EL FLUX HIDROLÒGIC DE LA PLANA LITORAL DEL BAIX TER

Evolució fluvial, caracterització hidrològica i pautes de gestió

Jordi Montaner
(coordinador)

CÀTEDRA D'ECOSISTEMES LITORALS MEDITERRANIS

EL FLUX HIDROLÒGIC DE LA PLANA LITORAL DEL BAIX TER

Evolució fluvial, caracterització hidrològica i pautes de gestió

EL RIU TER, VINT MIL·LENNIS DE DINÀMICA FLUVIAL
Montaner J., Julià R., Marquès M.A., Solà J.

EL DARRER MIL·LENNI D'EVOLUCIÓ LITORAL A L'EMPORDÀ
Marquès M.A., Julià, R., Montaner J.

CARACTERITZACIÓ DEL FLUX HIDROLÒGIC A LA PLANA LITORAL DEL BAIX TER
Montaner J., Pons P., López J.

HIDROGEOLOGIA DEL MASSÍS DEL MONTGRÍ
Montaner J., Viñals E.

UN PLA DE PROTECCIÓ DEL SUBSÒL DEL BAIX TER
Solà J., Montaner J., Bayés C.

CÀTEDRA D'ECOSISTEMES LITORALS MEDITERRANIS

Museu de la Mediterrània

Parc Natural del Montgrí, les Illes Medes i el Baix Ter

Universitat de Girona

Ajuntament de Torroella de Montgrí

Diputació de Girona

Universitat de Girona
Consell Social

Crèdits

NÚMERO 2 / DESEMBRE 2010

Edició

Càtedra d'Ecosistemes Litorals Mediterranis
Museu de la Mediterrània

Coordinació

Jordi Montaner
Xavier Quintana
Raquel Heras
Antoni Roviras

Disseny gràfic

Roser Bona
Idea House disseny gràfic

Impressió

Impremta Aubert

ISSN: 2013-5939
Dipòsit legal: GI-1172-2010

Amb el suport de:

Generalitat de Catalunya
Departament de Medi Ambient i Habitatge

Agència Catalana de l'Aigua

Sorea

Amb el patrocini de:

ENPLATER

ITISA
Garantia de qualitat

Índex general

Presentació ____ *11*

Pròleg ____ *13*

Bloc A: Evolució Fluvial

EL RIU TER, VINT MIL·LENNIS DE DINÀMICA FLUVIAL ____ *17*

EL DARRER MIL·LENNI D'EVOLUCIÓ LITORAL A L'EMPORDÀ ____ *31*

Bloc B: Caracterització Hidrològica

CARACTERITZACIÓ DEL FLUX HIDROLÒGIC A LA PLANA LITORAL DEL BAIX TER ____ *53*

HIDROGEOLOGIA DEL MASSÍS DEL MONTGRÍ ____ *183*

Bloc C: Pautes de Gestió

UN PLA DE PROTECCIÓ DEL SUBSÒL DEL BAIX TER ____ *203*

Presentació

La Càtedra d'Ecosistemes Litorals Mediterranis, amb seu al Museu de la Mediterrània i nascuda de la col·laboració entre la Universitat de Girona i l'Ajuntament de Torroella de Montgrí, impulsa la col·lecció "Recerca i Territori", amb la finalitat de publicar treballs que aportin coneixement en tot allò que tingui a veure amb el nostre entorn.

El primer volum de la col·lecció "Recerca i Territori", publicat l'any 2009, va incloure els treballs guardonats en les VII Beques de Recerca Joan Torró i Cabratosa, promogudes pel Museu de la Mediterrània i el Parc Natural del Montgrí, les Illes Medes i el Baix Ter. És l'ànim dels promotors d'aquestes beques (Museu de la Mediterrània i Parc Natural del Montgrí, les Illes Medes i el Baix Ter) de continuar publicant els resultats dels treballs premiats dins d'aquesta col·lecció.

El segon volum de la col·lecció inicia la publicació d'estudis monogràfics en matèria de recerca i territori, duts a terme per autors reconeguts que porten una trajectòria de llarga durada treballant sobre un tema determinat. El llibre que teniu a les mans, "El flux hidrològic de la plana litoral del Baix Ter. Evolució fluvial, caracterització hidrològica i pautes de gestió", és el primer d'aquesta línia de monografies. N'és el primer autor Jordi Montaner, hidrogeòleg de l'empresa Geoservei, SL que ha realitzat nombrosos treballs sobre hidrogeologia, cartografia dels aqüífers, caracterització de masses d'aigua o sobre la presència de contaminants en aigües subterrànies, treballs que l'han portat a conèixer en profunditat el funcionament del sistema hídric del Baix Ter.

Tots sabem de la importància de l'aigua com a element clau en el funcionament dels ecosistemes i en el poblament i activitat humans al Baix Ter. En depenen l'activitat agrícola i industrial, el consum d'aigua per beure i el bon estat ecològic dels sistemes aquàtics: el riu i les llacunes i els aiguamolls associats. Els recurrents episodis de sequera ens ho recorden periòdicament. El coneixement de la disponibilitat dels recursos hídrics, la topografia i estat de conservació de les masses d'aigua superficials i subterrànies, la recàrrega de l'aqüífer o la interconnexió entre els diferents sistemes hídrics són elements de gran importància per a una gestió sostenible de l'aigua.

El format de la col·lecció "Recerca i Territori" intenta tenir un caire aplicat, de manera que els continguts no només aportin coneixement, sinó que també ajudin a la presa de decisions per part dels responsables de la gestió dels espais naturals. En àrees poblades i amb alta pressió humana com la nostra, la conservació dels espais i dels recursos naturals sovint requereix d'una gestió activa. Cal que aquesta gestió sigui al màxim d'informada i que disposi del coneixement necessari per poder orientar la presa de decisions.

Xavier Quintana

Director de la Càtedra d'Ecosistemes Litorals Mediterranis

Pròleg

El volum que tenen a les mans no és un llibre monogràfic, entès des del punt de vista d'una indexació completa i actualitzada de coneixements sobre un tema determinat, tal com inicialment ens havíem proposat amb la Càtedra d'Ecosistemes Litorals Mediterranis. Per diversos motius s'ha optat per construir aquest volum a partir d'un recull de contribucions que, si bé s'avenen totes amb l'objecte de la monografia, podrien haver funcionat, també, com a escrits o publicacions independents. La idea de fons sobre la qual s'han redactat aquestes contribucions és la caracterització de la dinàmica i el funcionament hidrològic de l'àrea litoral del Baix Ter.

La motivació d'aquest volum parteix del convenciment que el Ter, amb tots els seus recursos hídrics i elements hidrològics associats, és l'embrió, el protagonista principal de la riquesa natural de la plana baixempordanesa i del seu desenvolupament socioeconòmic. Sobre aquesta opinió: només cal recordar que el 100% del proveïment d'aigua a tots els pobles i viles del Baix Ter depèn dels aqüífers associats al riu; o bé plantejar-se com seria aquest paisatge, tant admirat, sense una agricultura sustentada per les aigües del riu i de l'aqüífer.

Amb el propòsit d'oferir una visió àmplia sobre la dinàmica i el funcionament hídric de l'àrea litoral del Baix Ter s'han abordat aspectes de diferent índole, que en el volum han quedat estructurats i agrupats en tres capítols o blocs temàtics.

El primer d'aquests capítols cal entendre'l com la part introductòria del volum, i el formen dues contribucions. Versa sobre la dinàmica hídrica del Ter des de temps geològics recents fins a temps històrics. L'evolució del riu i els canvis en la seva dinàmica al llarg del temps, motivats pels canvis climàtics i la intervenció humana, són els principals factors que ens permeten explicar la formació de la plana actual, la distribució i propietats dels seus recursos hídrics i zones humides, i l'existència de determinats factors que condicionen l'evolució i característiques hidrològiques del medi litoral.

El segon capítol és el bloc central d'aquest volum. Comprèn la caracterització dels diversos elements hidrològics naturals i antròpics de la plana litoral i de les seves relacions amb els aqüífers associats, en un intent d'aproximar el funcionament hidrològic i la seva repercussió sobre les zones humides litorals. La finalitat és la definició de criteris hidrològics de base que permetin sostenir l'ús dels recursos i la protecció dels elements hidrològics singulars.

El volum finalitza amb una contribució d'índole aplicada, on s'advoca que la protecció dels recursos hídrics i naturals del subsòl del Baix Ter demanda la creació de figures de planificació urbanística basades en criteris de medi físic, a més d'un consens per a la seva aplicació a escala supramunicipal.

Aquesta darrera contribució i la primera del bloc central expressen la traducció pràctica que ens cal fer del coneixement local del territori, i contribueixen, permeteu-me dir-ho així, a ruralitzar la recerca. D'altra banda, accentuen també el propòsit d'aquest volum i el situen en el sender del plantejament emprès des d'aquesta, tan esperada i ara benvinguda, col·lecció sobre Recerca i Territori.

Jordi Montaner

Coordinador i coautor del volum

BLOC A: EVOLUCIÓ FLUVIAL

EL RIU TER, VINT MIL·LENNIS DE DINÀMICA FLUVIAL

EL DARRER MIL·LENNI D'EVOLUCIÓ LITORAL A L'EMPORDÀ

Prefaci

La dinàmica fluvial del riu Ter ha canviat en el decurs dels temps. Alguns d'aquests canvis es remunten a una escala temporal d'uns pocs centenars d'anys. Són canvis provocats per l'home, i molts d'ells es troben documentats en arxius, edictes, escriptures i cartografies antigues. Un exemple són els projectes realitzats entre la segona meitat del segle XVIII i la primera meitat del segle XIX, de redreçament de les corbes del riu a la vora les riberes de Verges, o de rectificació de la seva desembocadura a la zona del Ter Vell.

D'altres canvis s'han reconegut dins una escala temporal d'uns pocs mil·lennis, comprenent un ampli període, des del ibers a l'edat antiga i el període medieval. Aquests canvis en la dinàmica fluvial s'han atribuït a una combinació de factors climàtics i socioeconòmics. Es van produir notables alteracions en el règim de transport i l'augment de la càrrega sedimentària fluvial. A la plana baixa van arribar tones de sediments erosionats i transportats, des d'aigües amunt, amb motiu de canvis en els usos del sòl i la desforestació. El resultat va ser el terraplenament superficial de la plana i la progradació, mar endins, de la línia de costa. Allà on no arribaven els sediments fluvials es van formar extenses àrees deprimides que, poc temps després, es convertiren en zones d'inundació interiors.

Encara més enllà del temps, els canvis detectats en la dinàmica fluvial de la zona se situen dins una escala temporal més àmplia. Ocorregueren en el transcurs de les dues darreres desenes de milers d'anys, entre el final del Pleistocè i la primera meitat de l'Holocè. Al llarg d'aquest període, els canvis produïts s'atribueixen a una successió de cicles glacioeustàtics. Els efectes derivats sobre la dinàmica fluvial comportaren una successió de processos erosius (excavació de paleocanals) i sedimentaris (terraplenament de paleocanals amb dipòsits fluvials i fluviomarins), principals responsables de la formació i l'estructura de la plana al·luvial.

En l'àmbit hidrològic, la definició del procés fluvial històric i de la corresponent evolució del litoral al llarg del temps dóna perspectiva sobre tres qüestions notablement importants. Una, la capacitat de predicció, resultant del coneixement dels processos geomorfològics i el flux hidrològic actuals, davant la introducció de determinats canvis en el medi litoral. Una altra, el coneixement de la gènesi i les propietats naturals dels ambients hidrològics que formen la plana al·luvial i litoral. I finalment, el reconeixement de l'estructura permeable subterrània, és a dir, dels aqüífers i la seva distribució.

Les dues contribucions que es presenten a continuació aborden els canvis geològics recents i històrics en la dinàmica fluvial del riu Ter i donen una determinada perspectiva sobre les qüestions a què acabem de referir-nos.

La primera de les contribucions és una adaptació d'un article del Institut d'Estudis del Baix Empordà, actualment en premsa, titulat: *"Canvis en la paleomorfologia i dinàmica fluvial del riu Ter des del darrer màxim glacial"* (vegeu bibliografia). Descriu els principals canvis de la dinàmica fluvial del riu Ter des del Pleistocè superior fins l'actualitat. Es recorre el procés d'evolució fluvial a partir de tres estadis de transformació morfològica del riu, que es relacionen amb una successió de cicles glacioeustàtics.

La segona contribució és una adaptació i ampliació de l'article publicat l'any 2005 per la Universitat de València, titulat: *"Evolución de la zona litoral del Empordà durante el último milenio"* (vegeu bibliografia). Explica l'evolució morfològica del litoral empordanès durant el darrer mil·lenni. S'incideix en els aspectes de la transformació socioeconòmica i els canvis climàtics com a responsables de les modificacions en el règim dels rius i la conseqüent evolució del litoral.

EL RIU TER,

VINT MIL·LENNIS DE DINÀMICA FLUVIAL

Montaner J. (*), Julià R. (**), Marquès M.A. (***), Solà J. (*)

(*) Geoservei, Projectes i Gestió Ambiental, S.L.

(**) Institut de Ciències de la Terra "Jaume Almera".CSIC.

(***) Grup RISKNAT, Departament de Geodinàmica i Geofísica. Universitat de Barcelona.

Índex

RESUM 19

1. INTRODUCCIÓ 19

2. PALEOMORFOLOGIA FLUVIAL 20

3. DINÀMICA DEL RIU TER 21

3.1. Dinàmica del riu en el darrer màxim glacial 21
3.2. Dinàmica del riu a l'inici de l'Holocè 23
3.3. Dinàmica del riu durant la progradació de la plana 25

BIBLIOGRAFIA 28

RESUM

Els canvis en la dinàmica fluvial quaternària a la plana al·luvial del Baix Ter relacionats amb el clima i les activitats humanes ocorreguts des del darrer màxim glacial fins la formació de la plana al·luvial recent, es mostren en una successió de tres estadis de transformació morfològica del riu Ter.

Les dades litoestratigràfiques disponibles corresponents al darrer màxim glacial permeten interpretar una vall fluvial fortament encaixada on els paleocanals relictes del Ter tenen una marcada continuïtat morfològica i hidrogràfica amb els canons submarins de la Fonera i de l'Escala –un davant del massís de Begur i l'altre davant d'Empúries. Durant els dos estadis posteriors, aquestes mateixes dades posen de manifest una disminució progressiva del gradient fluvial, expressió del període transgressiu holocè i d'estabilització del nivell del mar a una cota més elevada, amb l'acumulació sedimentària fluviomarina i el procés de progradació dels sediments fluvials a la plana.

La representació paleogeogràfica dels tres estadis i la seva significació pels antics pobladors del Baix Ter són els dos principals objectius del present document.

1. INTRODUCCIÓ

Els estudis sobre la resposta fluvial als canvis climàtics i antropogènics durant l'Holocè a Europa són nombrosos (STARKEL, 1983; GREGORY et al., 1995; BROWN, 1997; BENITO et al., 1998; MADDY et al., 2001; LEWIN et al., 2005) i subratllen tres aspectes clau:

- la fragmentació de la informació,
- la manca de cronoestratigrafia precisa dels registres fluvials holocens, i
- la complexitat per a determinar tant l'abast de determinats esdeveniments naturals –per exemple l'episodi fred enregistrat a 8.200 anys BP (*abans del present*)– com la resposta a les influències ambientals d'origen antròpic –per exemple la centuriació romana o les deforestacions (BROWN, 1997; COLLINS et al., 2006; LEWIN et al., 2005; PASTRE et al., 2006).

Les referències sobre canvis en la xarxa hídrica local i la seva correl·lació amb esdeveniments climàtics i històrics en la plana Litoral del Baix Ter es remeten especialment als estudis de MARQUÈS & JULIÀ (1983, 1987 i 2005) –on es confronten les dades i les observacions relatives als canvis geomorfològics del darrer mil·lenni– i als treballs basats en sondatges i datacions radiocarbòniques realitzats per l'*"Instituto Arqueológico Alemán"* –resumits en les publicacions de BLECH et al. (1994, 1998, i 2005) i MARZOLI (1995, 2000 i 2005) i, posteriorment, interpretats a RAMBAUD (2005)– sobre paisatge antic.

Destaquen també els estudis de MARTINEZ GIL (1972), IGME (1987) i MAS et al (1989, 1999) sobre la geologia i la geomorfologia de les unitats fluviodeltaiques de la plana del Baix Ter, així com els treballs específics sobre palinologia (PARRA, 1988) i sobre reconstrucció del paisatge litoral basat en investigacions arqueològiques (NIETO et al., 1985, 1998, 2005).

Finalment, l'aplicació dels conceptes de l'estratigrafia seqüencial i la correl·lació d'esdeveniments a partir de les corbes eustàtiques existents per a diverses localitats de la Mediterrània (LABEYRE et al., 1976; ALOISI et al.,

1978; L'HOMER, 1981; RIBA, 1981; DUBAR, 1987; PIRAZZOLI, 1991) són els principals eixos dels treballs de MONTANER et al. (1995, 1999, 2004) i SOLÀ et al. (1996), en els quals s'aborda la cronologia dels dipòsits quaternaris de rebliment de la plana des del Pleistocè superior fins el període subactual i s'assenten les bases d'una contextualització basada en el principal factor condicionant de l'evolució estratigràfica recent: el clima.

La contextualització de dades i observacions locals del paleopaisatge històric en el marc estratigràfic dels cossos sedimentaris -amb la seva geometria espacial i la seva ubicació paleogeogràfica- és la que permet justificar les interpretacions i conclusions a què s'arriba. Aquest és un fet de cabdal importància per evitar el risc de fer interpretacions versemblants que, sense estar sustentades en proves fefaents -en el cas que no es disposi d'aquesta contextualització-, puguin ser errònies, o siguin directament errònies quan el marc estratigràfic no sustenta aquelles conclusions.

En coherència amb les consideracions anteriors, en el present document es presenta una mostra dels resultats obtinguts de,

- la interpretació de les dades existents,
- la interpretació d'altres de noves, procedents de l'estudi estratigràfic de més de 400 sondatges, amb el resultat d'uns 60 perfils de correl·lació estratigràfica i més de 60 cartografies específiques d'ubicació, geometrització i caracterització de les unitats sedimentàries quaternàries, així com
- de la seva confrontació amb evidències històriques i dades radiocarbòniques disponibles.

Les dades de la correl·lació estratigràfica, de la datació radiocarbònica i el control de la coherència espai-temps reflectit en els perfils d'equilibri longitudinals i transversals dels diversos paleocanals fluvials representats són els fonaments sobre els que s'han georeferenciat i construït els models paleogeogràfics digitals i s'han efectuat els treballs de tractament gràfic que perrmeten visualitzar la paleogeografia del Baix Ter.

2. PALEOMORFOLOGIA FLUVIAL

Les conques fluvials s'estructuren, de forma general, (SCHUMM, 1977) en tres trams:

- **un tram a capçalera** amb gradient elevat, amb un canal marcadament incidit de tendència rectilínia i on predominen els processos erosius i de generació de sediment;
- **un tram mig**, o de transferència, caracteritzat per un gradient menor, amb un canal incidit –en ocasions sobre sediments quaternaris previs– i meandriforme incipient on predominen els processos de transport de sediment; i, finalment,
- **un tram baix**, on la divagació de la llera i els canvis d'orientació del seu curs ens indiquen la maduració del perfil fluvial i la instauració d'un règim de baixa energia –plenament meandriforme– on s'inverteix el paper dominant dels processos anteriors, imposant-se l'al·luvionament, l'avulsió i, en definitiva, la sedimentació sobre l'erosió.

Tot i aquesta gradació general en la morfologia fluvial com a conseqüència directa del seu perfil, les diferències en les condicions geològiques locals, els canvis climàtics i la influència antròpica, són els que condicionen la dinàmica concreta d'un riu.

La posició del nivell de base natural del riu –que es correspon amb el nivell del mar- i la seva variació-evolució, que ve regulada pel règim climàtic, són els factors condicionants que una determinada àrea geogràfica, per exemple l'actual Baix Ter, es trobi durant determinats períodes temporals sota els dominis de l'erosió, el transport o la deposició al·luvial i, per tant, expressant una dinàmica tipus o un determinat règim fluvial en la línia de la catalogació efectuada per SCHUMM (1977).

El resultat del pas del temps a escala geològica es concreta en la presència d'un tipus o altre de sediment i en l'assoliment d'una major o menor potència. L'estudi d'aquests sediments dipositats en àrees d'acumulació de la conca fluvial és el que permet interpretar la gènesi del rebliment i la seva correspondència amb una determinada dinàmica fluvial.

La combinació d'ambdós aspectes: (1) l'anàlisi i correl·lació dels testimonis sedimentaris, i la seva interpretació a partir de criteris sedimentològics i d'estratigrafia seqüencial, i (2) l'aplicació de coneixements bàsics de dinàmica fluvial, constitueixen la metodologia mínima necessària per a reconstruir el comportament del riu dins una determinada seqüència temporal.

En el cas del riu Ter, l'aplicació de la metodologia descrita permet diferenciar la successió de tres estadis morfodinàmics principals dins una seqüència temporal compresa entre el Pleistocè superior i l'actualitat. La seqüència representa l'envelliment del riu: des d'un estadi inicial de perfil fluvial rejovenit per un descens del nivell del mar –durant el qual s'instaurarà una dinàmica predominant d'incisió fluvial– fins a un darrer estadi de maduresa motivat per la recuperació-estabilització del nivell del mar a cota més elevada –determinat pel guany de la terra sobre el mar i el terraplenament definitiu de la plana.

3. DINÀMICA DEL RIU TER

Els tres subapartats que segueixen permeten tenir una idea força aproximada de la paleomorfologia del sector que actualment ocupa la plana del Baix Ter, i que en altra moment era una vall marcadament encaixada, i saber cap on i fins on els antics pobladors d'aquestes terres s'havien de desplaçar per trobar la línia de costa.

3.1. Dinàmica del riu en el darrer màxim glacial

Un clima extremadament àrid i marcadament episòdic és el que va afavorir que, fa aproximadament uns 18.000 anys, la posició del nivell del mar fos molt més baixa (-120 msnm) que l'actual i que el riu Ter, amb una forta capacitat erosiva, s'encaixés en la ubicació de l'actual plana formant una forta incisió *(FIG. 1)* sobre el substrat poligènic preexistent format per gresos i margues d'edat eocena, argiles ocres amb nivells de graves semiconsolidades d'edat neògena o calcàries cretàciques, depenent del tram.

En aquell moment, el curs del Ter era –apart d'encaixat– relativament rectilini i es caracteritzava per una dinàmica amb predomini de l'erosió i el transport, en el qual la major o menor amplada de la incisió flluvial s'interpreta motivada pel control geològic del substrat, restant d'aquesta forma,

- àrees de cubeta a Canet de Verges i a Albons-l'Escala, i
- passos fluvials o estrets entre Gualta i Torroella, Albons i Bellcaire, nord de mas Pinell, i nord de Serra de Daró.

Durant aquest estadi, la prolongació de la traça fluvial des de la seva posició continental cap al mar suggereix una connexió morfològica i hidrogràfica amb el canó submarí de la Fonera, per la banda sud de la badia de Pals, i amb el canó submarí de l'Escala, des del corredor d'Albons *(FIG. 2)*.

