recentment per la Universitat Jaume I posen de manifest que el reg genera un retorn, la salinitat del qual és de l'ordre de 10 a 20 vegades superior a la de l'aigua original, i que aquesta és una de les causes de la degradació progressiva de la qualitat de l'aigua subterrània, especialment quan l'aigua de reg ja té salinitat alta, com pot ser el cas, per exemple, de l'àrea meridional de la Plana de Castelló, al sector de la Vall d'Uixó.

El fet que es tracte d'una contaminació de tipus difús i que, en tot cas, la massa de sals que arriba a l'aquífer no difereix sensiblement de la que es va extraure amb l'aigua bombejada, fa que aquest procés tinga efectes molt lents; però, en tot cas, apreciables i que origine efectes secundaris, com el progressiu enduriment de l'aigua a causa de la major capacitat de dissolució de carbonats per l'aigua de retorn, afavorida per l'elevada força iònica que té.

Aquest procés és conegut com *cyclic wetting and drying* o *cyclic salting*, que s'associa a àrees de recàrrega intermitent i de condicions àrides o semiàrides.

La modificació de sistemes de reg no impedeix aquest tipus de processos, ja que les sals poden quedar acumulades en nivells superficials del sòl i ser posteriorment rentades per aigua de pluja.

Encara que hi ha altres raons per a això, sembla convenient evitar les pràctiques de reg amb aigües d'alta salinitat.

Una especial problemàtica es pot presentar associada al reg amb aigües residuals regenerades, de salinitat mitjana-alta.

### **Nitrats d'origen agrícola**

Hi ha abundant informació sobre la presència de nitrats a les aigües subterrànies de la província de Castelló. Almenys, pel que fa a l'evolució temporal i al repartiment espacial d'aquests. D'una banda, les dades proporcionades per la xarxa de qualitat de l'IGME i, per una altra, els estudis realitzats per la Universitat Jaume I, des de fa més de deu anys permeten establir aquestes evolucions. Però, la informació disponible és més àmplia i es refereix a les nombroses anàlisis d'aigües realitzades per agricultors, per ajuntaments i per empreses de subministrament d'aigües, particularment FACSA.

Seria desitjable recopilar tota aqueixa informació dispersa i realitzar estudis de síntesi que permeteren conèixer amb detall la situació actual i l'evolució experimentada en els últims anys.

En tot cas, aquests estudis només serveixen per reflectir la situació; però no per indagar en les causes i en els mecanismes del procés, ni per avaluar-ne les tendències del procés, tenint en compte les modificacions notables que s'estan produint en les pràctiques agràries.

Els únics treballs coneguts que tracten sobre els processos de migració dels compostos nitrogenats a través de la zona no saturada, als aqüífers castellonencs, els ha realitzat la Universitat Jaume I. D'aquests, els més recents són els realitzats per Tuñón (2000) que va realitzar estudis comparatius del balanç de masses de nitrats en regs per inundació amb aigües subterrànies i aigües residuals urbanes depurades en diferents condicions de fertilització.

La implantació de tècniques de reg localitzat i la dosificació de la fertilització han de canviar sensiblement aquest balanç de masses; però no es tenen dades experimentals sobre aqueixos canvis. En tot cas, és d'esperar que la modernització dels regadius reduísca, de manera eficaç, la migració de compostos nitrogenats cap als aqüífers. En aquest sentit, convé emfasitzar el fet que cal comptabilitzar com a fertilitzants els nitrats existents a l'aigua de reg i, singularment, els compostos nitrogenats, orgànics i inorgànics, que pogueren existir en les aigües residuals regenerades. Se suggereix, per consegüent, la realització d'estudis agronòmics que tinguin com a objectiu la incorporació d'aquests compostos a les tècniques de fertilització.

### **Sulfats d'origen agrícola**

Les aigües subterrànies de l'aqüífer de la Plana de Castelló tenen un marcat caràcter sulfatat, que ha sigut relacionat tradicionalment amb aportacions laterals subterrànies procedents dels aqüífers de les vores. Aquest fet, que parcialment pot ser admès com a vàlid a la meitat meridional de l'aqüífer, no justifica les elevades concentracions de sulfats que es troben en la quasi totalitat de l'aqüífer. De fet, no hi ha treballs ni informes que facen referència al probable origen antròpic dels sulfats fins als treballs de Morell i Tuñón (2002), que posen de manifest que bona part dels sulfats de l'aqüífer procedeixen dels fertilitzants

habitualment utilitzats (sulfat amònic), per processos semblants als dels nitrats, amb la diferència que els sulfats no són selectivament absorbits per les plantes. El fet que els sulfats no són nutrients necessaris hauria de ser tingut en compte per reduir-ne o eliminar-ne la utilització. Un estudi agronòmic específic hauria d'abordar aquesta problemàtica.

### **Plaguicides**

La presència, o no, de plaguicides en les aigües subterrànies dels aqüífers castellanencs és, amb tota seguretat, una de les principals llacunes de coneixement sobre els processos contaminants que els afecten.