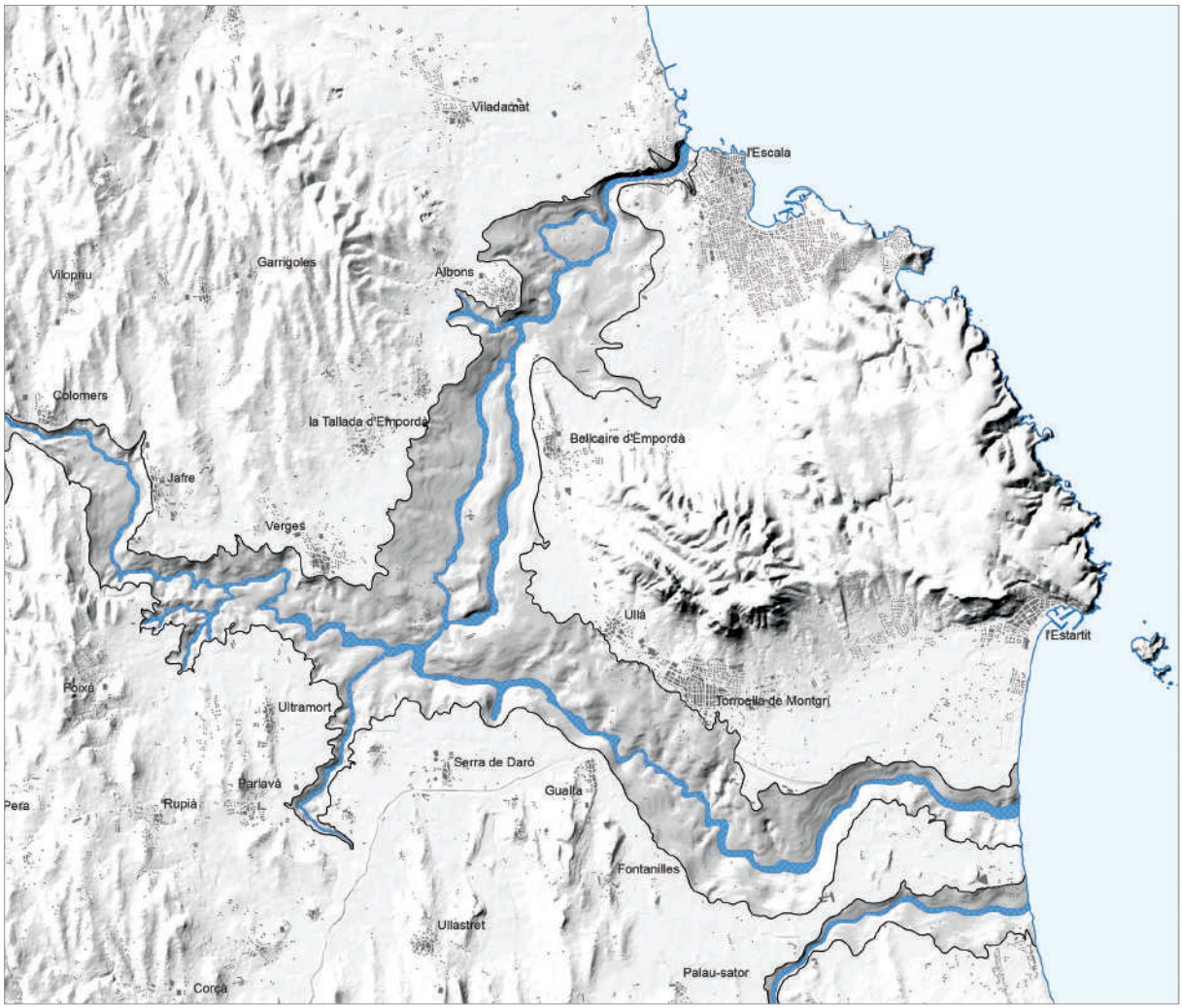


FIG. 1. *Durant el darrer màxim glacial, aproximadament a uns 18.000 anys BP, el riu Ter es va encaixar perquè el nivell del mar estava molt més baix respecte l'actual (-120 msnm). L'existència de dues valls, una al N i l'altra a l'E, s'interpreta en motiu d'una captura del riu Ter per part del Daró.*

L'existència de dues morfologies en forma de vall, una en direcció N (cap a l'Escala) i una altra en direcció E (cap a la platja de Pals) i la previsible erosió remuntant del riu en recerca del seu perfil d'equilibri permeten interpretar un escenari inicial amb el riu Ter orientat al N i amb el riu Daró que, descrivint una acusada corba a l'E, es dirigia cap al mar a la platja de Pals *(FIG. 1)*. El manteniment d'aquest règim erosiu en una àrea, com la situada a l'entorn de Canet de Verges, en què la divisòria entre les conques del Ter i Daró hauria estat molt propera al curs fluvial, s'interpreta com el que hauria conduit a la captura del riu Ter per part del Daró. A partir d'aquest moment, el riu Ter en règim d'encaixament, hauria passat a dirigir-se cap a l'E.

D'acord amb la informació geològica i batimètrica amb què s'ha treballat, els antics pobladors del Baix Ter s'haurien hagut de desplaçar una distància més que considerable cap a l'E per arribar al mar, ja que la posició de

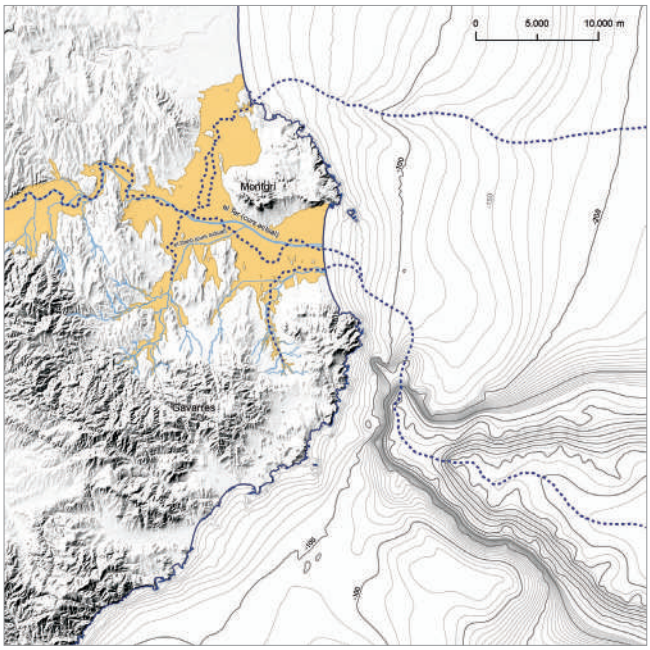


FIG. 2. *La paleomorfologia fluvial corresponent a l'inici del darrer màxim glacial -uns 18.000 anys BP- suggereix la correl·lació hidrogràfica dels paleocanals del Ter i el Daró amb els canons de l'Escala, al nord, i la Fonera al sud. A l'inici d'aquest estadi la línia de costa devia quedar situada a uns 15 km de l'actual litoral, molt a prop del sector apical de l'actual canó de la Fonera, –base batimètrica extreta dels treballs de GOT (1973), i ICM (2005).*

la línia de costa en el moment del màxim glacial i abans de l'inici de la recuperació del nivell del mar (-120 msnm) s'interpreta que s'hauria situat a un 15 km de la costa actual, a prop del sector apical del canó de la Fonera.

3.2. Dinàmica del riu a l'inici de l'Holocè

L'increment de temperatura associat al trànsit d'un règim climàtic àrid i fred a un de més càlid i humit és el que va anar desmantellant les masses glacials i va provocar que, a partir dels 18.000 anys BP, el nivell del mar anés pujant progressivament però no uniformement fins la cota actual. Aquest ascens es va poder veure repetidament interromput per períodes en què es registrà un retorn a condicions fredes, amb la corresponent incidència en la dinàmica fluvial. A l'entorn dels 8.200 anys BP es va registrar un d'aquests episodis principals que va marcar l'inici d'una etapa molt important en la progradació deltaica (STANLEY & WARNE, 1994). Coincideix en aquest moment que, a Europa, les societats Mesolítiques de caçadors recol·lectors evolucionen cap a les societats Neolítiques d'agricultors amb ceràmica (TURNEY & BROWN, 2007) produint una profunda transformació de la gestió del territori.

La imposició d'aquest subestadi climàtic de més aridesa va alentir la progressiva pujada del nivell del mar, que s'hauria estabilitzat temporalment a una cota aproximada d'uns -30 m respecte el nivell actual. En aquesta situació, l'aparent rejoveniment de la xarxa hídrica hauria permès un encaixament del Ter i Daró en els sediments al·luvials i fluviomarins poc competents *(FIG. 3)* prèviament dipositats durant la fase transgressiva precedent, en aquest cas amb una menor incisió vetical però afectant una amplada de vall major.

La major capacitat erosiva d'un riu Ter amb un perfil d'equilibri aparentment rejovenit discorrent sobre un substrat poc competent recentment dipositat són els principals motius pel quals haurien quedat registrats amb major claredat els diferents eixos fluvials d'aquell moment no coetanis del Ter, i del Daró, abans de tornar quedar progressivament reblerts en fases sedimentàries successives.

Durant el període de domini erosiu descrit de l'inici de l'Holocè, el riu Ter hauria tingut una direcció dominant W-E, tal com indica l'estratigrafia de l'estadi corresponent i la major activitat fluvial que s'observa en aquesta direcció i en relació amb la confluència del Daró *(FIG. 3)*. La posició de la línia de costa en aquell moment es podria interpretar situada a una distància kilomètrica no ben determinada endins del mar actual.

A partir de la fase de domini sedimentari que seguiria a continuació i de nou rebliment de la plana en règim de pujada del nivell del mar –amb funcionament anostomosat inicialment i meandriforme posterior– el riu hauria circulat indistintament i alternativa en direcció E i N, generant progressivament l'al·luvionament sedimentari del conjunt.

La formació dels diversos paleocanals representats en la *FIG. 3* és el resultat d'una dinàmica fluvial intermitent, no coetània, de rebliment d'uns i posterior activació dels altres. En la zona de l'Estartit, aquest procés intermitent va obligar al riu l'obertura d'un nou canal, l'orientació del qual segueix aproximadament la traça del que més endavant serà el Ter Vell. En el sector del corredor d'Albons s'obren també noves vies fluvials cap el nord, que passen per Empúries i que coalitzaven, aigües avall, amb el riu Fluvià del mateix període.

A la finalització d'aquest estadi, el cicle eustàtic transgressiu culmina amb un nivell del mar estabilitzat –o en un règim de baixada inapreciable– a una cota propera a l'actual, moment a partir del qual s'imposarà una dinàmica fluvial i un règim sedimentari de progradació de la plana al·luvial, amb una línia de costa situada en un lloc, de difícil precisió sense treballs específics, terra endins de l'actual línia de costa.

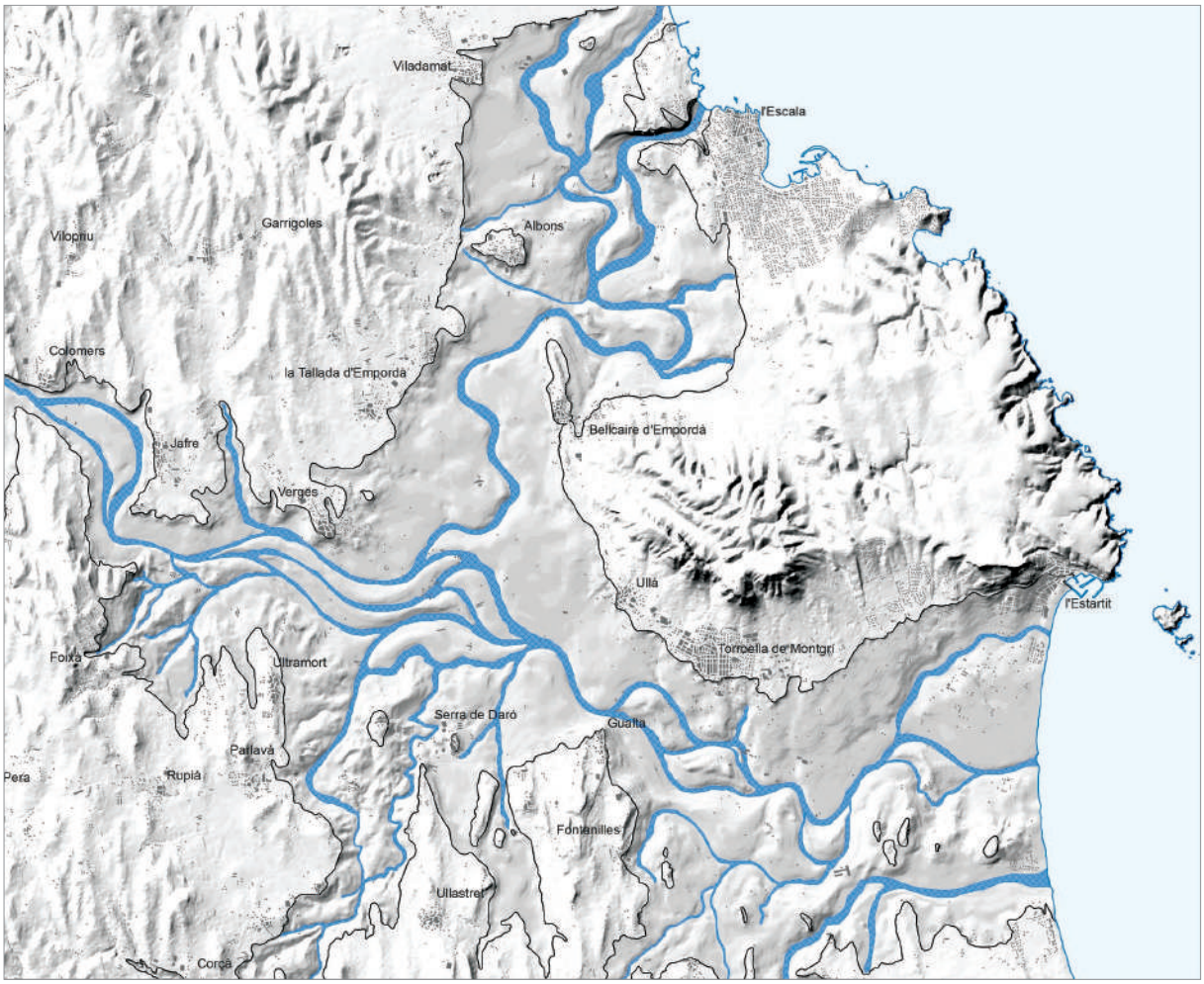


FIG. 3. *En l'estadi dels 8.200 anys BP, la dinàmica del riu Ter persisteix en l'activació intermitent de les dues orientacions, N cap a l'Escala i E cap a la platja de la Gola i l'Estartit, heretades d'ençà l'estadi anterior en què es produí la captura del Ter per part del Daró.*

Imatge 1. *Després de vint mil·lennis de traginar, dipositar i erosionar sediments, el riu Ter, cansat i a voltes maltractat, continua despertant paisatges i emocions, i aplegant vida i riquesa natural al seu pas. (Foto: R. Fortià).*

3.3. Dinàmica del riu durant la progradació de la plana

Com a conseqüència de l'estabilització del nivell del mar a una cota similar a l'actual i de l'increment de l'activitat antròpica durant l'edat del Bronze, uns 3.000 anys BP la vall del Ter iniciava el procés de progradació *(FIG. 4)*. Va ser un procés relativament ràpid, governat pel domini de la dinàmica fluvial del Ter i el Daró sobre l'acció litoral, i propiciat també per la protecció que, sobre el desenvolupament de l'activitat fluvial, oferien els relleus del Montgrí.

Poc temps després, possiblement ja en els inicis de l'Edat Antiga, els paleo-canals del Ter s'havien estès arreu *(Fases 1 a 4, FIG. 4)* representant la implementació del sistema fluvial i el retrocés de la plana fluviomarina heretada de l'estai transgressiu anterior en un procés en què coexistiren les aportacions fluvials i el tancament d'àrees de sedimentació palustre, com Bellcaire (EB), Pals (EP) i Ullastret (EU), i amb la línia de costa situada terra endins de l'actual.

La posició del nivell del mar durant aquest estadi està regida per una dinàmica d'oscil·lacions de poca amplitud que dificulta l'atribució d'una cota relativa per a cadascuna de les fases de l'estadi i, per tant, la situació precisa de la línia de costa. Les dades estratigràfiques indiquen que aquesta línia difícilment s'hauria pogut situar aigües amunt dels estrets de Gualta-Torroella, en el sector E, o d'Albons-Bellcaire en el sector N.

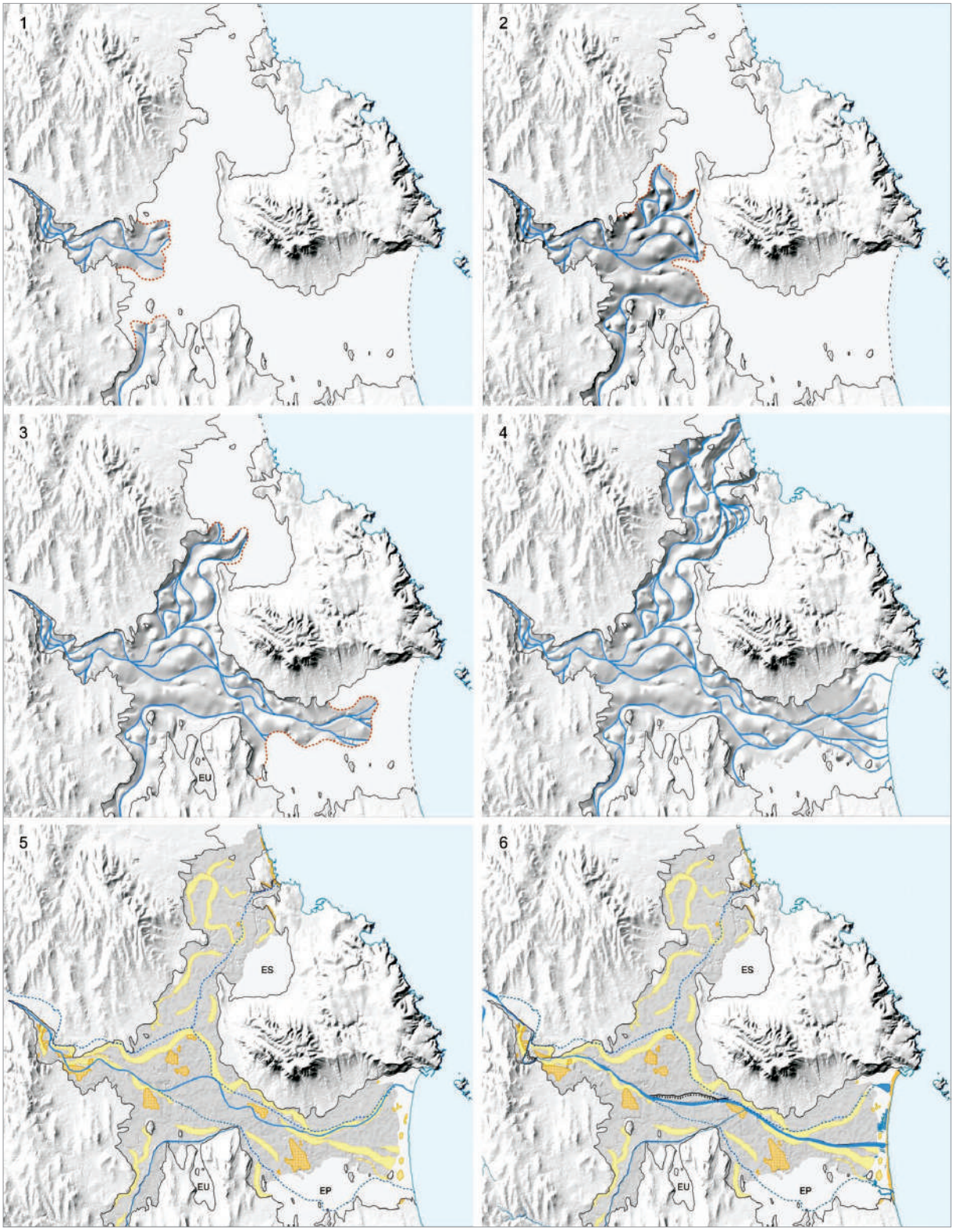


FIG. 4. *Dinàmica del riu Ter durant diverses fases de progradació al·luvial damunt la plana fangosa fluviomarina, heretada de l'estadi transgressiu anterior. Fase 1 a 4: anterior al I Mil·lenni aC fins a inici de l'òptim climàtic medieval (MWP, Medieval Warm Period). En aquesta fase comença la progradació i s'arriba al màxim encaixament del sistema fluvial progradant. Fase 5: MPW fins s.XV. Culminació de la progradació i colmatació defiitiva de la plana al·luvial. Fase 6: s.XIX. Abreviatures: EU: estany d'Ullastret; EP: estanys i zona palustre de Pals; ES: Estany de Bellcaire.*

La dinàmica fluvial durant la fase 4 *(FIG. 4)* posa de manifest l'assoliment d'un funcionament de tipus meandriforme, dominat encara per la dinàmica incisiva del riu sobre un substrat poc compacte subjacent i pel transport fluvial de sediments, que representaria el moment de màxima expansió fluvial de l'estadi de progradació i, a nivell històric, coincidiria amb escenaris de màxima navegabilitat fluvial.

Com ja s'ha anat avançant en aquest apartat, ja des de l'Edat Antiga aquesta dinàmica de progradació fluvial va estar condicionada per la influència de l'activitat antròpica: les principals transformacions humanes començaren a partir dels íbers i es van implantar sobretot amb els romans; també van ocórrer en l'època medieval (*vegeu "El darrer mil·lenni d'evolució litoral a l'Empordà"*), amb generacions dedicades al drenatge dels aiguamolls, la canalització del riu i l'eliminació de la coberta vegetal, provocant una forta erosió i l'aportaciót de milers de tones de sediments. Aquests canvis al riu Ter, i la seva conca, van causar estralls en la estabilitat dels aiguamolls, condicionant el seu aterrament i l'ús del riu com a via de comunicació.

Les dues fases de progradació posteriors són ja molt recents. El màxim d'acumulació de sediments durant l'estadi progradant s'atribueix a l'òptim climàtic medieval (*vegeu "El darrer mil·lenni d'evolució litoral a l'Empordà"*) en el què coincideixen un nivell del mar alt i una important desforestació. Durant aquest òptim climàtic medieval (MWP), període comprès entre els 800 els 1300 anys dC, les aportacions fluvials s'intensifiquen i la plana, juntament amb l'entramat fluvial desenvolupat a l'inici d'aquest estadi, acaben reblint-se definitivament *(Fase 5, FIG. 4).*

A partir d'aquest moment l'orientació nord del riu Ter deixa definitivament de ser funcional; el vent remobilitza els materials aportats pel riu i forma grans acumulacions de sorra en les parts internes dels meandres, formant les dunes de Foixà, mas Cebrià, mas Duran i Gualta *(Fase 5, FIG. 4)*; i la dinàmica de rebliment es manté fins entrat el s.XV, moment en què el riu ja ha consolidat una orientació E, molt semblant a l'actual, i en què es construeixen els principals canals de reg agrícola de la zona.

En aquesta darrera fase de progradació al·luvial i rebliment de la plana hi coincideixen diversos esdeveniments i fets històrics: el cobriment del poblat de Cidellà i l'església de Sant Romans -la decadència i abandonament del qual es considera dels segles XIII-XIV (Badia, 1985), el terraplenament del port de Torroella, l'al·luvionament que va enterrar la Col·legiata d'Ullà (Marquès & Julià, 2005).

Posteriorment a l'Òptim Climàtic Medieval (MWP) segueix un subcicle climàtic fred, la Petita Edat del Gel (LIA), que continua condicionant la dinàmica fluvial. L'establiment d'aquest subcicle, amb unes condicions de nivell del mar lleugerament més baix, representaria per al riu un nou encaixament seguit d'una nova fase d'acumulació de sediments que cronològicament s'estendria ja entrat el s.XIX, i que podria haver comportat la sedimentació de sorres i graves en forma de barres fluvials, com la de l'Illa de Canet, o d'acreció de meandres, com l'Illa d'Avall.

Ja a finals del s.XIX, el riu presentava una configuració com l'actual *(Fase 6, FIG. 4)*, atès que ja s'havien rectificat algunes corbes a l'alçada de Canet de Verges i s'havia traslladat l'antiga desembocadura del Ter Vell fins l'actual Gola del Ter.

Bibliografia

ALOISI, J.C., MONACO, J., THOMMERET, J., THOMMERET, Y. (1975). *Evolution paléogéographique du plateaux continental languedocien dans le cadre du Golfe du Lion*. Rev. Géog. Phys. Et de Géol. Dynam., vol.XVII, fasc.1, pàg. 13-22.

BADIA I HOMS, J. (1985). *L'arquitectura medieval de l'Empordà (2ª edició)*. Girona. Diputació Provincial de Girona, 633 pp.

BENITO, G., BAKER, V.R., GREGORY, K.J. (Eds.), (1998). *Palaeohydrology and Environmental Change*. Wiley, Chichester.

BLECH, M., HOFFMAN, G., MARZOLI, D. (1994). *Primera campanya en la costa del Ampurdán*. En Cabrera, P., Olmos, R., Santmartí, E. (eds). Iberos y Griegos, lecturas desde la diversidad (Simposium Ampurias, 1991), Huelva Arqueológica, 13 (2), 75-85.

BLECH, M., MARZOLI, D., BURJACHS, F., BUXÓ, R., CASAS, A., GIRALT, S., RAMBAUD, F. (1998). *Interdisziplinäre Prospektionen im Ampurdán, Vorbericht der Kampagnen Sept. 1996*, Madrider Mitteilungen 39, Mainz, 99-120.

BLECH, M., MARZOLI, D. (2005). *Cambios en el paisaje costero del Empordà. Las investigaciones interdisciplinarias llevadas a cabo por el Instituto Arqueológico Alemán, Madrid*. En: Paleocologia i Geomorfologia del territori de l'Empordà: Estat actual de la recerca i perspectives. Empúries, 54. Museu d'Arqueologia de Catalunya. 45-58.

BROWN, A.G., (1997). *Alluvial geoarchaeology. Floodplain archaeology and environmental change*. Cambridge manuals in Archaeology. Cambridge University Press, Cambridge.

COLLINS, P., WORSLEY, P., KEITH-LUCAS, D.M., FENWICK, I.M., (2006). *Floodplain environmental change during the Younger Dryas and Holocene in Northwest Europe: Insights from the lower Kennet Valley, south central England.* Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology 233, 113–133.

DUBAR, M. (1987). *Donnés nouvelles sur la transgressions holocene dans la region de Nice*. Bull. Soc. Géol. France, 8(3), pàg. 195-198.

GOT, H. 1973. *Étude des correlations téctonique-sedimentation aux cours de l'histoire quaternaire du precontinent pyreneo-catalan*. Th. Doctoral. Univ. Scienc. Tec. Languedoc. Centre Univ. Perpignan, 294 pp.

GREGORY, K.J., STARKEL, L., BARKER, V.R. (Eds.), (1995). *Global continental palaeohydrology*. J. Wiley & Sons, Chichester.

ICM (2005). *Mapa batimètric i toponímic del mar Catalano-balear*. Institut de Ciències del Mar. CMIMA (CSIC). Barcelona.

IGME (1987). *Estudio hidrogeológico de los acuíferos del Ampurdán (Girona): Subsistemas 71.1 "Baix Fluvià-Muga" y 71.2 "Bajo Ter"*. Instituto Geológico y Minero de España. Madrid.

LABEYRE, J., LALLOU C., MONACO, A., THOMMERET, J. (1976). *Chronologie des niveaux eustatiques sur la cote de Rousillon de-33.000 ans BP à nos jours*. C.R. Acad. Sci. D 282, pàg. 349-352.

L'HOMER, A., BAZILE, F., THOMMERET, J., THOMMERET, Y. (1981). *Principales étapes de sèdimentation du delta du Rhone de 7.000 ans BP à nos jours*. Oceanis, 7 (4), pàg. 389-408.

LEWIN, J., MACKLIN, M.G., JOHNSTONE, E., (2005). *Interpreting alluvial archives: sedimentological factors in the British Holocene fluvial records*. Quaternary Science Reviews 24, 1873-1889.

MADDY, D., MACKLIN, M.G., WOODWARD, J.C. (Eds.), (2001). *River basin sediment systems: archives of environmental change*. Balkema, Lisse.

MARQUÈS M.A, JULIÀ, R. (1983). *Características geomorfológicas y evolución del medio litoral de la zona de Empúries (Girona)*. Actas de la VI Reunión de Cuaternario, 155-165.

MARQUÈS M.A, JULIÀ, R. (1987). *Donnés sur l'evolution du littoral dans le Nord-Est de l'Espagne. Déplacements des lignes de rivage en Mediterranée*. CNRS. Paris, 15-23.

MARQUÈS M.A, JULIÀ, R. (2005). *Evolución de la zona litoral del Empordà durante el último milenio*. En: Geomorfologia litoral i Quaternari. Eds. Sanjaume, E., Mateu, J.F. 259-272.

MARTINEZ GIL, F.J. (1972). *Estudio hidrogeológico del Bajo Ampurdán*. Mem. del IGME, tomo 84, 2 vol. Madrid.

MARZOLI, D. (1995*). Küstenforschungen im Ampurdán*, Madrider Mitteilungen, 36. Mainz, 233-240.

MARZOLI, D. (2000). *Prospecciones interdisciplinares en el Empordà*. En: Els productes alimentaris d'origen vegetal a l'Edat del Ferro a l'Europa Occidental: de la producció al consum. Sèrie monogràfica 18. Museu d'Arqueologia de Catalunya. Girona, 51-54.

MAS, J., PALLÍ, LL., BACH, J. (1989). *Geologia de la plana del Baix Empordà*. Estudis del Baix Empordà. vol. 8. pàg.5-43.

MAS, J., BACH, J., LINARES, R., MONTANER, J., TRILLA. J. I PALLÍ, L. 1999. *Aportación a la cronología del Cuaternario de la depresión del Baix Empordà (Girona)*. A: Pallí, L. i Roqué, C. (ed.). Avances en el estudio del Cuaternario español. Universitat de Girona. Girona, 107-112.

MONTANER, J., SOLÀ, J., MAS, J. (1995). *Aportació al coneixement de l'evolució geològica recent de la plana del Ter (Baix Empordà)*. Institut d'Estudis del Baix Empordà, vol. 14, pp. 43-53.

MONTANER, J., SOLÀ, J. I MAS, J. (1999). *El relleno pleistoceno i holoceno de la llanura aluvial del río Daró (Baix Empordà)*. A: Pallí, L. i Roqué, C. (ed.). Avances en el estudio del Cuaternario español. Universitat de Girona. Girona, 113-117.

MONTANER, J., SOLÀ, J. (2004). *Reconstrucció d'estadis paleogeogràfics recents a la plana del Baix Ter*. En: Els Aiguamolls del Baix Ter. Quintana, X. Marí, M. (eds). Papers del Montgrí, 23. Torroella de Montgrí, 8-26.

MONTANER, J., JULIÀ, R., MARQUÈS, M.A., SOLÀ, J., PONS, P., LÓPEZ, J. (2010). *Canvis en la paleomorfologia i dinàmica fluvial del riu Ter des del darrer màxim glacial*. Institut d'Estudis del Baix Empordà, vol. 29, in press.

NIETO, J., NOLLA, J.M. (1985) *El yacimiento arqueológico submarino de Riells-la Clota y su relación com Ampúrias*. Actas del VI Congreso Internacional de Arqueología Submarina. Madrid, 265-283.

NIETO, J., RAURICH, X. (1998). *La infrastructura portuaria ampuritana*. III Jornadas de Arqueología Subacuática, València 56-76.

NIETO, X., REVIL, A., MORHANGE, C., VIVAR, G., RIZZO, E., AGUELO, X. (2005). *La fachada marítima de Ampurias: estudios geofísicos y datos arqueológicos*. En: Paleocologia i Geomorfologia del territori de l'Empordà: Estat actual de la recerca i perspectives. Empúries, 54. Museu d'Arqueologia de Catalunya. 71-100.

PARRA, I. (1988). *Analyse pollinique du basin de Sobrestany (Girona, Catalunya). Action anthropique et changements climatiques pendant l'Holocéne*. Diplome Sc. Terre et de la Vie. EPHE.

PASTRE, J. F., ORTH, P., LE JEUNE, Y., BENSAADOUNE, S., (2006). *L'homme et l'érosion dans le bassin parisien (France). La réponse morphosédimentaire des fonds de vallées au cours de la seconde partie de l'Holocène*. In: Allée, P., Lespez, L. (Eds.), L'érosion entre Société, Climat et Paléoenvironnement.Actes de la Table Ronde en l'honneur de R. Neboit-Guilhot. Coll. Nature et Société, vol. 3. Presses Universitaires Blaise Pascal, Clermont Ferrand, pp. 237-247.

PIRAZZOLI, P.A. (1991). *World Atlas of Holocen Sea-level Changes*. Elsevier Oceanography Series, vol. 58.

RAMBAUD F. (2005). *Reconstrucción de la línea de costa en el territorio de Ampurias*. En: Paleocologia i Geomorfologia del territori de l'Empordà: Estat actual de la recerca i perspectives. Empúries, 54. Museu d'Arqueologia de Catalunya. 59-70.

RIBA, O. (1981). *Canvis de nivell i de salinitat a la Mediterrània Occidental durant el Neogen i el Quaternari*. Treb. Inst. Cat. Hist. Nat., vol. 9, pàg. 45-62. Barcelona.

SCHUMM, S.A. (1977). *The Fluvial System*. Wiley, NY, 388 pp.

SOLÀ, J., MONTANER, J., PICART. J., BERÁSTEGUI, X., LOSANTOS, M. (1996). *Correlación estratigráfica entre los depósitos aluviales de los ríos Terri y Ter. Interpretación de su edad y de su relación con los depósitos carnonatados del Pla de Mata* (Baix Empordà-Pla de l'Estany, Girona). Geogaceta, 20 (1), pp.92-95.

STANLEY DJ, WARNE AG (1994) *Worldwide initiation of Holocene marine deltas by deceleration of sea-level rise*. Science 265:228-231.

STARKEL, L., (1983). *The reflection of hydrologic changes in the fluvial environment of the temperate zone during the last 15000 years*. In: Gregory, K.J. (Ed.), Background to the Palaeohydrology, a Perspective. Wiley, Chichester, pp. 213-235.

TURNEY, C. S. M., BROWN, H., 2007. *Catastrophic early Holocene sea level rise, human migration and the Neolithic transition in Europe*. Quaternary Science Reviws, 26, 2036-2041.

EL DARRER MIL·LENNI

D'EVOLUCIÓ LITORAL A L'EMPORDÀ

Marquès M.A. (*), Julià R. (**), Montaner J. (***)

(*) Grup RISKNAT, Departament de Geodinàmica i Geofísica. Universitat de Barcelona.

(**) Institut de Ciències de la Terra "Jaume Almera". CSIC.

(***) Geoservei, Projectes i Gestió Ambiental, S.L.

Índex

RESUM 33

1. INTRODUCCIÓ 33

2. MARC GEOGRÀFIC DE LA PLANA DE L'EMPORDÀ 34

3. ELEMENTS DE CONTROL DEL LITORAL 35

3.1. La dinàmica marina i els temporals de llevant 35
3.2. La xarxa fluvial 36
3.3. Les dunes litorals 36
3.4. Canvis climàtics i oscil·lacions del nivell del mar 37
3.5. Canvis de l'ús del sòl 38

4. CANVIS DE POSICIÓ DE LA LÍNIA DE COSTA 42

5. CONCLUSIONS 44

BIBLIOGRAFIA 47

RESUM

La reconstrucció del litoral de l'Empordà que es proposa en aquesta contribució es basa en les descripcions geogràfiques d'època romana, de documents medievals, de mapes i fotografies aèries modernes i de treball de camp. Es consideren els canvis climàtics naturals i els socioeconòmics com a elements configuradors de la costa. Es planteja si els canvis de posició dels rius, el desenvolupament dels camps de dunes i l'evolució de la línia de costa es relacionen amb les fluctuacions climàtiques corresponents a l'Òptim Climàtic Medieval (MWP) i a la Petita Edat del Gel (LIA) i/o amb la gestió del territori. En època romana la costa era més retallada que en el s. X, quan es documenten per primera vegada les llacunes de Sant Pere i de Castelló. Es va formar un cordó litoral a causa d' una posició alta del nivell del mar durant el MWP i l'elevada aportació de sediments generats per la desforestació (carboneig, rompuda, ramaderia i mineria). Aquests factors expliquen els canvis dels cursos fluvials, l'enterrament del monestir d'Ullà (s. XII), el rebliment del port de Torroella i el desenvolupament dunar. Durant la LIA es documenta el desenvolupament de lòbuls progradants a causa d' un lleuger descens del mar. Durant aquesta època la societat va col·lapsar i alguns pobles van desaparèixer sota les dunes (per exemple Sant Romans). Des del s.XVII fins a mitjan s. XIX es va produir una recuperació demogràfica amb l'ocupació de noves terres i un major control del territori. Ara bé les plagues de l'oïdi i la fil·loxera juntament amb les gelades que van devastar les oliveres van forçar l'emigració cap als centres industrials. A la primera meitat del s. XX es va portar a terme la fixació total de les dunes i el progressiu control de les inundacions amb la construcció d'embassaments. Durant la segona meitat la costa va retrocedir com a resultat de l'ascens progressiu del nivell del mar i de la crisi en l'aportació de sediments (retenció als embassaments, reforestació, extracció d'àrids). En aquesta època el litoral es transforma a causa del turisme (urbanitzacions, marines, espigons, realimentació de platges...).

1. INTRODUCCIÓ

Els canvis morfològics de les platges han estat objecte d'atenció de la comunitat científica des de l'antiguitat. Les descripcions de la costa per erudits grecs i romans, com PLINI EL VELL (s. I), AVIÈ (s. IV), ESTRABÓ (s. I a JC), TITUS LIVI (s. I), constitueixen actualment una base documental imprescindible en la interpretació de les tendències evolutives del nostre litoral.

Les característiques morfològiques d'una platja en un determinat moment són el resultat de la interacció de diversos processos naturals i antròpics. De fet, aquestes característiques representen l'equilibri, en cada moment, entre les aportacions (principalment fluvials) i les sortides (degudes tant a la dinàmica marina, com al transport eòlic). Els canvis detectats entre diferents situacions temporals (finestres) ens indiquen la tendència evolutiva d'aquesta platja i la magnitud dels processos involucrats.

El coneixement de com actuen aquests processos al llarg del temps resulta actualment un element clau per interpretar i preveure diferents escenaris, ja siguin originats per la gestió d'aquest ecosistema, com passa a les nostres costes amb el turisme, o originats per un canvi climàtic, com succeeix en motiu del progressiu escalfament recent atribuït a l'efecte hivernacle *(IPCC, 2007)*.

Així per exemple, el recent retrocés de la línia de costa s'ha interpretat majoritàriament de forma antropogènica, atribuint la disminució de la càrrega sòlida dels rius a la reforestació i a la regulació de conques hidrogràfiques. Aquesta disminució d'aportacions de sediments fluvials és compensada per un retrocés de la línia de costa.

És ben conegut que els canvis de l'ús del sòl han contribuït al fet que les planes deltaiques de la Mediterrània s'expandissin espectacularment *(IBAÑEZ et al, 1996)* i que les albuferes tendissin a reblir-se *(ROSSELLÓ, 1993)*. Aquests canvis s'han produït des dels inicis de l'expansió de l'explotació dels recursos agrícoles de forma comercial en època romana, fins a la transformació demogràfica que va comportar la industrialització, amb una major necessitat de recursos energètics i per tant de regulació de conques hidrogràfiques.

Encara que l'activitat antròpica ha estat considerada bàsica en l'actual configuració de la costa, també existeixen factors naturals, generalment minusvalorats, que poden tenir quasi tant de pes com el factor antròpic en aquest equilibri metaestable entre aportacions i pèrdues.

Aquesta contribució aborda la influència dels canvis climàtics naturals i socioeconòmics sobre la configuració de la costa. Ens plantegem determinar si els canvis de drenatge, el desenvolupament de dunes i l'evolució de la línia de costa durant l'últim mil·lenni poden relacionar-se amb les fluctuacions climàtiques corresponents a l' Òptim Climàtic Medieval (MWP) i a la Petita Edat del Gel (LIA) i/o a la gestió del territori.

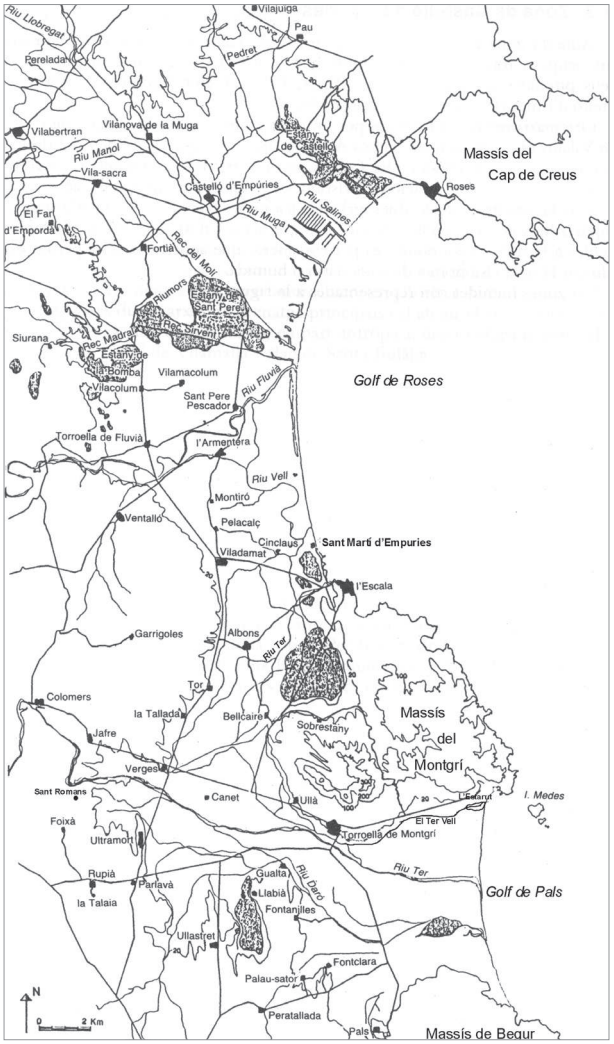


FIG. 1. *Mapa de situació amb els principals rius, poblacions, carretera i topònims citats. També s'indiquen els topònims d'alguns llits fluvials antics i les zones d'aiguamolls.*

2. MARC GEOGRÀFIC DE LA PLANA DE L'EMPORDÀ

L'Empordà és una fossa tectònica neògena, reblerta per sediments al·luvials i col·luvials d'edats que van del Neogen al Quaternari, emmarcada al nord per la serralada pirinenca, al sud pels relleus de les Gavarres i a l'oest per la terminació, per falla, dels relleus estructurals de la Garrotxa. Per l'est s'obre a la Mediterrània *(FIG. 1)*.

Es distingeixen dues àrees que en la zona litoral estan separades en alguns sectors per relleus com el massís calcari del Montgrí (309 m). La **unitat nord**, o Alt Empordà, està formada principalment pels dipòsits fluvials i deltaics dels rius Muga, Fluvià i Ter. La **unitat sud**, o Baix Empordà, deriva de les aportacions del Ter, del Daró i d'una sèrie de petits rius de cabal intermitent, com la riera de Peratallada i la Grossa de Pals.

El traçat dels rius principals, així com la posició de les desembocadures, han experimentat importants canvis al llarg del temps. Els més importants són els del Ter que, com es veurà més endavant, desembocà al nord i al sud del massís del Montgrí i per això els seus sediments han contribuït a la formació de les dues planes al·luvials, la de l'Alt i la del Baix Empordà.

Des de la línia de costa cap a l'interior hi ha una sèrie de cordons arenosos entre els quals es troben aiguamolls i llacunes *(MARQUÈS i JULIÀ, 1986, 1987)*. Algunes han estat dessecades i d'altres transformades en urbanitzacions de tipus marina, com Empuriabrava i Santa Margarida. Una part es conserva com a reserva natural, integrada en el Parc Natural dels Aiguamolls de l'Empordà *(SERRA et al, 1994, SARGATAL i FÈLIX, 1989)*.

La zona litoral de l'Empordà té una direcció predominant NE-SW. Està formada per un doble arc ancorat en els massissos rocosos costaners. L'arc de l'Alt Empordà correspon al golf de Roses, limitat al nord pel massís rocós del cap de Creus i al sud pel massís del Montgrí. L'arc del Baix Empordà correspon a la platja arenosa i oberta del golf de Pals, limitat al nord pel massís del Montgrí i al sud pel de Begur. El litoral de la part sud de la comarca del Baix Empordà és molt retallat, amb espadats i petites platges o cales. És la morfologia característica de la Costa Brava, també present en els massissos del cap de Creus, Montgrí i Begur.

El clima és de tipus mediterrani subhumit. La temperatura mitjana anual és d'uns 16ºC, amb mitjanes de 25ºC a l'estiu i de 10ºC a l'hivern. La pluja és de 600 mm. El règim de pluges és equinoccial, amb màxims de 190 mm a la primavera i 210 mm a la tardor.

El vent és un aspecte molt important en la meteorologia de la zona, en els corrents litorals i en el transport de sorra. Destaca el vent fred i fort, procedent del NNW, la tramuntana. Són freqüents velocitats de 100 km/h. La velocitat de les ràfegues màximes ha arribat a superar els 200 km/h. Ocasionalment bufen forts vents de llevant, associats a tempestes ciclòniques: les llevantades.

El règim de marees és micromareal. El rang d'altures és de l'ordre de 0,15 m, característic d'aquesta zona mediterrània. Els temporals de llevant produeixen ascensos superiors a 1 m, per acumulació d'aigua cap a la costa, i situacions d'alta energia. La dinàmica litoral està controlada per aquest fenomen i pels corrents litorals del golf de Lleó cap al sud *(MARQUÈS, PSUTY i RODRÍGUEZ, 2001)*.

3. ELEMENTS DE CONTROL DEL LITORAL

Aquest apartat tracta dels principals factors que incideixen en el modelat de la zona: 1) la dinàmica marina i els temporals de llevant; 2) la xarxa fluvial; 3) les dunes litorals; 4) els canvis climàtics i les oscil·lacions del nivell del mar i 5) els canvis d'ús del sòl i l'evolució socioeconòmica, en què s'inclouen i relacionen les qüestions antròpiques amb les climàtiques i geomorfològiques.

3.1. La dinàmica marina i els temporals de llevant

La transferència de sorra es produeix des del nord cap al sud com a conseqüència dels corrents litorals. La deriva litoral és de tipus bidireccional, però amb una resultant neta cap al sud, associada als vents del nord i als corrents del golf de Lleó. Sobre aquest transport incideixen un conjunt de temporals que redistribueixen els materials. Els que presenten major incidència són els del sector comprès entre el NE i el SE, i entre aquests destaquen els de llevant.

Els temporals de llevant, o llevantades, són vents forts que generalment van acompanyats de pluges i mar grossa. PASCUAL (*com. pers.*) a la seva estació de l'Estartit ha mesurat onades de fins a 7 m en diverses ocasions.

Aquests temporals tenen com a principals efectes: a) acumular l'aigua a la costa que està oberta cap a l'est, produint sobreelevacions de l'ordre d'1 m, superiors a les oscil·lacions mareals; b) impedir o dificultar el desguàs dels rius; c) inundar les zones deprimides de darrere dels cordons litorals i els aiguamolls (*vegeu foto núm. 20 de la "Caracterització del flux hidrològic a la plana litoral del Baix Ter"*) i c) aportar sorra cap a la platja.

3.2. La xarxa fluvial

La disposició de la xarxa de drenatge i les desembocadures fluvials tenen un paper molt important en el balanç sedimentari entre les aportacions fluvials i la seva remobilització, per la via dinàmica marina.

També influeixen en el desenvolupament de camps de dunes i especialment en la posició de la línia de costa. Els sediments transportats pel vent quan arriben al curs fluvial són arrossegats pel riu cap al mar. Per això, els cursos fluvials del Fluvià i Ter, que discorren d'oest a est transversalment a la tramuntana, constitueixen una barrera al transport de sorra cap al sud i dificulten el ple desenvolupament dunar. Cal remarcar que les desembocadures d'ambdós rius mostren un desenvolupament molt asimètric. En el Fluvià, el marge esquerre està molt més desenvolupat i històricament el tram final del riu es dirigia cap al sud per la sobrecàrrega sòlida aportada per les dunes. El seu curs resseguia quasi paral·lelament la costa, com s'aprecia en el cas del Fluvià Vell *(FIG. 1)*, fins que per causes naturals i antròpiques obrí un nou traçat més curt cap al mar.

Així doncs, un canvi del curs del riu pot interrompre la formació d'un camp de dunes litorals en un lloc i afavorir-ne la nova formació a la zona abandonada pel riu. Els canvis més rellevants en el curs dels rius de la plana, dels quals es detallen les causes i cronologia a *l'apartat 3.5,* han sigut:

a) els canvis en el curs del riu Ter, que desembocava alternativament al nord i al sud del massís del Montgrí, fins que finalment estableix el seu curs al sud d'aquest massís.

b) quan el riu Ter ja desembocava al sud, es van realitzar obres de canalització i rectificació per restablir el seu curs actual.

c) els canvis progressius del Fluvià, que va anar traslladant la desembocadura cap al sud, amb un curs de traçat meandriforme, el Fluvià Vell.

d) el canvi brusc del riu Fluvià, que va desplaçar la desembocadura 6,5 km cap al nord, de manera que adquirí el traçat actual molt més recte cap al mar.

e) els canvis de desembocadura del riu Muga-Mugueta cap a l'Estany de Castelló, o la seva actual canalització *(COMPTE, 2000).*

3.3. Les dunes litorals

La formació de dunes litorals requereix una àrea font que tingui material disponible i un règim de vents adequat per a mobilitzar-les *(PSUTY, 1988, MARQUÈS, et al., 2001, BAUER I DAVIDSON-ARNOTT, 2002).* La qüestió és quan i per què es donen aquestes circumstàncies, o, dit d'una altra manera, perquè existeixen fases de desenvolupament dunar.