La informació que hi ha sobre aquesta qüestió es limita a algunes campanyes de mostreig i anàlisi realitzades pel Grup de Medi Ambient i Recursos Naturals de l'UJI a l'aqüífer de la Plana de Castelló.

En aquestes campanyes s'han trobat els plaguicides bromacil, terbacil, pirimicarb, metil azinfos, simazina, terbutilazina i terbutrina. Convé apuntar que no es van incloure mostres procedents de sondejos d'abastiment urbà, en els que, d'altra banda, es realitzen controls periòdics d'acord amb la legislació, però la simple presència d'aquests compostos i l'experiència acumulada en altres aqüífers pel Grup de l'UJI, així com la informació extreta de la literatura existent, aconsellen abordar amb rigor aquesta problemàtica.

El programa 3.7 del Pla Hidrològic del Xúquer es refereix a aquesta qüestió. Sembla necessari i prioritari activar aquest programa, i se suggereix implantar un programa de vigilància de plaguicides en les aigües subterrànies de la província.

### **Metalls pesants**

El control dels metalls pesants en aqüífers és un problema científicament complex.

Normalment, els focus d'emissió de contaminants són de caràcter puntual i no sempre de fàcil identificació. D'altra banda, la migració dels metalls cap a l'aqüífer, a través de la zona no saturada, i el propi flux màssic al si de l'aqüífer estan condicionats per nombrosos factors físics i químics que fan que l'evolució d'aquests contaminants siga difícilment previsible i que, si és el cas, no resulte senzill establir relacions entre la identificació d'un cert metall i la procedència d'aquest.

A pesar d'això, la presència de mercuri en alguns sectors de la Plana de Castelló, així com els nivells coneguts d'altres metalls, com ara el crom o el zinc, posen de manifest la necessitat d'exercir major control, no només sobre la presència o no d'aquests contaminants, sinó, especialment, sobre els abocaments d'aquests al medi ambient.

Hi ha alguna informació sobre focus puntuals de contaminació, com és el cas del riu Belcaire i alguns altres punts d'abocament; però, en general, falta informació sobre aquesta problemàtica.

Atès que es tracta d'un problema complex i on, a més, és d'esperar que existisca un considerable retard entre els abocaments i l'aparició dels contaminants a les aigües, cal realitzar campanyes de control i, sobretot, establir programes de vigilància dels abocaments, més estrictes que els actuals.

## El bor

A pesar que el bor és un contaminant conegut per la fitotoxicitat i per la presumible existència d'aquest, sobretot, a la Plana de Castelló, ja que se sol associar a abocaments d'algunes fàbriques del sector ceràmic, els estudis realitzats fins ara semblen revelar que només localment pot resultar un problema de certa entitat.

Aquests estudis han sigut realitzats pel Grup de Medi Ambient i Recursos Naturals de l'UJI i els primers resultats obtinguts foren que, d'una banda, no hi ha nivells significativament elevats de bor als aquífers costers i, d'una altra, que els abocaments industrials no són l'única font de bor, sinó que poden existir altres procedències, tant naturals com antròpiques.

Una d'aquestes procedències pot resultar preocupant, ja que està lligada a les aigües residuals urbanes regenerades, que són, i es pretèn que siguen, àmpliament utilitzades per a reg, els retorns de les quals podrien arribar a les aigües subterrànies i aportar-hi apreciables quantitats de bor, ja que aquest element no pateix significatius processos d'atenuació al llarg de la zona no saturada.

El Grup de Medi Ambient i Recursos Naturals de l'UJI està realitzant una investigació sobre els diferents orígens del bor, basada en la determinació isotòpica de  $^{10}\text{B}$  i  $^{11}\text{B}$ . Un dels objectius d'aquesta investigació és determinar la contribució de les aigües residuals utilitzades per a reg a la presència de bor a les aigües subterrànies.

## Altres fonts puntuals de contaminació

Hi ha nombrosos focus potencials de contaminació puntual, com ara abocadors no controlats (o mal controlats), dipòsits d'hidrocarburs, cementeris, fosses sèptiques, pous abandonats, i altres, que haurien de ser objecte de major control.

## BIBLIOGRAFIA

- MORELL, I. i F. HERNÁNDEZ (2001): *El agua en Castellón. Un reto para el siglo XXI*, Castelló. Publicacions de la Universitat Jaume I.
- MORELL, I. i J. TUÑÓN (2002): *Contribución de las actividades agrícolas a la presencia de sulfatos en los acuíferos costeros. El caso de la Plana de Castellón. Los acuíferos costeros y las desaladoras*. PULIDO-BOSCH, VALLEJOS i PULIDO-LEBOEUF (eds.).
- TUÑÓN, J. (2000): *Determinación experimental del balance hídrico del suelo y evaluación de la contaminación asociada a las prácticas agrícolas*. Tesi doctoral. Universitat Jaume I.