La presència de la tramuntana, que circula des de les zones d'altes pressions dels Alps cap a les baixes pressions del golf de Lleó, sol ser un paràmetre relativament estable. En canvi, la disponibilitat de sediments és un paràmetre molt més variable. Està condicionat per les aportacions de sediments, la posició de la xarxa de drenatge i de les desembocadures fluvials, les oscil·lacions del nivell del mar i el recobriment vegetal o usos del sòl. Les etapes de màxim desenvolupament dunar han de correspondre lògicament a moments de gran disponibilitat de sediment.

Les primeres referències escrites d'afectacions per les dunes corresponen a documents de finals del segle XVII, conservats als arxius del Consistori de Torroella de Montgrí *(PIPIÓ, 1999)*. FRANCISCO DE ZAMORA (1786-1790), en els seus viatges efectuats a Catalunya entre 1785 i 1790, és testimoni de l'existència d'importants acumulacions de sorra mòbil, ja que a la regió existeixen abundants camps de dunes. Uns estan relacionats amb la zona litoral, com a la zona de Pals-Begur, d'altres amb els al·luvions de la terrassa inferior del riu Ter, amb els camps de dunes de Foixà, Canet de Verges, mas Cebrià de Sant Iscle, o el golf de Gualta. La fase dunar litoral històricament més pròxima correspon a les dunes fixades entre els anys 1896 i 1910 *(PIPIÓ, op. cit.),* que ocupaven un sector d' 11 km de longitud i 342 ha de superfície.

La disponibilitat de material necessari per a generar aquestes dunes s'ha atribuït als canvis de posició de les desembocadures dels rius Ter i Fluvià, que anteriorment *(PELLA, 1883)* desembocaven prop d'Empúries. Quan ambdós rius desembocaven al nord del massís del Montgrí, gran part dels elements transportats per la tramuntana queien als canals fluvials i eren retornats al mar. El canvi de posició de les desembocadures va ser un dels elements favorables al desenvolupament dunar en aquesta zona.

Sembla relativament coherent suposar que tant la tramuntana com la existència d'al·luvions susceptibles de ser mobilitzats sempre han existit en aquesta regió, però no sempre ha existit el problema que comporta la formació de dunes. Per tant, el desenvolupament socioeconòmic regional i els canvis del nivell del mar deuen jugar també un paper decisiu en l'aparició de les dunes.

3.4. Canvis climàtics i oscil·lacions del nivell del mar

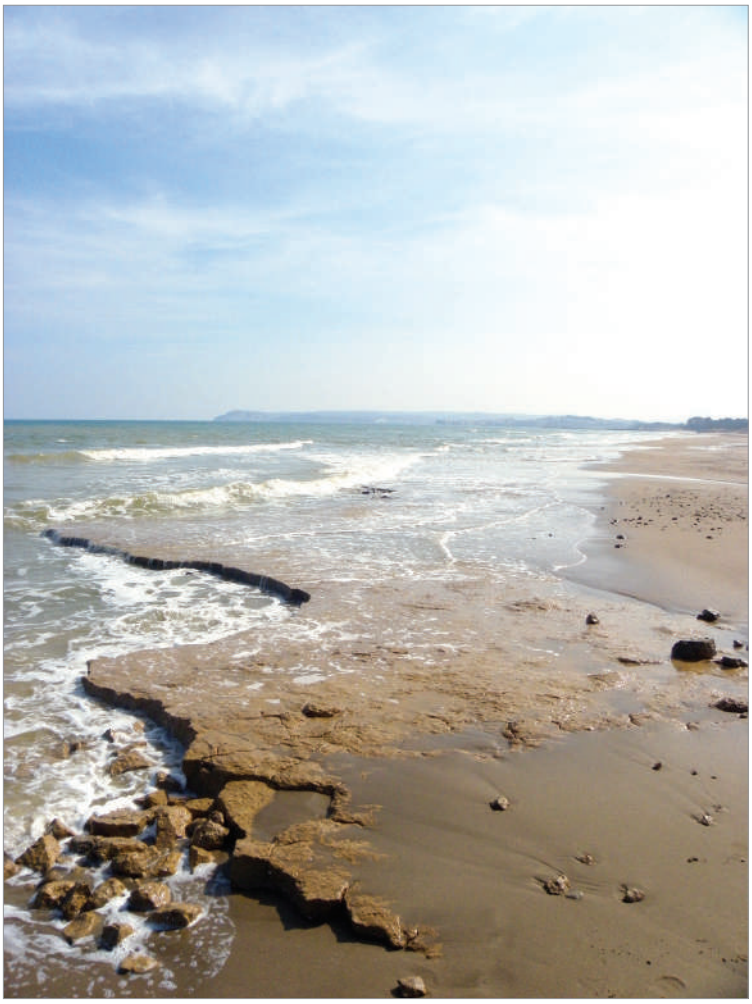
Hi ha un gran consens en la relació dels canvis de nivell del mar i els canvis climàtics, principalment pel que fa referència als cicles glacioeustàtics o a l'equivalència dels estadis isotòpics marins i els diferents nivells del mar de l'últim cicle glacial *(SHACKLETON, 1987)*, i fins i tot amb la corba d'ascens del nivell del mar durant l'holocè *(PIRAZZOLI, 1996)*. Però aquest consens ja no resulta tan evident quan es tracta d'una escala de percepció menor, com la històrica, en què la documentació sobre oscil·lacions de menor amplitud és escassa o nul·la i les possibles oscil·lacions queden dins el límit de l'onatge. A més, durant l'últim mil·lenni els canvis d'ús del sòl han estat tan dràstics que les possibles oscil·lacions de nivell del mar, atribuïbles a canvis climàtics, han quedat emmascarades per l' activitat antròpica.

Ara bé, durant l'últim mil·lenni hi ha hagut oscil·lacions climàtiques importants que tenen una resposta en el mar. Així, NYBERG et al. (2002) estableix la relació dels canvis de temperatura i salinitat del mar pels últims 2000 anys i LEAN i RIND (1999) fan la relació amb la temperatura, pels últims 500 anys. Durant aquest període hi ha hagut canvis d'insolació suficientment importants com perquè el nivell del mar hagi oscil·lat paral·lelament a les variacions de temperatura *(GEHRELS, 2003)*. Fins i tot l'actual increment de temperatura atribuït a l'efecte hivernacle queda reflectit per la progressiva tendència a un increment del nivell del mar a l' estació meteorològica i mareo-

gràfica de l'Estartit, basada en les dades de JOSEP PASCUAL *(vegeu Gràfica núm.11, de la "Caracterització del flux hidrològic a la plana litoral del Baix Ter").*

A la zona de l' Empordà, l'inici de la formació dels cordons litorals que configuren la zona llacunar dels aiguamolls deu correspondre probablement a l'òptim climàtic corresponent al MWP *(Medieval Warm Period)*, que va del 800 al 1300 AD, en què coincideixen nivells del mar alts i una important desforestació *(GALOP, 1999)*. El nivell del mar durant l'òptim medieval va ser lleugerament més alt que durant l'anterior període fred postromà, conegut com *Dark Ages* i que va ser la causa de la Gran Migració. També va ser més alt que el període següent corresponent a la Petita Edat del Gel (LIA), que va des dels anys 1400 fins a 1850 AD.

Un dels vestigis de l'etapa freda de la LIA en el litoral de l'Empordà és la formació d'un lòbul progradant deltaic, entre Sant Martí d'Empúries i l'actual desembocadura del Fluvià *(Imatge 1)*. Els sediments que el constitueixen estan formats per llims amb argiles fangoses d'inundació fluvial i d'ambient restringit, que contenen troncs amb arrels en posició de vida i abundant fauna de gasteròpodes continentals. Una mostra procedent d'un tronc arrelat en aquests llims *(Imatge 2)* ha donat una edat radiocarbònica de 1470 anys calibrats AD *(Beta 280661)*. Com es pot veure a les *Imatges 1 i 2*, aquest dipòsit està actualment en procés de desmantellament, molt probablement com a resultat de l'ascens del nivell del mar posat de manifest per les dades del mareògraf de J. Pascual.



Imatge. 1. *El desmantellament de la platja després d'una llevantada de març va fer aflorar un dipòsit semiconsolidat de sediments d'inundació fluvial i d'ambient restringit (Imatge 2). L'erosió per part de l'onatge d'aquests dipòsits fluvials progradants, amb una edat radiocarbònica de 1470 anys calibrats AD, posa de manifest l'evolució transgressiva recent del nivell del mar, d'acord també amb la tendència ascendent de les dades enregistrades per J. PASCUAL en el mareògraf de l'Estartit (vegeu Gràfica 11 de la contribució ulterior). Foto: J. Montaner.*

3.5. Canvis de l'ús del sòl

La *FIG. 2* presenta un resum dels principals esdeveniments socioeconòmics i canvis geomorfològics que influeixen en l'evolució del litoral de l'Empordà *(MARQUÈS i JULIÀ, 2005)*.

Fins al segle XIII es manté plenament en vigor el model de societat feudal , amb un règim basat en la servitud i el vassallatge, que estableix les relaciones polítiques i socioeconòmiques entre els reis, la noblesa i les altes jerarquies eclesiàstiques, i de tots aquests amb la

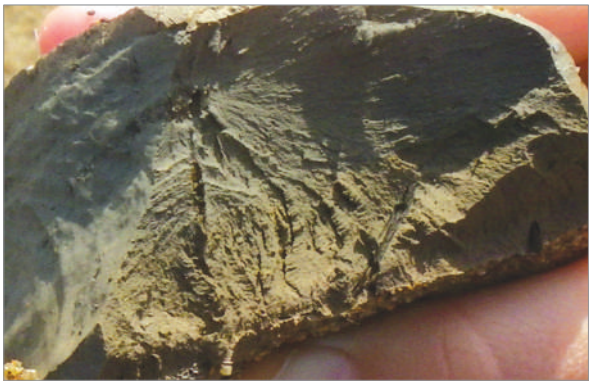
resta de la població. Els conflictes entre els comtes d'Empúries i la casa reial són constants. L'any 1067 Ponç I rendeix vassallatge al comte de Barcelona, però es mantenen les tensions entre ambdós senyors. Per exemple, a finals del segle XIII, en època del ja comte-rei Jaume II, es construeix el castell del massís del Montgrí, com a element dissuasiu per a intimidar els comtes empordanesos. També es procedeix al desviament del curs del Ter cap al port de la vil·la reial de Torroella, que aviat quedarà reblert, però que serà encara funcional en el segle XIV. A finals d'aquest segle s'extingeix la línia directa successòria dels comtes d'Empúries i el rei Martí l'Humà incorpora de manera total i definitiva el territori comtal a la corona l'any 1401.

La càrrega sòlida dels diversos rius (Muga, Fluvià i Ter, entre altres) durant l' òptim climàtic de l'edat mitjana (MWP) devia ser molt important al coincidir amb la desforestació de zones d'alta muntanya per a crear pastures, necessàries donada la forta expansió de la ramaderia (expansió dels dominis ramaders monàstics des del s. IX i X). Durant l'edat mitjana, les formacions forestals de les capçaleres dels rius van pràcticament desaparèixer *(JALUT, 1984; GALOP, 1999; ESTEBAN, 1995; DAVASSE et al. 1997)*. A les activitats ramaderes extensives s'hi suma la producció de carbó destinada a l' activitat metal·lúrgica o "la farga" *(MASCARELL, 1993, GALOP i JALUT, 1984).* En els segles XII-XIII es documenten importants desforestacions a la Cerdanya francesa, i se situa la línia del bosc per sota dels 2000 m, *(DAVASSE et al., 1997).* El resultat d'aquesta activitat es tradueix a la conca baixa del Ter amb una aportació massiva de sediments que afavoreix:

2a

2b

2c



2d

Imatge. 2. *La presència d'arrels en posició de vida just en la mateixa línia de trencament de l'onatge reflecteix l'actual tendència transgressiva del nivell del mar (2a) i (2b). Les restes vegetals utilitzades per a datació radiocarbònica (2b) es troben contingudes dins un dipòsit sedimentat en un ambient d'inundació fluvial (2c) i d'entollament (2d), que també presenta abundància de restes de gasteròpodes continentals (Fotos: (2a i 2c), R. Julià; (2b i 2d), J. Montaner).*

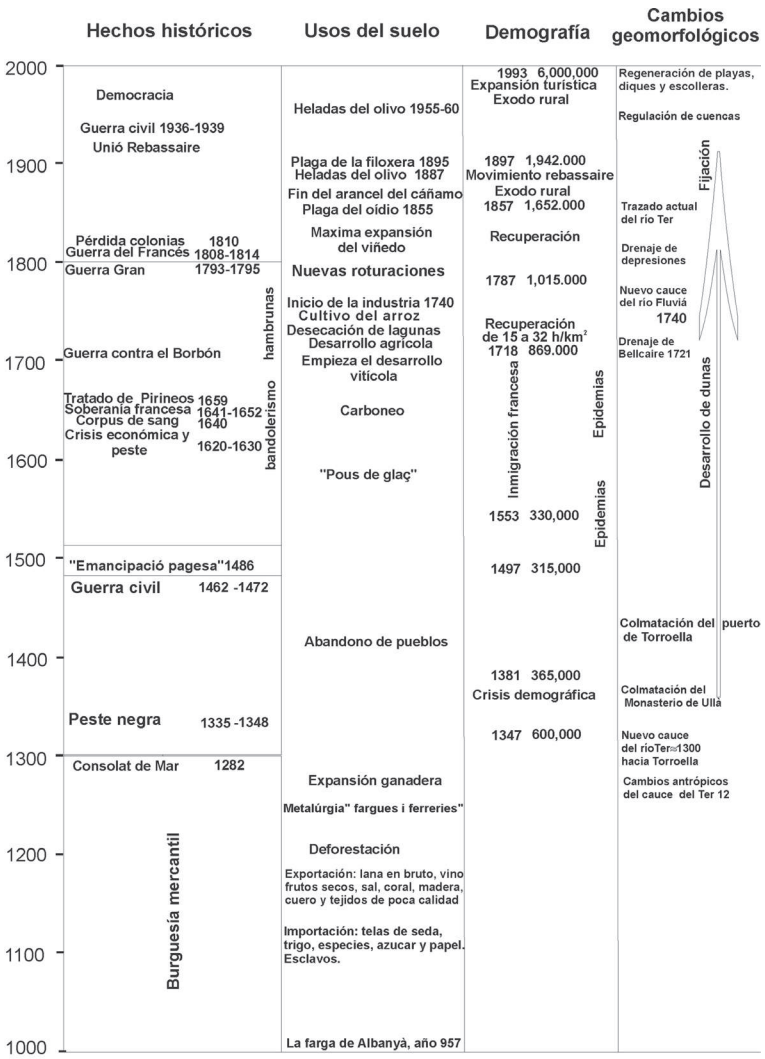


FIG 2. *Quadre resum dels principals esdeveniments socioeconòmics i canvis geomorfològics que influeixen en l'evolució del litoral de l'Empordà. (MARQUÈS i JULIÀ, 2005).*

(a) la formació de dunes: existeix documentació històrica puntual sobre petits pobles sepultats per les dunes, com és el cas del poblat de Cidellà i l'església de Sant Romans. Els historiadors *(cf. BADIA i HOMS, 1985)* consideren que la decadència i l'abandonament del lloc succeí, com a molt tard, durant els segles XIII-XIV, tot i que no atribueixen el fet a si les dunes van ser la causa i si aquestes es relacionen amb el desviament del Ter al segle XIII;

(b) l'abandonament del llit fluvial, que desembocava prop de la ciutat d'Empúries;

(c) l'al·luvionament, que va enterrar la Col·legiata d'Ullà, fundada el 1121 i ja colgada el 1178, i sobre la qual se'n va construir una de nova *(SERT, 1949, MALLORQUÍ i SOLDEVILA, 2006);*

(d) el progressiu rebliment del port de Torroella;

(**e**) el caràcter meandriforme del curs del riu Ter aigües avall de Verges, que genera una àmplia plana al·luvial .. exposada a la tramuntana.

Entre els anys 1300 i 1330 s'anuncia el final de l' estructura feudal tant en l'aspecte econòmic, per la crisi del model expansiu de producció agrícola, com polític, ja que comença una llarga travessa de la societat feudal a una altra definida com a estatal, sota un poder monàrquic en ascens.

Des del punt de vista sociopolític la situació és molt inestable. La població "remença", servent subjecte a la terra i sotmès a la fiscalitat feudal, especialment assentada en aquesta zona de la "Catalunya vella", sol·licita la supressió dels "mals usos". Es tractava d'un conjunt d'exaccions arbitràriament imposades als pagesos, que eren sotmesos des de mitjan segle XI. Les seves reivindicacions s'intensifiquen a partir de mitjan segle XIV. Anys més tard esclata el conflicte i la Guerra Civil (1462-1472) enfrontarà el rei Joan II, esperonat pels pagesos (molts d'ells eren "remences"), i les classes dominants catalanes, que controlaven les principals institucions del país. Malgrat tot, la situació no s'aclareix fins a la Sentència Arbitral de Guadalupe de 1486, propiciada per Ferran el Catòlic. Aquesta sentència en bona mesura consagra la possible emancipació de la pagesia i l'abolició dels "mals usos", i representa una d'aquelles dates significatives que simbolitzen el final de l'edat mitjana a la zona.

El segle XIV és catastròfic demogràficament parlant per diverses raons. Epidèmies i pèssimes collites, fruit del deteriorament del clima, a les quals es va afegir la incapacitat del sistema social feudal de mantenir un creixement autosostingut. Hi ha fets tan significatius com *"lo mal any primer"* (1333) o l'episodi de pesta negra de 1348. Aquest anirà seguit de nous brots cada cinc o deu anys durant més d'un segle i castigarà una població ja de per si afeblida per la situació de caresties de l'època. D'una població estimada per a tot Catalunya de 500.000 habitants l'any 1300, inicialment es redueix 1/5 part i a menys de la meitat (224.000 habitants) el 1497 *(IGLÉSIES, 1992).*

Davant d'aquesta situació de despoblament i males collites, que corresponen a les primeres pulsacions de la Petita Edat del Gel, la gestió del territori devia ser molt insuficient. Aquest factor, juntament amb l'abundant sedimentació en els cursos baixos i el lleuger descens del nivell del mar, va fer que la tramuntana comencés a formar camps de dunes de certa envergadura a la zona de l'Empordà.

Entre 1497 i 1626 a Catalunya hi ha un canvi demogràfic que doblarà la seva població *(IGLÉSIES, 1979-81)* gràcies a una intensa immigració de francesos *(NADAL i GIRALT, 2000)*, que representen 1/3 dels homes de l'Empordà en certs anys del segle XVI i una fase de recuperació agrícola amb l'expansió de la vinya i de l'olivera. De 1639/40 fins a 1718 es produeixen una sèrie de crisis polítiques, des de la Guerra dels Segadors fins a la Guerra de Successió i les seves últimes conseqüències, que incideixen negativament en la població. Però cap al 1680 es comença a detectar un conjunt de canvis que marquen un procés de recuperació econòmica i demogràfica de gran abast *(IGLÉSIES, 1974)*. Això es manifesta plenament una vegada superada la inestabilitat política, com ho demostra el fet que la població de l'Alt Empordà passa de 19.682 habitants (15,3 hab/km^2) el 1718 a 41.280 habitants (32,1 hab/ km^2) el 1787. Augmenta la població urbana i, en algunes grans ciutats de l'Estat, es produeixen aixecaments populars atribuïbles a les males collites (sequeres), a l'expansió de cultius en terres no molt idònies per al conreu i a l'augment de preus d'aliments bàsics, com el motí d'Esquilache (1766) a Madrid, o el *"rebombori del pa"* (1789) de Barcelona, en un context de reajustament social fruit del procés d'industrialització iniciat a mitjan segle.

Els problemes agraris de la primera meitat del segle XVIII poden estar relacionats amb el mínim d'activitat solar de MAUNDER i d'aquesta època daten els primers escrits sobre la necessitat d'actuar enfront dels danys ocasionats per les dunes. L'expansió demogràfica va comportar la utilització "*d'aiguadeixos*" per a millorar els camps, la

dessecació progressiva dels estanys, com el de Bellcaire d'Empordà, situats entre ambdós braços del riu Ter, a partir de 1721, els aprofitaments hidràulics i les reglamentacions sobre determinats conreus com el cànem i l'arròs.

A pesar de les guerres que van afectar la zona a finals del segle XVIII i principis del XIX (la Guerra Gran de 1793 a 1795 i la Guerra del Francès de 1808 a 1814), a la primera meitat del segle XIX s'arriba a la major expansió de la vinya i continua la recuperació demogràfica. Però la segona meitat del segle XIX resulta calamitosa per a l'agricultura *(IGLÉSIES, 1968)*. Se succeeixen la plaga de l'oïdi, la fi de l'aranzel del cànem, la plaga de la fil·loxera i les gelades que van afectar especialment les oliveres el 1887. Tots aquests fets comporten un massiu èxode del món rural i la mobilització associativa de sectors dels camperols per millorar la seva difícil situació, que cristal·litzarà posteriorment en la creació de l'important sindicat agrari "*Unió de Rabassaires*". Les successives desamortitzacions, des de les més tímides dels governs il·lustrats i la de Godoy de 1798, fins a les més importants de Mendizábal i Madoz ja al segle XIX, quasi no van afectar l'estructura de la propietat del sòl i menys encara l'ús establert.

El segle XX es caracteritza per l'èxode rural i l'auge del sector serveis, la progressiva regulació de conques hidrogràfiques amb embassaments i les grans construccions turístiques a la zona litoral, com la construcció de marines (és el cas d'Empuriabrava), la regeneració de platges i la massificació urbanística, sense l'aplicació de criteris de sostenibilitat i respecte envers el medi ambient.

4. CANVIS DE POSICIÓ DE LA LÍNIA DE COSTA

L'evolució de la línia de costa empordanesa pot abordar-se amb dos enfocaments. Un primer, basat en documentació cartogràfica i seqüències de reconeixement fotogramètric, permet traçar amb detall l'evolució de la línia de costa durant els últims 100 anys. Una segona aproximació, basada en la documentació històrica i reconeixement geomorfològic de camp, permet obtenir una perspectiva temporal més integradora de tots els paràmetres que hi intervenen.

Així, l'evolució de la línia de costa del litoral de l'Empordà en els últims 50 anys presenta dues etapes. La primera comprèn des de l'any 1947 al 1977 i una segona va des d'aquesta data fins a l'execució de les obres de remodelació de la zona d'Empúries per rebre la torxa olímpica el 1992.

Durant la primera etapa *(MARQUÈS i JULIÀ, 1983)*, l'àrea compresa entre Roses i la desembocadura del Salins, que correspon a la zona de major curvatura del golf, mostra sempre una erosió, de l'ordre de 15 m, entre 1947 i 1977. L'àrea situada al sud de la desembocadura del Fluvià mostra fases d'acreció i de retrocés, i el balanç en aquest període és nul.

Durant l'etapa més recent, la zona ha estat molt influenciada per actuacions antròpiques tals com:

a) constants dragats del riu Fluvià per extracció d'àrids i per l'accés d' embarcacions al port esportiu de Sant Pere Pescador;

b) extracció de sorra del camp de dunes de la platja de Sant Pere Pescador per ampliar la platja de Riells *(MARQUÈS, PSUTY i RODRÍGUEZ, 2001);*

c) diverses obres (esculleres, trencaones i espigons) a la zona litoral compresa entre l'antic moll del port romà d'Empúries i el Riu Vell (antiga desembocadura del riu Fluvià), destinades a protegir i ampliar la platja.

Durant aquest últim període, els canvis de posició de la línia de costa han estat tan constants com les afectacions de les obres de protecció de les platges.

El reconeixement geomorfològic de la zona de San Martí d'Empúries permet evidenciar canvis de posició de la línia de costa, gràcies a la relació entre la dinàmica eòlica i la posició de la platja. La part més oriental del promontori de calcàries mesozoiques on s'assenta la ciutat va formar un penya-segat sobre el mar fins a finals dels anys 80 *(Imatge 3a)*. A partir de la construcció de l'espigó per l'arribada de la torxa olímpica de l'any 1992 s'ha produït una important acreció de la platja, amb acumulació de sorra a ambdós costats de l'espigó *(Imatge 3b)*. Aquestes sorres sobrepassen el límit oriental del promontori rocós i produeixen el polit eòlic de les calcàries mesozoiques per la tramuntana. En canvi, quan el promontori estava sobre el mar (posició observada a les fotografies aèries de 1947 fins al 1984), aquest polit era impossible. Ara bé, els reconeixements de camp durant aquest període van mostrar l'existència de facetes eòliques, amb estries coincidents amb l'orientació de tramuntana, però amb diferents estats de conservació *(Imatges 4a i 4b)*. Unes facetes estaven ben conservades i d'altres tenien la superfície afacetada coberta per formacions liquèniques, cosa que indica la seva antiguitat. Això implica que, anteriorment a la condició de penya-segat marí, aquest promontori va quedar suficientment allunyat darrere de la línia de costa com perquè la sorra de platja transportada pel vent no pogués polir les calcàries mesozoiques. També les fotografies de J. ESQUIROL realitzades a principis del segle XX (Ajuntament de l'Escala, 1992) mostren acumulacions de sorra a la paret sud de l'església de Sant Martí que corona aquest promontori.

La falta d'estudis detallats de liquenometria no permet precisar la cronologia de les diferents fases de polit eòlic i de posició del promontori/penya-segat de Sant Martí i per tant de variació de la línia de costa, però es pot afirmar que hi va haver com a mínim dues fases progradants a més de l'actual. Això significa que l'evolució de la línia de costa en aquesta zona ha estat subjecta a freqüents canvis de posició, sense que sigui necessari atribuir-los a l'activitat antròpica com passa amb l'espigó actual. La fase anterior a l' actual (en què la línia de costa estava més avançada cap al mar) es pot situar a l'època en què ESQUIROL va realitzar les seves fotografies i que correspon a finals del segle XIX i principis del XX, quan es va abordar la fixació de les dunes.

La progradació de l'arc de Roses a la zona dels aiguamolls indica que hi ha pulsacions discretes d'avançament cap al mar. Estan marcades per la formació de nous cordons litorals que deixen darrere, cap a terra, depressions on s'estenen llacunes. Les grans llacunes més interiors, com les de Sant Pere o Castelló, estan citades ja com a tals en documents del s. X *(BOLÓS i HURTADO, 1999; COMPTE, 2002)* i com a entrants protegits de la costa pels primers geògrafs *(AVIÈ, s. IV)*. A les cartografies del s. XVIII d'APARICI, GARMA o G. VALK, recollides a la Geografia de Catalunya de CARRERES CANDI (1913-1918), encara estan ben representades. Van ser drenades i dessecades progressivament a partir del s. XVIII, encara que existeixen algunes referències documentals sobre la seva transformació en èpoques anteriors. El reconeixement geomorfològic de la zona protegida de les actuals llacunes, a partir de les fotos aèries de 1960 *(ARXIU HISTÒRIC DE GIRONA, 2003)*, posa en evidència un mínim de 7 cordons litorals *(beach ridges)* i com a mínim tres generacions de llacunes en una zona de progradació de 1000 m d'amplada. Les primeres generacions de llacunes, a 500 m terra endins, estan quasi totalment reblertes. Entre les que encara perduren, situades entre les desembocadures actuals dels rius Fluvià i Muga, trobem: l'estany d'en Turies, la Rogera, la Serp, la Fonda, la Llarga, la Masona i l'estany Sirvent, i corresponen a antics braços i desembocadures dels rius Muga i Fluvià, com es constata a la cartografia del s. XVIII.

3a

3b

Imatge. 3. *Zona de Sant Martí d'Empúries. (3a) Vista aèria obtinguda el 1971 del promontori on es troba Sant Martí d'Empúries. L'extrem s'endinsava en el mar formant un penya-segat entre els anys 40 i 80. S'indica la situació (A) dels afloraments rocosos que contenen estries i facetes d'origen eòlic. (3b) Posició el 1993 del promontori. La construcció de l' espigó (amb motiu de l'arribada de la torxa olímpica el 1992) va afavorir l'acumulació de sorra, el creixement de la platja i, novament, el transport eòlic sobre el promontori. (Fotos: ICC).*

5. CONCLUSIONS

L'evolució recent de la costa empordanesa no canvia gaire de l'evolució general de les platges del NE de la península. És a dir, està marcada per un lleuger retrocés atribuït a la regulació de les conques de drenatge, a les enormes extraccions d'àrids dels cursos fluvials i a la reforestació de la mitjana i alta muntanya. També contribueixen a aquest retrocés el lleuger augment del nivell del mar detectat al mareògraf de l'Estartit.

Ara bé, les transformacions més importants de la configuració del litoral de l'Empordà es van produir durant l'Òptim Climàtic Medieval (MWP) i la Petita Edat del Gel (LIA), quan les depressions de les planes deltaiques dels rius Muga, Fluvià i Ter es van reblir de forma espectacular com a conseqüència de les aportacions sòlides. Durant el MWP coincideixen per una banda nivells del mar més alts amb una gran aportació de sediments al·luvials a causa de la desforestació. Les terrasses al·luvials dels diferents rius, conjuntament amb el desenvolupament de cordons litorals, configuren la morfologia d'aquesta costa, caracteritzada per les abundants llacunes litorals.

El posterior descens del nivell del mar atribuïble a la LIA, conjuntament amb el canvi de curs del Ter transportant una important càrrega sòlida, deurien deixar suficient material disponible per al desenvolupament de lòbuls i dunes en un territori en crisi demogràfica. El braç del riu havia constituït una barrera natural a un possible

4a

4b

Imatge. 4. *Estries i facetes eòliques procedents del promontori rocós de Sant Martí. Aquestes formes, produïdes pel transport de sorra per la tramuntana, mostren un diferent estat de conservació i per tant indiquen diferents fases progradants, a més de l'actual d'origen antròpic. En la 4a es pot observar antigues estries i facetes colonitzades per líquens. (Foto: R. Julià).*

desenvolupament de dunes. L'antic Ter juntament amb els sediments del riu Fluvià van formar un important lòbul progradant a la zona de Empúries, com es constata per la presència de llims amb troncs d'arbres datats el 1470 AD. Les successives famílies de llacunes litorals limitades per cordons litorals, que s'observen entre l' actual desembocadura dels rius Fluvià i Muga, demostren aquesta progradació progressiva de les planes deltaiques durant aquesta època i que ha perdurat fins a finals del s. XX. A partir de la recuperació demogràfica del s. XVII, l' ocupació i gestió del medi natural creixen exponencialment, s'ocupen noves terres, s'assequen llacunes, es canalitzen i/o desvien trams de rius, i el 1683 apareix el primer escrit sobre els importants problemes que causaven les dunes *(PIPIÓ, op. cit.)*.

De forma lenta, molt probablement per falta dels recursos econòmics necessaris per a fer les obres, però inexorablement, es van realitzant un conjunt de transformacions encaminades a la millora i protecció dels cultius ja existents i a la transformació de terrenys improductius en nous conreus. Encara que existeixen referències documentals sobre estructures de protecció enfront de possibles avingudes del s. XIV (capbreu de 1383 citat per *COMPTE, 2002*) no és fins al s. XVIII quan s'emprenen importants millores de prevenció de les inundacions *(SAURÍ et al. 1993)* amb la construcció de dics, localment anomenats motes, i el *Consejo de Castilla* aprova la rectificació del traçat del curs final del riu Ter.

Cap al 1740, el riu Fluvià abandona el seu llarg recorregut cap al sud. Aquest curs antic seguia el traçat del que es coneix com el Riu Vell. Desembocava al Grauet d'Empúries, considerat com el primitiu port grec. El nou traçat, que es conserva actualment, segueix recte cap al mar, i augmenta el seu gradient.

A partir d'aquest moment, des de la desembocadura del riu Fluvià fins al nou curs del Ter, a l'altra banda del massís del Montgrí, no existeix cap barrera natural capaç de frenar el desenvolupament dunar. Es desenvolupen les importants acumulacions de sorra mòbil de les quals és testimoni Francisco de Zamora *(op. cit.)*, als seus viatges efectuats a Catalunya entre 1785 i 1790. La fixació d'aquestes dunes s'inicia a partir de finals del s. XIX.

Finalment, la regulació definitiva de les conques hidrogràfiques, juntament amb l'èxode rural a partir de mitjan s. XX, que afavoreix la reforestació de la mitjana i alta muntanya de les capçaleres dels rius, marca el canvi de tendència evolutiva de la costa.

Agraïments

Agraïm al Sr Josep PASCUAL, meteoròleg de l'Estartit, les dades que hem utilitzat sobre l'evolució del nivell del mar. Agraïm a la UNIVERSITAT DE VALÈNCIA la possibilitat de traduir i adaptar el treball presentat en aquesta universitat. A Josep ESPIGULÉ per posar-nos sobre avís de l'existència d'un "aflorament peculiar" de sediments a la platja de Sant Pere Pescador en motiu d'una llevantada de principis de març de 2010.

Bibliografia

AJUNTAMENT DE L'ESCALA (1992). *Josep Esquirol (1874-1931). Col·lecció de fotografies. 3 Empúries. 35 imatges de les Ruïnes i Excavacions i del poble*. Servei de publicacions Ajuntament de l'Escala, 35 fotografies.

ARXIU HISTÒRIC DE GIRONA I CONSORCI DE LA COSTA BRAVA. (2002). *Un vol sobre la costa, 1960. Fotografies aèries del litoral gironí*. Ed. Generalitat de Catalunya, Departament de Cultura i Consorci de la Costa Brava, Girona. CD.

AVIENO (s. IV). *Ora Maritima.*

BADIA i HOMS, J. (1985). *L'arquitectura medieval de l'Empordà*. v II-B Alt Empordà + annex v.I Baix Empordà. (2ª edició). Diputació Provincial de Girona, 633 pp.

BAUER, B.O., DAVIDSSON-ARNOTT, R.G.D. (2002). *A general framework for modeling sediment supply to coastal dunes including wind angle, beach geometry, and fetch effects*. Geomorphology, 49: 89-108.

BOLÒS, J., HURTADO, V. (1999). *Atles dels comtats d'Empúries i Peralada (780-991)*. Ed. R. Dalmau: Atles dels comtats de la Catalunya carolíngia. 93 pp.

CARRERES I CANDI, F. (1913-1918). *Geografia general de Catalunya*. Editorial de Albert Martín, Barcelona , 6 vols.

COMTE, A. (2000). *Desviació del riu Muga i acceleració del procés d'eixugament de l'Estany de Castelló en les centúries XVII i XVIII*. Treballs de la Revista de Geografia, 5: 95-118.

COMTE, A. (2002). *L'entorn rural de Castelló d'Empúries en la baixa edat mitjana a través de l'administració de la Canònica de Girona*, Annals de l'Institut d'Estudis Empordanesos, 35: 55-117.

CRONIN, T. M., DWYER, G. S., KAMIYA, T., SCHWEDE, S., WILLARD, D. A. (2003). *Medieval Warm Period, Little Ice Age and 20th century temperature variability from Chesapeake Bay*, Global and Planetary Change, 36: 17-29.

DAVASSE, B.; GALOP, D.; RENDU, CH. (1997). *Paysages du Néolithique à nos jours dans les Pyrénées de l'Est d'après l'écologie historique et l'archéologie pastorale*. In: J. BURNOUF et al. (eds.), La dynamiques des paysages protohistoriques, antiques, médiévaux et modernes,. 577-599.

ESTRABON (s. I). *Geografia*, Lib. III.

GALOP, D. (1999). *Le parchemin et le pollen: la Cerdagne médiévale de l'archive écrite à l'archive naturelle*. In: Les sociétés méridionales à l'âge féodal. Hommage à Pierre Bonnassie. CNRS, Presse universitaire du Mirail, Paris, 35-43.

GALOP, D., JALUT, G. (1994). *Differential human impact and human vegetation history in two adjacent Pyrenean valleys in the Ariège basin, southern France, from 3000 BP to the present*. Vegetation History and Archaeobotany, 3: 225-244.

GEHRELS, W. R. (1999). *Middle and Late Holocene Sea-Level Changes in Eastern Maine Reconstructed from Foraminiferal Saltmarsh Stratigraphy and AMS 14C Dates on Basal Peat*, Quaternary Research, 52: 350-359.

IBÁÑEZ, C., PRAT, N. & CANICIO, A. (1996). *Changes in the hydrology and sediment transport produced by large dams on the lower Ebro river and its estuary*. Regulated Rivers Research & Management, 12: 51-62.

IGLÉSIES, J. (1968). *La crisi agrària de 1879-1900: la fil·loxera a Catalunya*. Edicions 62, Barcelona, 289 pp.

IGLÉSIES, J. (1974). *Estadístiques de població de Catalunya el primer vicenni del segle XVIII*. Fundació Salvador Vives Casajuana: Rafael Dalmau Barcelona, 3 vols, 1500 pp.

IGLÉSIES, J. (1979-1981). *El fogatge de 1553*. Publicacions de la Fundació Salvador Vives Casajuana, Barcelona, 59, 70. 2 vols.

IGLÉSIES, J. (1992). *El fogatge de 1497: estudi i transcripció*. Publicacions de la Fundació Salvador Vives Casajuana, Barcelona, 111-112, 2 vols, 410, 378 pp.

IPCC, Intergovernmental Panel on Climate Change,(2007). *Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Solomon, S., D. Qin, M. Manning, Z. Chen, M. Marquis, K.B. Averyt, M. Tignor and H.L. Miller (eds.). Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA.

JALUT, G. (1984). *L'action de l'homme sur la fôret montagnarde des Pyrénées ariégeoises et orientales depuis 4000 BP d'après l'analyse pollinique*. Actes 106 Congrés Nat.Soc.Sav.: 163-174.

LEAN, J., RIND, D. (1999). *Evaluating sun climate relationships since the Little Ice Age*. Journal of Atmospheric and Solar- Terrestrial Physics, 61: 25-36.

MALLORQUÍ, E., SOLDEVILA, X. (2006). *De la conquesta carolíngia a la fi de l'Edat Mitjana*. In: SAURI, M.C. i SOLER,S. (Coord) Història del Baix Empordà v IV.: Diputació de Girona, v. IV, 141-296.

MARQUÈS, M.A. & JULIÀ, R. (1986). *Fluvia and Muga delta plain: geomorphological features and evolution (Empordà-Gulf of Roses)*. In: MARQUÈS, M.A. (ed) Symposium on Man's impact on coastal environment. Guidebook NE Spanish Medterranean coast. Barcelona, pp. 7-30.

MARQUÈS, M.A. & JULIÀ, R. (1987). *Données sur l'évolution du littoral dans le Nord-Est de l'Espagne*. In : Colloques Internationaux C.N.R.S. Deplacements des lignes de rivage en Méditérranée. Ed. C.N.R.S. Paris, 15-23.

MARQUÈS, M.A. & JULIÀ, R. (2005). *Evolución de la zona litoral del Empordà durante el último milenio*. In: Sanjaume, E. & Mateu, J.F. (eds) Geomorfologia litoral i quaternari. Homenatge al professor Vicent M. Rosselló i Verger. Univ. Valencia. 259-272.

MARQUÈS, M.A., PSUTY, N.P. & RODRIGUEZ, R. (2001). *Neglected effects of eolian dynamics on artificial beach nourishment: The case of Riells, Spain*. Journal of Coastal Research, 17, 694-704.

MASCARELL I ROVIRA, J. (1993). *La farga. Girona*. Quaderns de la Revista de Girona, 43, 95 pp.

MONTSERRAT, J.M. (1992). *Evolución glaciar i postglaciar del clima y la vegetación en la vertiente sur del Pirineo: estudio palinológico*. Monografías del Instituto Pirenaico de Ecología, 6, CSIC, Zaragoza.

NADAL, J. & GIRALT, E. (2000). *Immigració i redreç demogràfic: els francesos a la Catalunya dels segles XVI i XVII*. Eumo, Vic, 394 pp.

NYBERG, J., MALMGREN, B. A., KUIJPERS, A., WINTER, A., (2002). *A centennial-scale variability of tropical North Atlantic surface hydrography during the late Holocene*. Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology, 183: 25-41.

PELLA, J. (1883). *Historia del Ampurdán. Estudio de la civilización en las comarcas del noreste de Cataluña*. (1980, 2ª ed. facsímil). Olot, 788 pp.

PIPIÓ, H. (1999). *Ressenya històrica del procés de fixació de les dunes empordaneses*. In: Sorra i vent. Les dunes 100 anys després. Centenari de la fixació de les dunes. Papers del Montgrí, 17: 26-41.

PIRAZZOLI, P.A. (1996). *Sea-Level Changes. The Last 20,000 Years*. John Wiley, Chichester.

PLINIO el VIEJO (s. I). *Historia Natural*, Lib XXXV, cap. XLVIII.

PSUTY, N.P. (1988). *Sediment budget and dune/beach interaction*. Journal of Coastal Research, Special Issue, 3, 1-4.

ROSSELLÓ, V. M. (1993). *Albuferas mediterráneas*. Cuadernos de Geografía, 53, 35-64. València.

SARGATAL, J., FELIX, J. (Ed.), (1989). *Els aiguamolls de l'Empordà. Aspectes ecològics, històrics i socials*. Quaderns dels Indiketes: 3. 376 pp.

SAURÍ, D., RIBAS, A., ROSET, D., I SORRIBAS, E. (1993). *Inundacions i societat al Baix Ter*. Premi a Treballs de Recerca concedit pel Consorci de la Costa Brava, convocatòria 1992. Girona, 1993, 118 pp.

SERRA, J., VERDAGUER, A., JULIÀ, R., MARQUÈS, M.A. (1994). *Caracterització geològica dels Aiguamolls de l'Empordà*. In: Gosálbez, J. et al. Coord. Els sistemas naturals dels aiguamolls de l'Empordà. Institució Catalana d'Història Natural. Treballs: 13, 22-78.

SERT, J. 1949. *Santa Maria de Ullà- Datos históricos*. Arxiu Hist. Comarcal. La Bisbal d'Empordà.

SHACKLETON, N. J. (1987). *Oxygen isotopes, ice volume and sea level*. Quaternary Science Review: 6, 183-190.

TITO LIVIO (s. I). *Lib. XXXIV*.

ZAMORA, F. de (1786-1790). *Diario de los viajes hechos en Cataluña (1785-1790)*. Editorial Curial, col. Documentos de Cultura, Barcelona, 1973, Edició a cura de R. Boixareu, 510 pp.

BLOC B: CARACTERITZACIÓ HIDROLÒGICA

CARACTERITZACIÓ DEL FLUX HIDROLÒGIC A LA PLANA LITORAL DEL BAIX TER

HIDROGEOLOGIA DEL MASSÍS DEL MONTGRÍ

Prefaci

El coneixement del funcionament hidrològic de les plana empordanesa en relació a les zones humides litorals és una qüestió bàsica per a la gestió i conservació d'aquests espais. Cal observar, en aquest sentit, que les prioritats de la gestió d'aquests àmbits en el cas de l'Empordà s'han concentrat quasi sempre en uns determinats vectors naturals no hidrològics. Descomptant honroses excepcions, el coneixement del funcionament i el balanç hidrològic d'aquestes zones humides ha suscitat poc interès i, fins no fa massa, la seva determinació ha tingut poc pes en la majoria de les decisions sobre la gestió d'aquestes zones.

En el Baix Ter, els treballs realitzats per la Càtedra d'Ecosistemes Litorals Mediterranis dins el projecte LIFE 1999-2003, de "*Restauració i Ordenació de les llacunes i sistemes costaners del Baix Ter*", van suposar un notable canvi de posició sobre l'anterior qüestió. En aquest cas, a més dels aspectes ecològics, es van introduir diversos estudis sobre el funcionament hidrològic de les llacunes, de les zones maresmals i dels recs de la zona del Baix Ter, consolidant, d'aquesta manera, i en aquesta zona, la lògica interdependència entre ambdues disciplines, l'ecològica i la hidrològica.

L'any 2008, la DIRECCIÓ GENERAL DEL MEDI NATURAL, a través de l'ÀREA DE MEDI NATURAL DELS SERVEIS TERRITORIALS a Girona, va impulsar la realització de l'estudi titulat: "*Caracterització del flux hidrològic en l'àmbit del futur Parc Natural del Montgrí, Medes i Baix Ter*", amb l'objectiu de definir criteris de gestió hidrològica coherents amb la conservació dels sistemes ecològics litorals i amb l'ús i la disponibilitat dels recursos hídrics de la zona.

La primera de les contribucions que es presenta en aquest segon capítol del volum és una versió adaptada del treball impulsat per la DIRECCIÓ GENERAL DEL MEDI NATURAL. Bona part del document es va recolzar també en informació generada per l'AGÈNCIA CATALANA DE L'AIGUA l'any 2008, en motiu dels treballs de "*Caracterització dels aqüífers de la Massa 33, Fluviodeltaic del Baix Ter*". Des d'aquest prefaci, volem expressar el més sentit agraïment als dos organismes per facilitar l'ús dels documents originals i permetre'ns la seva adaptació i publicació en aquest volum.

El bloc de CARACTERITZACIÓ HIDROLÒGICA es complementa amb una segona contribució que tracta del funcionament hidrogeològic del massís del Montgrí. En aquesta proposta s'emprèn la relectura i interpretació d'unes dades hidrogeològiques antigues, dels anys 1.964-72, procedents de diversos treballs (sondatges) de l'antic SERVICIO GEOLÓGICO DE OBRAS PÚBLICAS sobre el massís del Montgrí; realitzats en aquella època amb l'objectiu d'explorar els recursos subterranis del massís per al proveïment de l'Escala.

Malgrat la vellúria de la informació de partida, la contribució ofereix un cert interès només pel fet que, des d'aquella època, no s'han realitzat estudis específics (coneguts) sobre la hidrogeologia del massís. D'altra banda, a pesar que el contingut de la contribució no segueix els cànons argumentals d'un treball acadèmic en el sentit estricte, s'ha considerat interessant la seva publicació pel fet que són dades o informacions inèdites. Amb la relectura i la reinterpretació dels supòsits i resultats d'aquells treballs antics es pretén donar al lector interessat una visió complementària de les característiques naturals del massís.

CARACTERITZACIÓ

DEL FLUX HIDROLÒGIC A LA PLANA LITORAL DEL BAIX TER

Montaner J., Pons P., López J.

Geoservei, Projectes i Gestió Ambiental, S.L.

Índex

Introducció, objectius i plantejament 59

1. INTRODUCCIÓ 59

2. OBJECTIU 59

3. PLANTEJAMENT 59

Caracterització hidrològica 62

4. ELEMENTS HIDROLÒGICS NATURALS 62

4.1. Cursos fluvials i torrents 62
4.1.1. Rius Ter i Daró
4.1.2. Rieres i torrents

4.2. Maresmes litorals 66
4.3. Llacunes litorals 68
4.4. Estanys interiors 74
4.5. Àrees palustres 76
4.6. Sistema lacustre antic de Pals / Palau-Sator 76
4.7. Domini estuari del riu Ter 77
4.8. Estanyols de Pals 78

5. ELEMENTS HIDROLÒGICS ANTRÒPICS 79

5.1. Eixos de reg i drenatge 80
5.1.1. Recs principals
5.1.2. Recs secundaris
5.1.3. Sèquies de drenatge
5.1.4. Recs entubats
5.1.5. Branques de distribució i drenatge

5.2. Infraestructures hidràuliques associades 88
5.3. Sistemes de sanejament, EDARs i reutilització 89
5.4. Sistemes de control i aforament de les aigües superficials 90
5.5. Sistemes de control de les aigües subterrànies 92

6. DELIMITACIÓ I DESCRIPCIÓ D'ÀMBITS HIDROLÒGICS 94

6.1. Criteris de delimitació d'àmbits hidrològics *94*

6.2. Descripció i delimitació dels àmbits hidrològics *96*
6.2.1. Àmbit del Ter Vell
6.2.1.1. Subàmbit de drenatge dels torrents del Montgrí (sector Torroella)
6.2.1.2. Subàmbit de regadiu del rec del Ter Vell i rec soterrat de Mas Duran
6.2.1.3. Subàmbit de drenatge dels torrents de Rocamaura
6.2.2. Àmbit de la Pletera i bassa de fra Ramon
6.2.3. Àmbit estuarí de la gola del Ter
6.2.4. Àmbit del rec Madral
6.2.4.1. Subàmbit de regadiu del rec soterrat de Mas Duran
6.2.4.2. Subàmbit de drenatge del torrent de Santa Caterina
6.2.5. Àmbit de Sobrestany
6.2.5.1. Subàmbit de regadiu del rec de Sentmenat i rec de La Branca
6.2.5.2. Subàmbit de regadiu i drenatge de la sèquia Cinyana
6.2.5.3. Subàmbit de drenatge del torrent de la Coma Llobera
6.2.6. Àmbit de les basses d'en Coll – la Fonollera
6.2.6.1. Subàmbit de la Fonollera – el Joncar
6.2.6.2. Subàmbit de les basses d'en Coll i de l'Anser
6.2.6.2.1. Sector del rec del Molí de Pals
6.2.6.2.2. Sector de drenatge de les muntanyes de Begur
6.2.6.2.3. Sector de drenatge de la riera de Peratallada
6.2.7. Àmbit dels estanys de Pals i Boada
6.2.7.1. Subàmbit de l'estany de Boada
6.2.7.2. Subàmbit de l'estany de Pals
6.2.8. Àmbit dels estanyols de Pals

7. CARACTERITZACIÓ HIDROGEOLÒGICA *110*

7.1. Introducció *110*

7.2. Context geològic *110*
7.2.1. Unitats de substrat
7.2.2. Unitats de plana al·luvial

7.3. Geometria basal de la plana litoral del Baix Ter *113*

7.4. Els aqüífers litorals de la plana del Baix Ter *115*
7.4.1. Unitat T2k1k2
7.4.2. Unitat T2k0
7.4.3. Unitat T1k1k2
7.4.4. Unitat T1k0
7.4.5. Unitat PROG

7.5. Tipologia hidràulica i delimitació dels aqüífers del Baix Ter *120*

7.6. Caracterització hidrogeològica de l'aqüífer lliure superficial *122*
7.6.1. Geometria i permeabilitat de l'aqüífer superficial a la zona litoral
7.6.2. Us de l'aqüífer superficial a la zona litoral
7.6.3. Hidrodinàmica subterrània
7.6.3.1. Piezometria de l'aqüífer superficial
7.6.3.2. Evolució piezomètrica de l'aqüífer lliure superficial
7.6.3.3. Piezometria de l'aqüífer semiconfinat
7.6.4. Salinitat en l'aqüífer superficial
7.6.5. Nitrats a l'aqüífer superficial

Dinàmica hidrològica *136*

8. INTRODUCCIÓ *136*

9. FUNCIONAMENT DELS COMPONENTS DE LA DINÀMICA HIDROLÒGICA *136*

9.1. Aigües superficials *136*
9.1.1. Aportacions i descàrrega del riu Ter a la zona litoral
9.1.1.1. Dades bàsiques
9.1.1.2. Dinàmica del riu
9.1.1.2.1. Comportament de la falca salina fluvial
9.1.1.2.2. Relacions riu/aqüífer en el tram fluvial litoral en règim de cabals regulars
9.1.1.2.3. Relacions riu/aqüífer en el tram fluvial litoral en règim de cabals extraordinaris
9.1.1.3. Conclusions sobre el funcionament hidrològic del riu
9.1.2. Aportacions i descàrrega del rec del Ter Vell
9.1.3. Aportacions del rec del Molí de Pals
9.1.4. Aportacions de la riera Grossa de Pals i rec d'es Coll
9.1.5. Aportacions dels recs del sector sud de les basses d'en Coll
9.1.6. Descàrrega de les basses d'en Coll
9.1.7. Aportacions i descàrrega del rec de Sentmenat o Molí de Bellcaire
9.1.8. Aportacions i descàrrega de la sèquia Cinyana

9.2. Variacions del nivell del mar *149*

9.3. Aigües subterrànies *152*
9.3.1. Extraccions
9.3.2. Requeriments hídrics agrícoles
9.3.3. Recàrrega neta
9.3.4. Capacitat d'emmagatzematge i volum d'aigua emmagatzemat
9.3.5. Recursos renovables
9.3.6. Balanç hídric de l'aqüífer litoral superficial del Baix Ter
9.3.6.1. Comparació entre recursos renovables i recàrrega neta
9.3.6.2. Comparació entre recursos renovables i extraccions
9.3.6.3. Tancament del balanç hídric

Pressions, vulnerabilitat i risc 162

10. INTRODUCCIÓ 162

11. PRESSIONS, VULNERABILITAT I RISC 162

11.1. Pressions 162
11.1.1. Caracterització de les pressions i de la incidència sobre el medi hidrogeològic

11.2. Vulnerabilitat 164
11.2.1. Paràmetres condicionants de la vulnerabilitat

11.3. Riscos 166
11.3.1 Anàlisi i distribució del risc hidrogeològic a la plana litoral del Baix Ter

Diagnosi i línies bàsiques de la gestió hidrològica 168

12. PROPÒSIT 168

13. DIAGNOSI SOBRE LA DINÀMICA HIDROLÒGICA LITORAL DEL BAIX TER 168

13.1. Dinàmica del riu Ter 168
13.1.1. Sobre el cabal circulant i les funcions del riu a la zona litoral
13.1.2. Sobre la incidència del riu en el balanç hidrogeològic litoral
13.1.3. Sobre el coneixement de les relacions riu/aqüífer i de la falca estuarina litoral
13.1.4. Sobre la dinàmica del riu en règim de cabals extraordinaris

13.2. Dinàmica dels recs 171
13.2.1. Sobre el rec del Moli de Pals
13.2.2. Sobre el rec del Ter Vell
13.2.3. Sobre el rec de Sentmenat

13.3. Dinàmica de l'aqüífer superficial 174
13.3.1. Sobre la dinàmica hidrogeològica del sector Nord
13.3.2. Sobre la dinàmica hidrogeològica del marge esquerra del riu Ter
13.3.3. Sobre la dinàmica hidrogeològica del marge dret del riu Ter

14. LÍNIES DE BASE PER A LA GESTIÓ D'ACTUACIONS HIDROLÒGIQUES 176

BIBLIOGRAFIA 179

1. INTRODUCCIÓ

L'estudi de l'aigua, de la seva dinàmica i de la seva qualitat és una part del coneixement que es necessita per a explicar els eixos i els condicionants bàsics de l'existència, l'evolució i la conservació de la funcionalitat ecològica de les zones humides de les planes litorals i els ecosistemes associats.

Aquest ha volgut ser el principi de referència del treball que aquí presentem, l'orientació del qual va ser la de descriure el funcionament general de l'aigua en el sector litoral de la plana del Baix Ter.

La present contribució és una versió adaptada d'un informe tècnic finançat pel SERVEI DE PLANIFICACIÓ I GESTIÓ DE L'ENTORN NATURAL de la DIRECCIÓ GENERAL DEL MEDI NATURAL, a partir de la iniciativa de l'ÀREA DE MEDI NATURAL dels SERVEIS TERRITORIALS a Girona del DEPARTAMENT DE MEDI AMBIENT I HABITATGE, que des del territori va desplegar les funcions d'orientació i coordinació d'aquest estudi. Bona part del document inclou també dades i resultats d'informes precedents la realització dels quals va ser finançada per l'AGÈNCIA CATALANA DE L'AIGUA amb motiu de la caracterització dels aqüífers de la zona.

2. OBJECTIU

El propòsit dels treballs efectuats va consistir a recollir i ordenar els coneixements existents i aportar-ne de nous en relació a la dinàmica hidrològica del Baix Ter, entesa des d'un sentit ampli en alguns casos i detallat en d'altres. La finalitat última va ser la d'explorar i descriure els elements clau que participen, condicionen i regulen les relacions de recàrrega i drenatge de l'aigua per part dels diferents elements del sistema hidrològic litoral del Baix Ter. De forma particular, l'anàlisi es va centrar en diversos elements hidrològics singulars que recentment han estat inclosos en la delimitació ja aprovada del Parc Natural del Montgrí, les Medes i el Baix Ter *(FIG. 1)*.

La definició dels elements hidrològics i del seu funcionament té per expectativa ser un recurs de consulta en l'establiment de pautes i criteris de gestió de les zones humides del Baix Ter, i en particular, del futur Parc. Des d'aquesta motivació, l'aportació del treball que a continuació intentarem resumir pretén dibuixar un marc general de reflexió sobre els condicionants hidrològics i les conseqüents mesures d'actuació i control a desplegar, bé de forma imminent o en forma de directrius conceptuals de més llarg recorregut.

3. PLANTEJAMENT

L'estructura de la descripció hidrològica es presenta segons un guió temàtic la forma resumida del qual s'indica a continuació:

Caracterització hidrològica
On s'efectua una lleugera descripció dels elements hidrològics superficials existents a la zona, diferenciant els naturals dels antròpics. Es presenta també informació descriptiva dels elements que intervenen en la hidrologia subterrània o hidrogeologia, emfatitzant les característiques piezomètriques i hidroquímiques que determinen l'estat actual dels aqüífers litorals.

Dinàmica hidrològica

Es descriu el funcionament de la dinàmica hidrològica dels elements i àmbits ecològicament més rellevants, incidint tant en la línia de les relacions hídriques superficials com subterrànies. Es complementa aquesta descripció amb una anàlisi sobre la capacitat d'emmagatzematge i l'avaluació dels recursos potencials de la zona litoral, així com de les seves extraccions, amb la finalitat d'aproximar una quantificació provisional del balanç hídric de l'aqüífer superficial.

Pressions, vulnerabilitat i risc

S'efectua una anàlisi de la potencial incidència dels diversos usos i activitats de la zona sobre l'aqüífer, i també una caracterització de la vulnerabilitat intrínseca del sistema hídric. La combinació d'ambdós paràmetres d'anàlisi dóna lloc a una cartografia genèrica de zonació de les àrees que poden estar sotmeses a un major o menor risc d'afecció hídrica, tant des de l'aspecte quantitatiu com qualitatiu, aspectes que, en combinació amb l'estudi de la dinàmica, pot ser d'interès a l'hora de gestionar l'àmbit litoral.

Diagnosi i línies bàsiques per a la gestió hidrològica

El conjunt es tanca amb reflexió i diagnosi sobre el funcionament hidrològic litoral, intentant particularitzar el cas de determinats àmbits específics d'especial interès. S'anoten algunes idees i línies bàsiques de gestió resultants del procés de caracterització i interpretació realitzada, així com determinades mesures d'actuació destinades a ordenar i precisar millor l'actual comportament dels diversos components del flux, i a incidir en la preservació dels elements singulars de la zona.

Imatge 1. *Encara que el que coneixem com a plana litoral del Baix Ter comprèn el sector situat entre la platja de Pals i l'Estartit, la caracterització hidrològica de la present contribució s'ha estès també a tot el sector del corredor d'Albons fins a la platja d'Empúries. Ja des del passat més remot, aquells paratges continuen essent el domini hidrològic i hidrogeològic del riu Ter. (Foto: R. Fortià).*

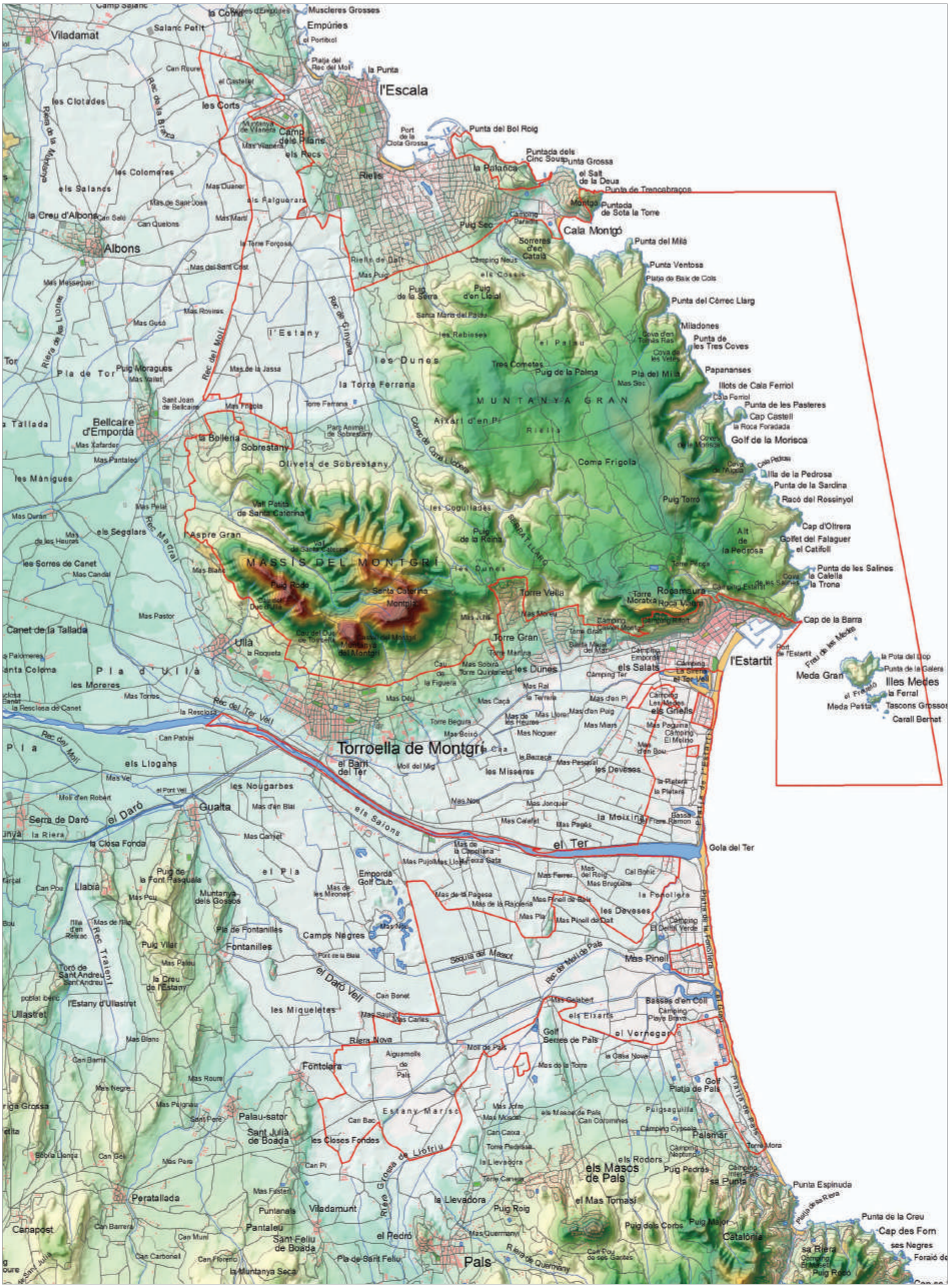


FIG. 1. La plana litoral del Baix Ter és l'àmbit de referència d'aquesta contribució. El mapa mostra la geografia, la hidrologia i la toponímia del lloc. Amb línia vermella s'indica el límit del Parc Natural del Montgrí, les Medes i el Baix Ter. La base cartogràfica utilitzada per a l'elaboració d'aquesta i de la majoria de les figures del volum té el copyright *de l'Institut Cartogràfic de Catalunya.*

Caracterització hidrològica

4. ELEMENTS HIDROLÒGICS NATURALS

Els elements hidrològics naturals que reconeixem a la plana litoral del Baix Ter poden ser ordenats segons diverses categories i segons la proposta que segueix a continuació:

4.1. Cursos fluvials i torrents

Una part de les aportacions d'aigua a les zones humides litorals del Baix Ter provenen del drenatge superficial del riu, de les rieres i els torrents que solquen la plana o els seus relleus adjacents, i que es troben tant aigües amunt de la desembocadura del riu com en la proximitat litoral. En general, són cursos hídrics naturals que deriven part de les seves aigües a través d'una xarxa de recs, sèquies i canals de drenatge, de formació antròpica ancestral, que acaben conformant l'estructura hídrica local de la zona.

4.1.1. Rius Ter i Daró

Els rius Ter i Daró constitueixen els eixos fluvials principals, o de màxima aportació d'aigua continental a la zona litoral. La consulta de les dades diàries de cabal del riu Ter, mesurades a l'alçada del pont de Torroella per part de l'Agència Catalana de l'Aigua dins el període 2003-2007, que és el període de referència de la present contribució, ens indica que: (a) el cabal del riu és superior als 3 m^3/sg durant un 66% dels dies del període analitzat; i (b), el volum mitjà anual de les seves aportacions en aquest punt és d'uns 398 hm^3/any *(Taula 1)*.

Quan aquesta anàlisi s'efectua classificant les dades entre períodes de cabal regular i períodes de cabal extraordinari -categories la determinació de les quals s'ha establert segons un llindar situat en els 7 m^3/sg-, resulta que:

(a) el règim de cabals regulars o base (≤7 m^3/sg) es manifesta el 64% dels dies del període analitzat. Durant aquests dies, el cabal mitjà del riu és de 3,10 m^3/s *(Gràfica 1)*. Els valors inclouen des de màxims de 6,96 m^3/s a valors mínims de 0,27 m^3/sg. El volum mitjà de les aportacions anuals en règim regular és de 253 hm^3/any *(Taula 1)*; i

(b) les aportacions extraordinàries es manifesten el 36,5% dels dies del període analitzat. Les dades registren valors de cabal punta de 230 m^3/s, coincidint amb importants episodis pluviomètrics i fortes crescudes del riu; tanmateix, és molt segur que s'hagin produït puntes d'avinguda amb valors molt superiors, però que no han quedat registrats.

Termes	Q (m^3/s)	Q base (m^3/s)	Q extraordinari (m^3/s)
MITJANA	12,60	3,10	29,10
MÀXIM	230	6,96	230
MÍNIM	0,27	0,27	7,01
TEMPS (%)	100	63,57	36,43
Termes	**Volum (hm^3/dia)**	**Volum base (hm^3/dia)**	**Volum extraordinari (hm^3/dia)**
MITJANA	1,09	0,27	2,51
MÀXIM	19,95	0,60	19,95
MÍNIM	0,024	0,024	0,61
TEMPS (%)	100	64	36
VOLUM MITJÀ ANUAL (hm^3/any)	**397,35**	252,97	144,75

Taula 1. *Síntesi dels valors de cabal circulant pel riu Ter en el pont de Torroella de Montgrí (període 2003-2007) i valors de les aportacions mitjanes anuals en volum (hm^3/any).*

Any hidrològic tipus (2003-07)	ANY HUMIT (10/2003 a 09/2004)			ANY SEC (10/2006 a 09/2007)		
Termes	**Q (m^3/s)**	**Q_base (m^3/s)**	**Q_ extraordinari (m^3/s)**	**Q (m^3/s)**	**Q_base (m^3/s)**	**Q_ extraordinari (m^3/s)**
MITJANA	29,54	5,40	32,58	4,32	3,10	13,18
MÀXIM	230	6,96	230	55	6,87	55
MÍNIM	3,30	3,30	7,01	1,15	1,15	7,07
TEMPS(%)	100	11	89	100	88	12
Termes	**Volum (m^3/dia)**	**Volum base (m^3/dia)**	**Volum extraordinari (m^3/dia)**	**Volum (m^3/dia)**	**Volum base (m^3/dia)**	**Volum extraordinari (m^3/dia)**
MITJANA	2,55	0,47	0,28	0,37	0,27	1,14
MÀXIM	19,95	0,60	19,95	4,73	0,59	4,73
MÍNIM	0,29	0,29	0,61	0,10	0,10	0,61
TEMPS(%)	100	11	89	100	88	12
VOLUM MITJÀ ANUAL (hm^3/any)	**934,04**	19,13	914,91	**136,18**	87,21	48,97

Taula 2. *Síntesi dels valors de cabal circulant pel riu Ter en el pont de Torroella de Montgrí i del volum de les aportacions mitjanes anuals (hm^3/any). Escenaris corresponents a un any humit i a un any sec dins el període 2003-2007.*

Termes	Q (m^3/s)	Q_base (m^3/s)	Q_extraordinari (m^3/s)
MITJANA	1,15	0,11	3,82
MÀXIM	121	0,50	121
MÍNIM	0	0	0,51
TEMPS (%)	100	72	28
Termes	**Volum (hm^3/dia)**	**Volum base (hm^3/dia)**	**Volum extraordinari (hm^3/dia)**
MITJANA	0,099	0,0067	0,33
MÀXIM	10,52	0,043	10,52
MÍNIM	0	0	0,044
TEMPS (%)	100	72	28
VOLUM MITJÀ ANUAL (hm^3/any)	**36,42**	2,42	34,00

Taula 3. *Síntesi de valors del cabal circulant pel riu Daró en el pont de Serra de Daró (període 2002-2007) i volum de les aportacions mitjanes anuals (Hm^3/any).*

El volum mitjà de les aportacions en règim extraordinari és de 145 hm^3/any, amb valors diaris que van des d'un mínim de 0,6 hm^3/dia fins a un màxim de 20 hm^3/dia.

Quan s'efectua l'anàlisi de cabals diferenciant les dades d'un any hidrològic sec i d'un any humit, els resultats reflecteixen els següents valors *(Taula 2)*:

(a) en un **any hidrològic humit**, per exemple el del període d'octubre 2003 a setembre 2004 *(Gràfica 1)*, el règim regular es va manifestar durant l'11,20% dels dies de l'any, amb un cabal mitjà al seu pas pel pont de Torroella de 5,40 m^3/sg. Durant la resta de l'any (el 88,8% restant), els cabals que van circular pel Ter sempre van ser superiors a 7 m^3/sg, presentant un valor mitjà de 32,6 m^3/sg i un interval mínim/màxim des de 7 m^3/sg a 230 m^3/sg. Les aportacions del riu en un any humit poden assolir els 934 hm^3/any, amb volums màxims diaris de fins a 20 hm^3/dia *(Taula 2)*.

(b) en un **any hidrològic sec**, per exemple el del període d'octubre 2006 a setembre 2007 *(Gràfica 1)*, el règim de cabals regulars del riu Ter al seu pas pel pont de Torroella es va manifestar el 88% dels dies, amb un cabal mitjà de 3,10 m^3/sg. La resta de l'any (el 12% restant) el règim de cabals va presentar un valor mitjà de 13,18 m^3/sg i un interval mínim/màxim des de 7,07 a 55 m^3/sg. Les aportacions anuals del riu durant un any sec tipus presenten un volum de 136 hm^3/any, amb una mitjana d'aportacions mínimes diàries de 0,10 hm^3/dia *(Taula 2)*.

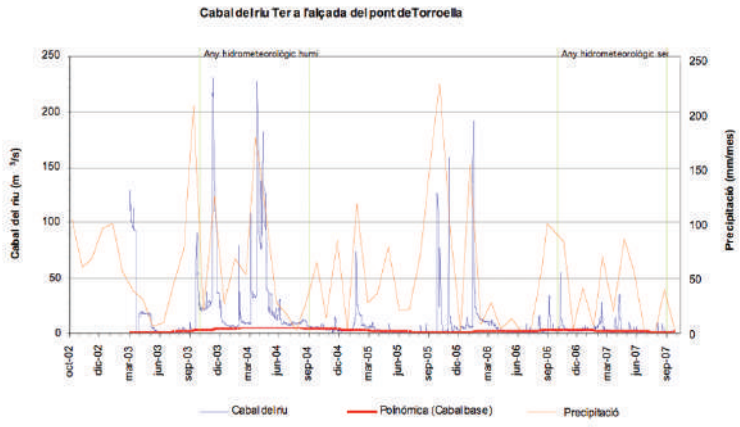
Des d'un punt de vista geomorfològic, el Ter presenta un recorregut total de 200 km i una conca hidrogràfica superior als 3.000 km^2. En el tram final del seu curs baix, on recorre uns 21 km entre Colomers i la gola del Ter, el pendent del perfil fluvial és inferior a l'1%, pràcticament planer; i només presenta un lleuger ressalt morfològic en els llocs de les rescloses de Canet de la Tallada i d'Ullà.

L'emmotament recent de la llera del Ter i el Daró ha condicionat que la sinuositat del seu traçat sigui ara molt baixa, i es pugui considerar com a curs rectilini. L'històric caràcter meandriforme *(FIG. 3)* es troba actualment restringit per dues grans motes laterals que contenen les crescudes del riu, de manera que els episodis regulars

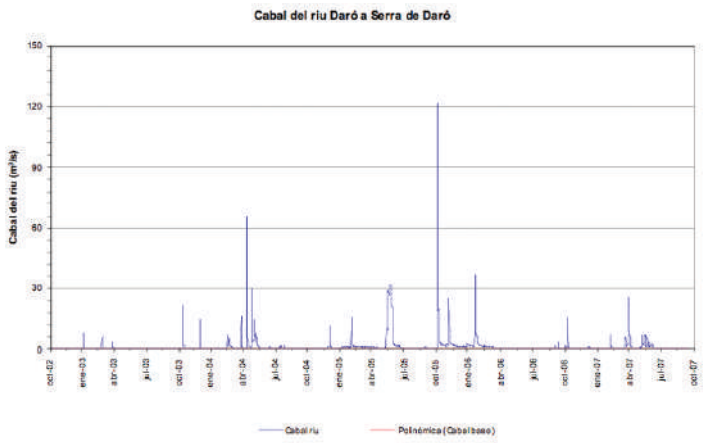
de desbordament i d'inundació responsables del terraplenament recent de la plana han quedats reservats només a escenaris meteorològics extrems.

El **Daró** presenta una conca hidrogràfica de més de 320 km^2 que drena el vessant septentrional i central del massís de les Gavarres, a més dels relleus de les Pregavarres, al llarg d'un transsecte de 35 km des del puig de les Conteses i el puig d'Arques, passant per la Bisbal d'Empordà i fins a la població de Gualta. En aquest punt, el Daró connecta amb el riu Ter a través del canal del Daró Nou, mentre que històricament el seu curs hauria resseguit una traça semblant del que avui es coneix com a rec del Molí de Pals o Daró Vell, o fins i tot, en algun moment, la traça del Massot, desembocant al mar en el lloc que actualment ocupen les basses d'en Coll.

El Daró és un riu amb un caràcter marcadament estacional *(Gràfica 2)*. El seu cabal circulant és molt irregular i resta sec durant gran part de l'any. Les dades consultades indiquen que la mitjana anual del cabal circulant en el pont de Serra de Daró és d' 1,15 m^3/sg. El règim de cabals regulars -establert en aquest cas per un llindar de 0,5 m^3/sg- es manifesta un 72% dels dies del període analitzat, en el qual el cabal mitjà circulant només és de 0,11 m^3/sg. La circulació de cabals majors es produeix un 28% dels dies, i presenta una mitjana de cabal de 3,82 m^3/sg, amb un interval mínim/màxim des de 0,51 m^3/sg a 121 m^3/sg *(Taula 3)*.



Gràfica 1. *Distribució anual dels cabals circulants pel riu Ter en el pont de Torroella de Montgrí (període 2003-2007).*



Gràfica 2. *Distribució anual de cabals circulants pel riu Daró en el pont de Serra de Daró (període 2002-2007).*

Les aportacions anuals dins el període estudiat són de **36,42 hm^3/any**, amb anys secs que només aporten 1,8 hm^3/any, i anys humits que poden aportar volums de 60 hm^3/any. En episodis d'avinguda, és interessant remarcar que poden produir-se aportacions diàries de més de 10 hm^3/dia, coincidint amb episodis locals de fortes pluges.

4.1.2. Rieres i torrents

A la zona s'observen també diversos cursos hídrics naturals independents del curs del Ter i del Daró. Es tracta d'un conjunt de rieres i torrents que drenen els relleus de les Gavarres, el massís de Begur o el massís del Montgrí, i que directament o indirecta acaben aportant flux d'aigua a l'àmbit litoral.

Imatge 1. *El Ter al pas pel pont de Torroella de Montgrí. Aquest és el darrer punt de mesura on es registra el cabal circulant pel riu, abans de la seva arribada al mar. (Foto: T. León).*

Un d'aquests casos és el de la riera de Peratallada, que drena el massís de les Gavarres des de Sant Climent i Santa Susanna de Peralta fins a Peratallada i Palau-Sator. En aquest punt el seu curs queda canalitzat, primer dins la riera Nova i després dins el rec del Molí de Pals, per acabar finalment a les basses d'en Coll. Els principals afluents de la riera de Peratallada són la riera d'en Torró, la riera d'en Serra i la riera de Revetlla.

Un altre cas remarcable és la riera Grossa de Pals que drena el massís de les Gavarres i el massís de Begur en l'àmbit comprès entre Torrent, Llofriu, Esclanyà, Regencós i el sud de Pals. Des d'aquí, les aigües circulen fins a les basses d'en Coll a través del rec d'en Coll. Els principals afluents de la riera Grossa de Pals són la riera de Bonida, la riera d'Esclanyà i la riera de Queramany.

En general, aquestes rieres presenten cabals circulants molt irregulars i solen quedar eixutes durant bona part de l'estiu segons una dinàmica marcadament estacional, pròpia del seu caràcter mediterrani. En època d'estiatge, la major o menor persistència de cabals circulants per aquestes rieres depèn de si les pluges primaverals han sigut prou abundants.

En el massís del Montgrí es localitzen també diversos torrents que drenen les seves aigües al rec del Ter Vell o vers l'àrea de Sobrestany. En general, són torrents o còrrecs que només porten aigua en temps de pluges fortes i persistents, i que queden novament eixuts poc dies després d'aquestes pluges. La traça que ressegueixen sovint desapareix a les cotes més baixes, al bell mig dels camps de conreus, on s'escampa de manera difusa i irregular. Altres torrents s'han conduït de forma artificial i les seves aigües es recullen a través de diversos recs i sèquies. Els torrents del massís del Montgrí que presenten major entitat són el còrrec de Coma Llobera i el torrent de

Santa Caterina. El primer és l'eix principal d'una petita subconca formada per diverses torrenteres que solquen el vessant septentrional del massís del Montgrí i que acaben drenant les seves aigües fins a l'àmbit de l'antic estany de Bellcaire. El de Santa Caterina drena el vessant occidental del massís del Montgrí vers el rec Madral.

4.2. Maresmes litorals

Les maresmes litorals del Baix Ter es troben situades a la franja costanera, just darrere les platges i les dunes de l'Estartit, la Pletera, la Fonollera i Pals. La seva formació s'estableix amb motiu de la coalescència de processos derivats de les dinàmiques fluviodeltaica i litoral; processos que han anat jugant a cavall del temps en una doble direcció. D'una banda, afavorint la creació de noves zones humides a partir de la inundació d'àrees morfològicament deprimides, i de l'altra, contribuint al terraplenament d'àrees maresmals litorals i palustres interiors, ja existents, a mesura que el sistema fluviodeltaic anava avançant o progradant en direcció el mar *(vegeu El riu Ter, vint mil·lennis de dinàmica fluvial, Figura 4).*

L'emmotament dels rius i l'antropització recents del litoral han deixat en letargia tots aquests processos, de manera que les actuals maresmes litorals han quedat progressivament reduïdes a una estreta franja costanera. Avui dia, el restabliment cíclic de la làmina d'aigua es produeix bàsicament com a conseqüència de períodes prolongats de pluja, les aportacions d'excedents de reg i les crescudes del riu, ja que cada un d'aquests casos comporta també l'ascens del freàtic, així com per aportacions d'aigua salina provinent dels temporals de llevant.

Els terrenys on s'ubiquen les maresmes litorals són planers però lleugerament enclotats, i presenten cotes altimètriques baixes, fins i tot per sota del nivell del mar, fet que facilita la recurrent inundació i la formació de zones temporalment negades. Les maresmes son ambients propicis a l'aiguabarreig d'aigües dolces i salines, i la seva singularitat ecològica radica tant en aquest fet com en l'alternança cíclica d'episodis d'inundació i dessecació. També és important la seva ubicació en relació a les principals llacunes o basses litorals ja que, en general, aquestes llacunes es troben acotxades per l'àmbit maresmal formant un conjunt lacunar-maresmal hidrològicament continu i d'alt valor ecològic.

Imatge 2. *La riera Grossa de Pals a prop de l'estany de Pals. Presenta una dinàmica pulsional amb episodis locals d'elevada i prolongada precipitació en què la secció de la riera pot anar plena de cap a cap. La resta de l'any la riera queda eixuta o amb poca aigua, de manera que normalment s'utilitza com un camí més (Foto: R. Fortià).*

Les particularitats de l'àmbit maresmal del Baix Ter permet classificar-lo en diverses categories a propòsit del seu estat de conservació i funcionalitat: *(FIG. 2)*:

(a) Maresmes litorals actives:

Es troben situades en àrees que actualment poden quedar inundades, bé de forma ocasional o recurrent. Les trobem al voltant de la llacuna del Ter Vell, de la bassa de Fra Ramon, de les basses de la Fonollera i el Joncar i de les basses d'en Coll.

(b) Maresmes litorals relictes o degradades:

Antigament havien sigut actives però avui, sia per causes naturals o per actuacions antròpiques, rarament es troben sotmeses a períodes d'inundació o d'entrades de mar. Són àrees que han rebut fortes modificacions, des de l'activitat agrícola al creixement urbà, de manera que amb el temps han disminuït notablement la freqüència de la seva inundació natural. Seguint el litoral de nord a sud podem reconèixer maresmes relictes a l'actual àrea urbana de l'Estartit que es troba situada al nord de la llacuna del Ter Vell, a l'àrea urbanitzada dels Griells i en els terrenys agrícoles situats al nord de la Pletera, a l'àrea urbanitzada de mas Pinell, que es troba situada entre les closes de la Fonollera i les basses d'en Coll, i finalment, en petites zones disperses prop dels límits del golf Platja de Pals i de la urbanització Pals Mar.

(c) Maresmes litorals regenerades:

Són antigues maresmes fortament antropitzades però que recentment han estat recuperades a partir del suport, entre d'altres, de programes europeus de finançament per a la conservació mediambiental (LIFE). Un dels casos més coneguts és la zona de la maresma regenerada de la Pletera (QUINTANA et al, 2000), que ocupa una superfície de 15 ha en el marge esquerre de la gola del Ter, entre la platja de l'Estartit i els camps de conreu de les Deveses.

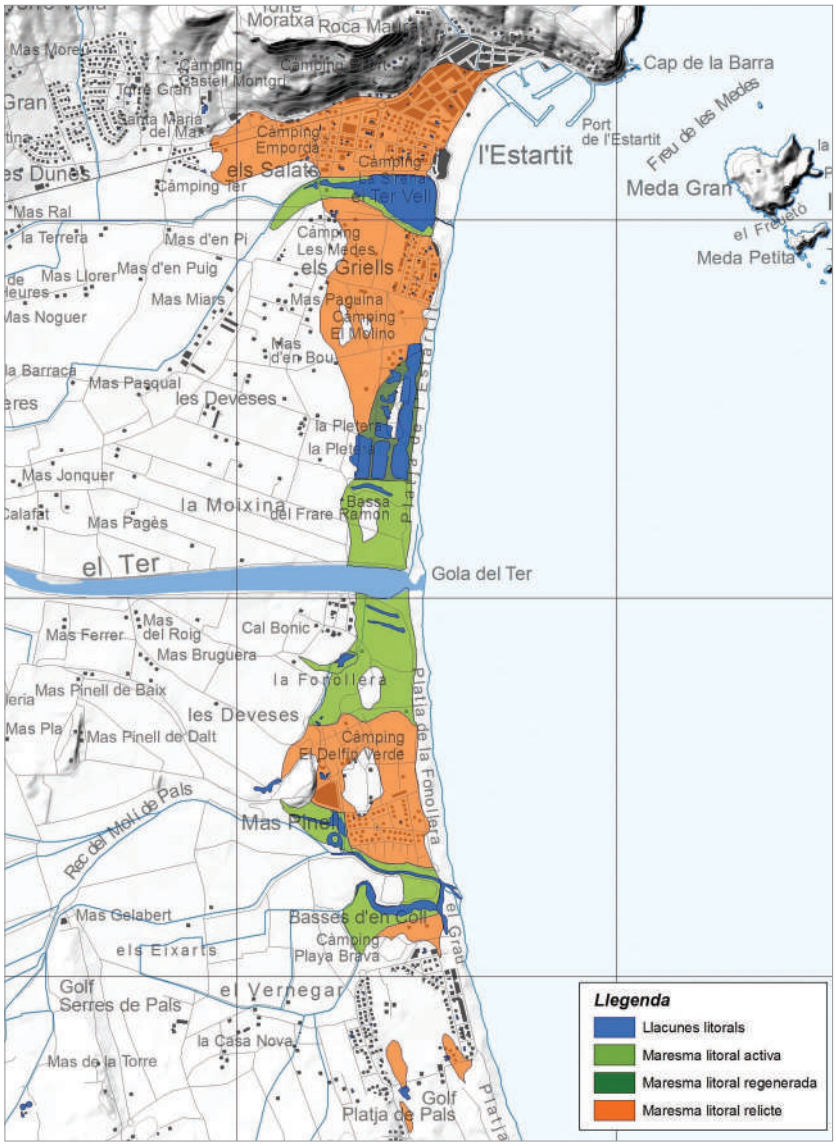


FIG. 2. Tipologia i distribució de les àrees maresmals en el sector litoral de la plana al·luvial del Baix Ter.

4.3. Llacunes litorals

Imatge 3. *En el litoral de la Pletera la gola urbanística ha deixat un llarg camí a desfer. Després d'un mes de pluges insistents (febrer 2006) l'aigua intenta recuperar allò seu, però encara hi ha molts llocs malmenats on li costarà poder-hi retornar (Foto: Bon Vent de l'Empordà).*

En general s'ha observat que la ubicació de les actuals llacunes litorals del Baix Ter coincideix geogràficament amb les àrees de desembocadura de diverses lleres o braços fluvials antics del Ter i el Daró.

Va ser durant un determinat període d'evolució de la plana, en què va dominar la progradació del sistema fluvial cap al litoral, quan aquestes lleres antigues es van anar creant, dispersant i terraplenant alternadament, seguint orientacions diverses fins a guanyar terreny al mar *(FIG. 3)*. En els estadis evolutius que van seguir a continuació, i que van estar dominats per l'encaixament de l'eix fluvial principal i la consolidació definitiva de la plana al·luvial actual, aquells antics braços fluvials van quedar progressivament desconnectats de la dinàmica fluvial més recent *(MONTANER i SOLÀ, 2004)* i mimetitzats, finalment, en la pròpia morfologia de la plana *(vegeu El riu Ter, vint mil·lennis de dinàmica fluvial, FIG. 4, núms. 5 i 6)*.

Pel que fa a l'aspecte hidrològic, l'aigua que avui dia arriba a les llacunes litorals prové fonamentalment de les aportacions: (a) d'aigües subterrànies, (b) d'entrades de mar, coincidint amb llevantades, (c) dels recs i sèquies que canalitzen les aigües per al reg agrícola i (d) de diversos torrents naturals que col·lecten l'escolament pluvial fins a la plana litoral.

Les llacunes en què l'entrada d'aigua s'efectua a través d'un o més recs solen presentar una làmina d'aigua més o menys permanent (Ter Vell, basses d'en Coll), mentre que les zones enclotades o closes desconnectades de la xarxa hídrica, únicament queden cobertes d'aigua coincidint amb períodes de precipitació intensa o per entrades de mar; en aquest cas les identifiquem com a basses temporànies de caràcter o règim estacional (la Fonollera, el Joncar).

De nord a sud, el litoral del Baix Ter permet l'inventari de les llacunes o basses que s'indiquen a continuació *(FIG. 4)*:

Llacuna del Ter Vell:
Correspon a una antiga desembocadura del riu abans que, a la primera meitat del segle XIX, fos desviat fins a l'actual Gola, resseguint un antic braç ja existent. La part final de l'antiga desembocadura originà el que avui és una llacuna costanera situada entre la zona urbana de l'Estartit, al nord, i l'àrea urbanitzada dels Griells, al sud.

Des dels anys 60, l'àmbit de la llacuna Ter Vell ha anat rebent la incidència del desordre urbanístic i la influència de l'activitat agrícola. Les aportacions d'aigües dolces provinents de l'excedent del reg agrícola i dels abocaments d'aigües residuals urbanes va ocasionar, durant anys, un elevat grau d'eutròfia i una acceleració del procés de terraplenament de la llacuna (QUINTANA et al., 1989).

Temps ençà, alguns treballs de recuperació iniciats els anys 90 consistents en l'excavació de determinades àrees reblertes de sediments, juntament amb una reducció de les aportacions d'abocaments d'aigües residuals urbanes i d'aigües de reg agrícola, han permès alentir el creixent procés de degradació i de terraplenament d'aquesta llacuna.

Entre els anys 2001-2003, es va canviar els sistema de regadiu de la zona, es van iniciar nous treballs de neteja i de recuperació de la llacuna, i en el marc del projecte LIFE es va posar en funcionament un sistema natural de depuració (QUINTANA et al, 2000 i 2002; BADOSA, et al., 2004). Fruit d'aquestes actuacions és l'actual recuperació d'una superfície lacunar de fins a 3 ha i el manteniment del funcionament natural dels terrenys contigus -18 ha de superfície-. com a àrees maresmals d'inundació recurrent.

Pel que fa a l'aspecte hidrològic, l'actual àmbit de les llacunes del Ter Vell presenta un major equilibri del seu funcionament hídric respecte al de les darreres dècades, amb una entrada superficial i subsuperficial d'aigües dolces procedents de la plana i dels vessants del Montgrí, i una d'aigües salobres procedent dels temporals de mar de llevant importants, que arriben a penetrar quan es trenca la barra dunar que separa la llacuna de la platja.

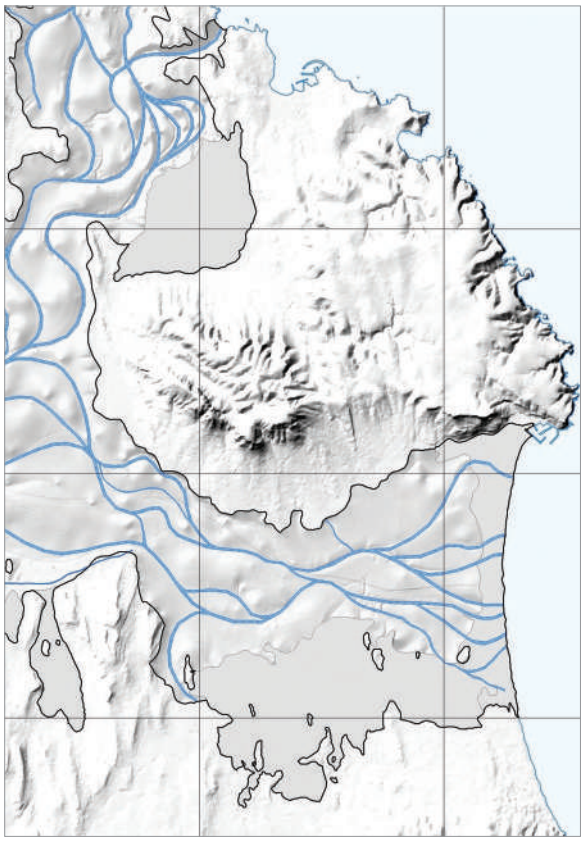


FIG. 3. L'orientació de les lleres fluvials del Ter ha anat canviant amb el temps: quan un canal quedava reblert de sediment, aviat se n'obria un altre de nou que reprenia el traginar fluvial. Aquest procés, acompanyat de successives inundacions, i influenciat també per canvis de l'ús del sòl, va ser el responsable de la progradació (creixement) i terraplenament al·luvial de la plana.

FIG. 4. Distribució de llacunes i basses en el sector litoral de la plana al·luvial del Baix Ter. Amb color blau, les llacunes litorals amb un règim d'inundació més o menys permanent; amb color lila, les llacunes litorals recurrents, i amb fúcsia, basses reconstruïdes artificialment, probablement a partir de vestigis de llacunes naturals.

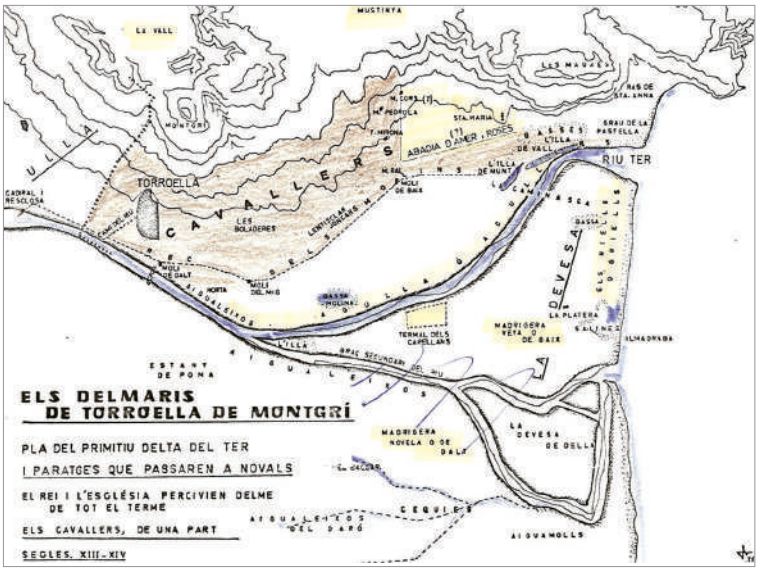
Bassa de Fra Ramon:

Té el seu origen en una antiga llera que desembocava entre l'actual gola del Ter i l'àmbit maresmal de la Pletera. Presenta una forma allargada perpendicular a la costa i una superfície inferior a 1 ha. La llera fluvial va quedar progressivament reblerta de sediments per la seva banda interior i truncada en direcció al mar pel cordó de dunes litoral, per la qual cosa quedà significativament reduïda la seva extensió i el volum de les aigües lliures.

Pel que fa a l'aspecte hidrològic, les entrades directes d'aigua procedent de períodes d'inundació del riu han quedat pràcticament eliminades, de manera que les actuals aportacions d'aigua dolça provenen bàsicament de l'aigua de la pluja i del freàtic. Això no obstant, el caràcter hipersalí de la bassa de Fra Ramon, amb valors de conductivitat que fins i tot poden superar els de l'aigua de mar (QUINTANA et al., 2006), és indicatiu de llargs períodes d'estancament del flux i d'una baixa influència de les aportacions d'aigua dolça respecte de les d'aigües salines procedents dels temporals de llevant.

Basses de la Fonollera i el Joncar:

Es troben integrades dins la maresma que s'estén entre la gola del riu i les actuals instal·lacions del càmping Delfín Verde, en el marge dret del riu. Durant períodes de pluja abundant, l'àmbit maresmal queda parcialment inundat, i es formen basses de reduïdes dimensions i de caràcter temporani, tot i que les més fondes, com és el cas de la Fonollera i el Joncar, poden presentar un grau de permanència més llarg.



4a

4b

Imatge 4. *(4a) El primitiu delta del Ter segons una cartografia antiga dels delmes al segles XIII - XIV. (4b) El projecte de desviament del riu Ter redactat l'any 1790 per D. Joan Escofet. En les dues cartografies s'observa la traça del Ter Vell i en la (4b) la nova traça del projecte, que probablement va resseguir part d'un braç secundari del riu (4a). En el marge dret de l'antic curs es dibuixa també un braç de riu que porta l'orientació d'allò que avui dia reconeixem com la bassa de fra Ramon (4b); i encara un altre braç més al sud, que s'esvaeix prop del mas Pinell, però que en algun moment hauria pogut haver continuat (4a), possiblement enllaçant amb el Daró Vell, fins les actuals basses d'en Coll. (Foto: CdD del Montgrí, les Illes Medes i el Baix Ter).*

La ubicació de les basses de la Fonollera i el Joncar coincidiria també amb zones més enclotades, possible reducte d'antigues lleres fluvials, amb una forma allargassada i perpendicular a la línia de costa. D'altra banda, les àrees inundades contigües, que són pròpiament de maresma, es disposen sempre rere els cordons de dunes litorals i presenten una forma allargassada, però paral·lela a la línia de costa.

Pel que fa a l'aspecte hidrològic, la informació existent sobre el funcionament d'aquestes basses és escassa; sembla que es podrien alimentar preferentment de les aigües de regadiu que s'infiltren des dels camps i es recullen a través de les branques de drenatge existents en aquella zona, així com de les aportacions d'episodis de pluja abundant, que inunden la zona i mantenen un nivell freàtic suficientment elevat per embassar les zones més enclotades d'aquest àmbit maresmal.

5a

5b

Imatge 5. *La bassa de fra Ramon, entre la maresma de la Pletera i el riu Ter, presenta una forma allargassada perpendicular a la línia de costa que s'interpreta com el vestigi d'una antiga llera del riu Ter. A la cua de la llacuna hi ha la bassa del Pi, que també hauria format part de la mateixa llera fluvial. En períodes d'aigües altes (febrer 2006), queden connectades (5a), mentre que en períodes d'estiatge (5b), juny 2006, queden separades (Fotos: Bon Vent de l'Empordà).*

Basses Cuculler i Llarga:

També formen part de l'àmbit maresmal existent entre la gola del Ter i el càmping Delfín Verde. Són petites zones morfològicament deprimides, d'aproximadament uns 500 m² cadascuna, que queden inundades temporalment com a conseqüència de les condicions meteorològiques locals.

Bassa de la Mota de l'Om:

Es troba situada en una àrea enclotada entre la plana al·luvial i l'àmbit maresmal, possiblement generada per la diferència morfològica creada just en el límit o contacte entre ambdues unitats. La geometria allargada d' aquesta bassa indueix també a interpretar el seu origen com la resta d'un antic braç de riu, possiblement derivat de la confluència litoral dels antics Ter i Daró *(FIG. 5).*

Presenta una superfície d' 1,3 ha i es troba situada en el paratge dels camps del mas Pinell de Baix, a recer de la mota de la carretera de la Fonollera que la tanca pel seu sector més meridional. Tal com en el cas d'altres basses temporànies, els principals períodes d'entrada d'aigües dolces coincideixen amb els períodes de pluges abundants.

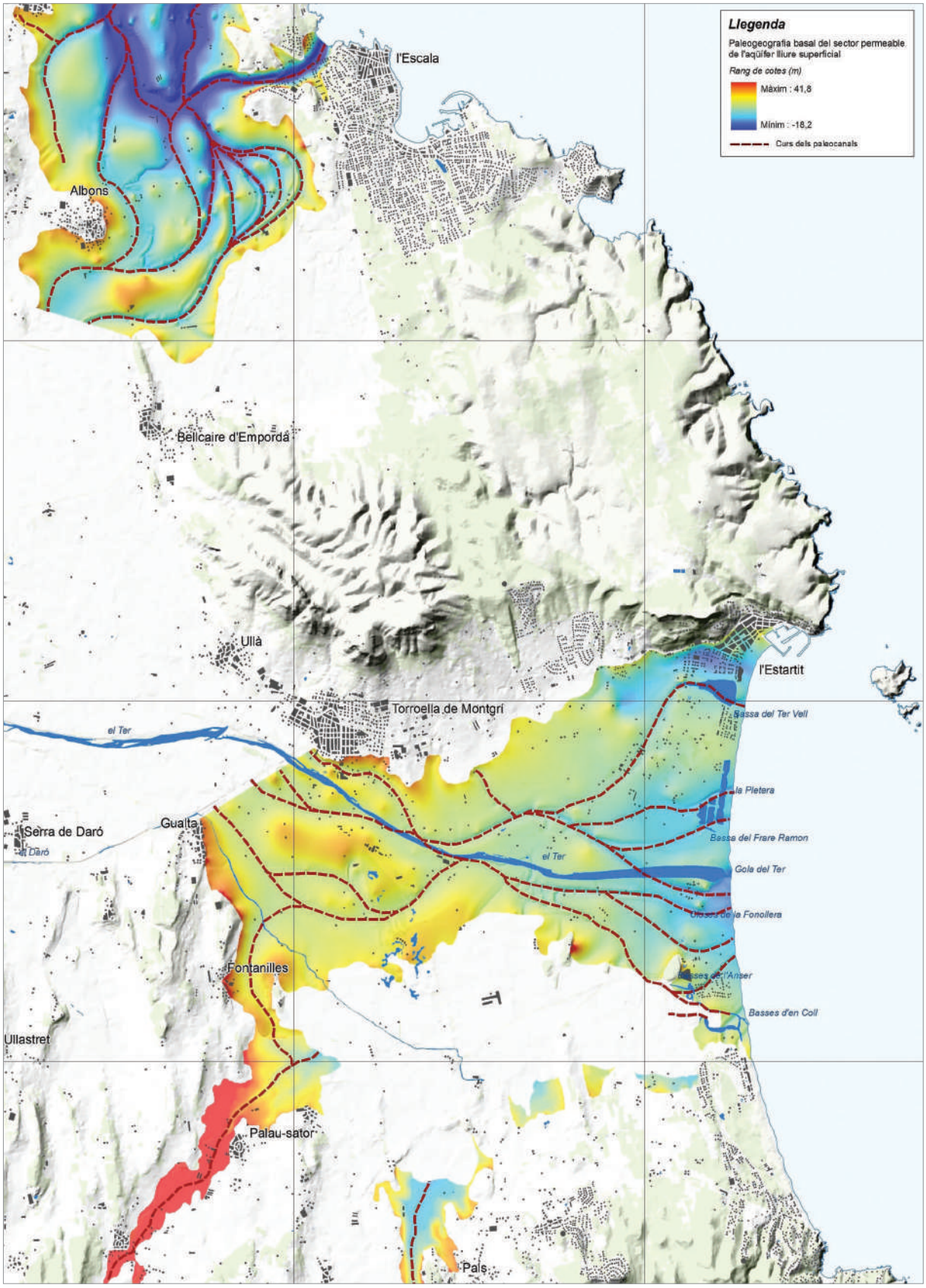


FIG. 5. *Paleocanals de l'etapa final de progradació de la plana del Baix Ter i relació geomètrica amb les llacunes litorals.*

Bassa de l'Anser:

Atesa la seva morfologia allargada s'interpreta com la resta d'un antic braç fluvial, possiblement originari de la confluència litoral entre antigues lleres del Ter i el Daró *(FIG. 5)*. Es troba situada entre el puig de la Fonollera i la urbanització de Mas Pinell, i ocupa una superfície aproximada de 2,5 ha. Pel que fa a l'aspecte hidrològic, el règim de la làmina d'aigua és permanent, fet que manifesta l'existència d'una bona comunicació hidràulica, dominantment de procedència subterrània.

Bassa del Mas Pinell:

En aquest cas és una bassa generada artificialment, tot i que no s'exclou la possibilitat que històricament hagués format part d'una llacuna més extensa, que hauria pogut ajuntar l'actual bassa de l'Anser i el braç litoral on ara conflueixen el rec del Molí de Pals i el rec d'es Coll. Presenta una superfície de 0,6 ha i es troba situada a l'oest de la urbanització Mas Pinell.

Basses d'en Coll:

Formen un sistema de basses d'aigua dolça, probablement originades en primera instància com a part d'un antic paleocanal fluvial de la riera Grossa de Pals. Mentre que en una fase posterior, la seva formació definitiva hauria estat motivada per la desembocadura d'un antic braç fluvial del Daró, o possiblement per la confluència litoral d'aquest últim amb una derivació ocasional del Ter *(FIG. 5)*.

Les basses d'en Coll es troben situades a la zona de darrereplatja situada entre la urbanització Mas Pinell, al nord, i les instal·lacions del càmping Playa Brava, al sud, ocupant una superfície aproximada d'unes 45 ha. Geogràficament coincideixen amb l'actual desembocadura del rec del Molí de Pals, que juntament amb el rec d'es Coll, canalitza i distribueix la major part de les aigües que s'utilitzen per al reg dels arrossars de Pals. En un context hidrològic més ampli, l'àmbit d'influència a les basses d'en Coll s'estén directament o indirecta des de la conca de la riera Grossa de Pals, a la conca de la riera de Peratallada i a tot l'àmbit de regadiu del rec del Molí de Pals.

El sistema està format per dos sectors *(FIG. 4)*: (a) el canal del nord, on conflueixen les aigües del rec del Molí de Pals i del rec d'es Coll, i (b) la llacuna sud, on van a parar les aigües del rec de les Bassetes i dels Fesols. El rec de les Bassetes és una branca que també deriva des del rec d'es Coll i a més drena els camps d'arròs, fins a desaiguar directament a la llacuna sud. El rec dels Fesols, a més de drenar els camps d'arròs, recull també els sobrants del rec Gilda -que subministra aigua al camp de golf de Pals-, per acabar confluint en el rec de les Bassetes i desaiguar junts a la llacuna sud de les basses d'en Coll.

Imatge 6. *Les basses d'en Coll formen un sistema de basses d'aigua dolça, probablement originades en primera instància com a part d'un antic paleocanal fluvial de la riera Grossa de Pals. Mentre que en una fase posterior, la seva formació definitiva hauria estat motivada per la desembocadura d'un antic braç fluvial del Daró, i, possiblement també, per la confluència litoral d'aquest últim amb una derivació ocasional del Ter (Foto: R. Fortià).*

El funcionament hidrològic actual està condicionat pels cicles de reg de l'arròs i pel tancament de la platja durant els períodes de baixes pressions ("plenes"), aspectes que determinen la marcada irregularitat hidrològica d'aquest sistema.

4.4. Estanys interiors

La històrica presència de diversos estanys interiors a la plana del Baix Ter és un fet remarcable per la seva rellevància en el vessant ecològic i hidrològic. La seva existència encara es preserva en el record i en múltiples documents no gaire antics, on es parla de l'estany de Bellcaire, l'estany d'Ullastret, els estanys de Pals i Boada, l'estany de la Poma, l'estany Buleny, entre d'altres *(FIG. 6)*.

L'origen d'aquests estanys s'interpreta com a resultat, si més no, dels dos aspectes que indiquem a continuació: (a) les zones que s'estanyen corresponen a àrees situades en els marges de les àrees de progradació de la plana, és a dir, són àrees poc influenciades respecte de l'eix principal de les aportacions dels rius i que per aquest motiu van quedar poc terraplenades per l'al·luvionament fluvial; i (b) la preexistència de diversos relleus terciaris contigus a les zones estanyades degué facilitar la formació d'una morfologia propensa a l'endorreisme i a la inundació recurrent amb motiu d'episodis prolongats de precipitació o per desbordament fluvial.

Avui dia, la majoria d'aquests estanys han perdut el seu funcionament hidrològic primigeni, ja sigui amb motiu del progressiu terraplenament natural o per l'efecte d'actuacions antròpiques de buidat i de construcció de recs de drenatge destinats a transformar l'ús agrícola dels terrenys inundats.

Només es conserva una certa geomorfologia, de topografia deprimida, i es manté una tendència al comportament hidràulic de tipus endorreic. Aquests factors, tot i que no són determinants, contribueixen al fet que durant períodes de pluges intenses i persistents encara puguin quedar temporalment negats alguns d'aquests antics estanys. Els escenaris d'inundació són comptats, afecten molt parcialment la superfície originàriament inundable, i duren pocs dies atès que la funció dels recs de drenatge existents és precisament la d'evitar que el negament pugui ser més prolongat.

Estany de Bellcaire:
Es localitzava al nord del massís del Montgrí, just a l'est del nucli urbà de Bellcaire i al sud del paratge de Vilanera. Actualment és una zona agrícola de més de 200 ha de superfície, amb una morfologia lleugerament enclotada de caràcter endorreic, on alternen els arrossars, els camps d'userda, de blat de moro, de melca i de cereals d'hivern; localment presenta també alguna closa i petits horts.

La seva dessecació es va efectuar a mitjan segle XVIII per a facilitar l'ús agrícola, i es va dur a terme mitjançant la construcció de la sèquia Cinyana, la funció de la qual es continua destinant actualment al drenatge dels arrossars de Bellcaire.

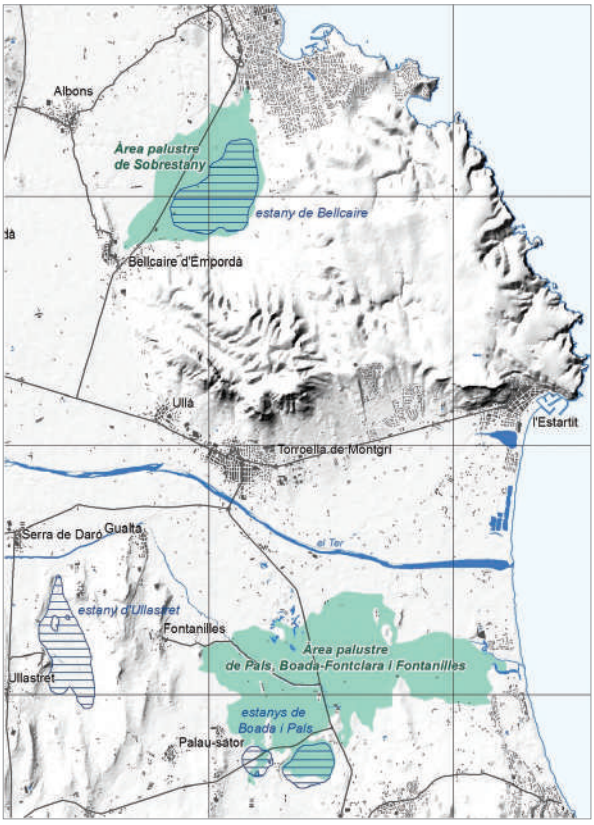


FIG. 6. *Principals estanys interiors de la plana litoral del Baix Ter. Els estanys es troben associats a dominis palustres que es van originar durant els estadis de progradació fluviodeltaica de la plana.*

Hidrològicament, la principal aportació d'aigua a aquesta zona prové del rec del Molí de Bellcaire, des d'on es deriven aigües amb destinació al negament dels camps d'arròs. En època de pluges intenses, la zona rep també les aportacions dels torrents i còrrecs que drenen els vessants septentrionals del massís del Montgrí, tals com el còrrec de Coma Llobera, que en les cotes més baixes acaba dispersant-se al bell mig dels camps de conreu.

Estanys de Pals i Boada:
Antics estanys situats en el municipis de Pals i Palau-sator, que d'oest a est s'estenien des de Fontclara i Sant Julià de Boada fins a l'actual carretera de Pals a Torroella de Montgrí. Morfològicament formen una zona de topografia deprimida, amb dues cubetes arrodonides i individualitzades pels petits relleus terciaris que delimiten la plana del Ter en la seva banda sud.

L'estany de Boada, situat en el paratge de les closes Fondes o Boues, rebia les aigües de la riera Vella de Fontclara i dels recs de Boada, mentre que l'estany de Pals rebia les aigües de la riera Grossa, la riera Petita i la de Queramany. La dessecació d'aquests estanys es va realitzar des de mitjan segle XVIII fins al segle XIX. Es van excavar recs de drenatge, com el rec Traient i el rec d'es Coll i es va construir una mota al llarg de la riera Grossa.

Imatge 7. *L'estany d'Ullastret encara s'inunda molt de tant en tant (foto: novembre 1994). El creixement de la plana al·luvial va motivar que aquest racó de la plana quedés amb una cota lleugerament enfonsada respecte la dels terrenys més propers al riu, lloc on s'apilonaven les sorres i els llims de la progradació fluvial. Aquesta diferència morfològica i els periòdics desbordaments del Daró ajudaren a mantenir una làmina d'aigua més o menys permanent durant segles, fins que a finals del segle XVIII i principis del segle XIX fou dessecat amb un sistema de canals i convertit en camps de conreu. A la foto es distingeix un sector lateral, no colgat per les aigües, que podria coincidir amb un petit ventall de sediments aportats pel Daró durant episodis de crescuda (Foto: R. Fortià).*

Actualment, les àrees que ocupaven els antics estanys de Pals i Boada es destinen a ús agrícola, amb una implantació extensiva dels arrossars. La principal aportació d'aigua per a inundar aquests camps d'arròs prové de les branques de reg que deriven de la riera Vella, de la riera Grossa i afluents contigus, així com de la riera Nova, que recull les aigües drenades conca amunt de la riera de Peratallada.

En èpoques de pluges intenses, les zones més fondes que ocupaven aquests estanys es tornen a inundar parcialment, tot i que el temps de permanència de la làmina d'aigua en els fondals és relativament curt. Recentment, en el paratge de les closes Fondes o Boues, on es trobava l'antic estany de Boada, la iniciativa privada va excavar una petita cubeta per a regenerar un zona estanyada de superfície inferior a 0,5 ha, on es manté una làmina d'aigua permanent al llarg de tot l'any.

4.5. Lleres fòssils de la plana al.luvial

A la plana al·luvial es distingeixen diverses traces de lleres antigues o fòssils *(FIG. 5)*. Són vestigis de les darreres fases del procés de progradació de la plana al·luvial del Baix Ter. Presenten formes allargassades i meandriformes pròpies de la dinàmica fluvial que les originà. Litològicament, els diversos paleocanals estan formats per una petita part basal de graves seguida d'un predomini de sorres, de manera que, en l'aspecte hidrogeològic, constitueixen elements de permeabilitat i flux hídric preferents respecte de les zones immediatament contigües de la plana. En aquest sentit, i malgrat que la seva singularitat hidrològica pot passar més desapercebuda si es compara amb la d'altres elements hidrològics, cal remarcar el seu rol com a eix d'aportacions hídriques al sector litoral, en especial per la seva connexió subterrània amb algunes de les diverses llacunes litorals, com la del Ter Vell, la bassa del Frare Ramon, la bassa de la mota de l'Om, les basses del sector de la Fonollera i les basses d'en Coll.

4.6. Àrees palustres

Les àrees palustres de la plana del Baix Ter corresponen a terrenys de topografia baixa que històricament quedaven inundats com a conseqüència del desbordament dels cursos fluvials existents. En l'aspecte sedimentològic, la seva formació s'associa també al procés de progradació de la plana *(vegeu El riu Ter, vint mil·lennis de dinàmica fluvial, FIG. 4)*, tot i que sovint, a una profunditat de pocs metres, aquestes àrees ja presenten sediments més antics corresponents a una plana fluviomarina precedent.

De forma similar a la formació dels estanys interiors, aquestes àrees van anar quedant com a zones marginals amb una escassa influència de les aportacions fluvials causants de la progradació, i amb un predomini de les acumulacions de materials fins i fangosos palustres i d'inundació.

La morfologia resultant del procés de formació de les àrees palustres va propiciar la formació de sòls amb textures franco-argil·lo-llimoses i escassament drenats (MARGARIT et al., 1993), amb la inherent dificultat que aquests duen associada per a poder evacuar cap al mar les aigües dels episodis d'inundació. Actualment, una extensa xarxa de recs drena les aigües de pluja que esporàdicament queden retingudes en aquests paratges, així con les aigües de reg que s'utilitzen per al conreu de l'arròs. En l'àmbit que ressegueix el litoral de nord a sud s'observen tres àrees palustres principals *(FIG. 6):*

Imatge 8. *L'àrea palustre de Pals fa segles que es destina al conreu de l'arròs. Durant la fase de creixement de la plana al·luvial, els sediments que traginava i dipositava el Ter gairebé no arribaven fins aquesta àrea, només els més fins. Per aquest motiu va quedar com una àrea d'entollament, que va propiciar la formació de sòls aptes per aquest tipus de conreu. (Foto: Bon Vent de l'Empordà).*

Àrea palustre relicte d'Empúries:
Es troba situada al nord del nucli de Cinc Claus i a l'est d'Empúries, a banda i banda del gran meandre del Fluvià Vell abans de la seva desembocadura, a la zona del Riuet. S'estén en una superfície aproximada d'unes 250 ha.

Àrea palustre relicte de Sobrestany:
Es troba situada al vessant nord-oest del massís del Montgrí, circumdant l'àrea de l'antic estany de Sobrestany, i presenta una superfície de més de 500 ha.

Àrea palustre relicte de Pals, Boada-Fontclara i Fontanilles:
Té una superfície de més de 1.100 ha que s'estén, de nord a sud, entre el marge dret del riu Ter i la confluència de la plana amb els àmbits fluvials de les rieres de Peratallada i Pals i, d'oest a est, des de Fontanilles i Fontclara fins les basses d'en Coll. Aquesta zona palustre integra els antics estanys interiors de Pals i Boada, entre d'altres de més petits que pràcticament es poden donar per desapareguts.

4.7. Sistema lacustre antic de Pals / Palau-Sator

Es tracta d'un sistema lacustre fòssil representat per un conjunt d'afloraments de llims i argiles lacustres, rics en matèria orgànica, i nivells de calcàries travertíniques, d'edat pleistocè superior per a alguns autors (IGC, 1997; MAS et al.,1999), o holocè mitjà per a d'altres (ROQUÈ et al., 2001). La incorporació d'aquest sistema a l'apartat de definició dels elements hidrològics actuals es justifica perquè encara avui dia es preserva una petita bassa, de pocs metres quadrats, on s'estanyen aigües la possible procedència de les quals podria ser atribuïda als darrers vestigis d'una hidrodinàmica subterrània d'aigües surgents. Malgrat el deteriorament que presenta aquesta bassa, l'activitat hídrica subterrània associada suggereix quina degué ser la causa de la formació dels extensos nivells lacustres que ara reconeixem en diversos afloraments de la zona.

Quant a coneixement, no s'han fet treballs específics per a definir les hipòtesis a què fem referència sobre l'origen i el funcionament hidrogeològic de l'actual bassa, qüestió que queda subjecta a la realització d'anàlisis hidroquímiques i a la seva comparació amb la hidroquímica de les formacions paleògenes subjacents, on es té constància de l'existència d'aigües carbonatades que podrien constituir el focus de la formació actual i també el relicte d'aquest sistema lacustre.

4.8. Domini estuari del riu Ter

El domini estuari del riu Ter s'ha definit en una zona del tram final del riu que es caracteritza per presentar un règim d'aigües planes *(Imatge 9)* amb un valor de cota similar a la del nivell del mar. Aquest transsecte s'estén des de la gola del Ter fins a uns 2,3 km aigües amunt, just a l'alçada dels camps de mas Pla, per la banda del marge dret del riu, i fins als camps de la Moixina, per la banda del marge esquerre.

9a

9b

Imatge 9. *Al final de l'estiu d'un any sec (8a: setembre 2007), el riu té treballs per arribar al mar; aquest ha guanyat la partida construint-li un barratge de sorra al davant de la seva gola natural. Quan les tardors i hiverns són moderadament plujosos (8b: febrer 2006), el riu trenca la barra de sorres i recupera la sortida natural al mar (Foto: Bon Vent de l'Empordà).*

L'aigua del domini estuarí del riu presenta una certa estratificació de la salinitat condicionada per l'entrada de l'aigua de mar a través de la gola. Aquesta dinàmica s'accentua durant els temporals de llevant, mentre que en èpoques d'estiatge prolongat, la gola del riu queda pràcticament tancada per una fletxa de sorres litorals que deixa reduïda al mínim la fluència d'aigües entre el riu i el mar.

El traçat actual del riu en aquest transsecte és rectilini i es troba flanquejat per dues grans motes laterals que condu-eixen les crescudes del riu, evitant el seu desbordament i la d'inundació de la plana en aquest sector. Aquesta funció de protecció hidràulica redueix d'altra banda les expectatives d'un funcionament hidrològic natural, cosa que podria ser interessant des d'una determinada perspectiva ecològica, però possiblement insalvable des del punt de vista de la protecció civil.

4.9. Estanyols de Pals

Entre el golf Serres de Pals i les instal·lacions de l'EDAR de Pals mereix una especial atenció la referència a unes basses o estanyols (QUINTANA i MARÍ, 2004) de reduïdes dimensions i geometria circular , que mantenen una làmina d'aigua més o menys permanent. Molt probablement la seva recàrrega està motivada per l'aportació d'aigües subterrànies, d'origen subsuperficial i/o possiblement profund, relacionades amb el sistema de fractures

que afecta les unitats eocenes permeables del bartonià inferior, unitats que en les àrees contigües presenten captacions que donen mostres del seu potencial hidràulic de caràcter surgent.

Imatge 10. *Les basses del sector litoral de la Fonollera, el febrer 2006. Al fons, ja dins els límits del càmping s'endevinen també les restes de les basses Cuculler i Llarga (Foto: Bon Vent de l'Empordà).*

5. ELEMENTS HIDROLÒGICS ANTRÒPICS

El flux hidrològic a la zona litoral està també condicionat pels elements hidràulics de naturalesa antròpica. En general, la majoria d'aquest elements són de construcció ancestral, i estan tan integrats en el territori que sovint és difícil de diferenciar-los del elements naturals. Aquest és el cas dels recs històrics i sèquies que solquen la plana i que tant es van fer servir per a posar en funcionament els molins fariners de l'època, com per a activar el desenvolupament agrícola o dessecar moltes de les zones estanyades que avui dia posem en valor.

La caracterització de tots aquestes elements antròpics s'ha dirigit en primer terme a definir la seva funció hidrològica. En el cas dels recs, per exemple, s'han catalogat segons si la seva funció és dominantment de transport (recs històrics principals, secundaris i recs soterrats), de distribució (branques) o de drenatge (sèquies).

A banda dels elements propis de reg agrícola, s'han observat i referenciat també altres elements hidrològics d'interès per a la interpretació de la dinàmica hidrològica de la zona, tals com els punts de control i aforament de l'Agència Catalana de l'Aigua, les derivacions o infraestructures hidràuliques dels recs, els punts d'abocament de les aigües residuals urbanes, l'emplaçament de les Estacions de Depuració d'Aigües Residuals (EDARs), entre d'altres.

5.1. Eixos de reg i drenatge

5.1.1. Recs principals

La plana del Baix Ter presenta diversos eixos principals de reg, de construcció medieval. Des d'uns anys ençà a més d'exercir la seva funció agrícola també han passat a valorar-se com a eixos de connexió hidrològica i ecològica.

El rec del Marquès de Sentmenat, també conegut com a rec del Molí, neix a la resclosa de Colomers, passa per Jafre, Verges i Bellcaire d'Empordà; després d'un recorregut de més de 21 km desemboca a la platja del rec del Molí, al nord del nucli urbà de l'Escala i al sud d'Empúries. Originàriament, el rec de Sentmenat es va construir per al funcionament d'una sèrie d'antics molins fariners. Des de fa anys és un dels eixos de regadiu més importants de la plana, a l'entorn del qual es vertebra la Comunitat de Regants de la Presa de Colomers *(FIG. 7)*.

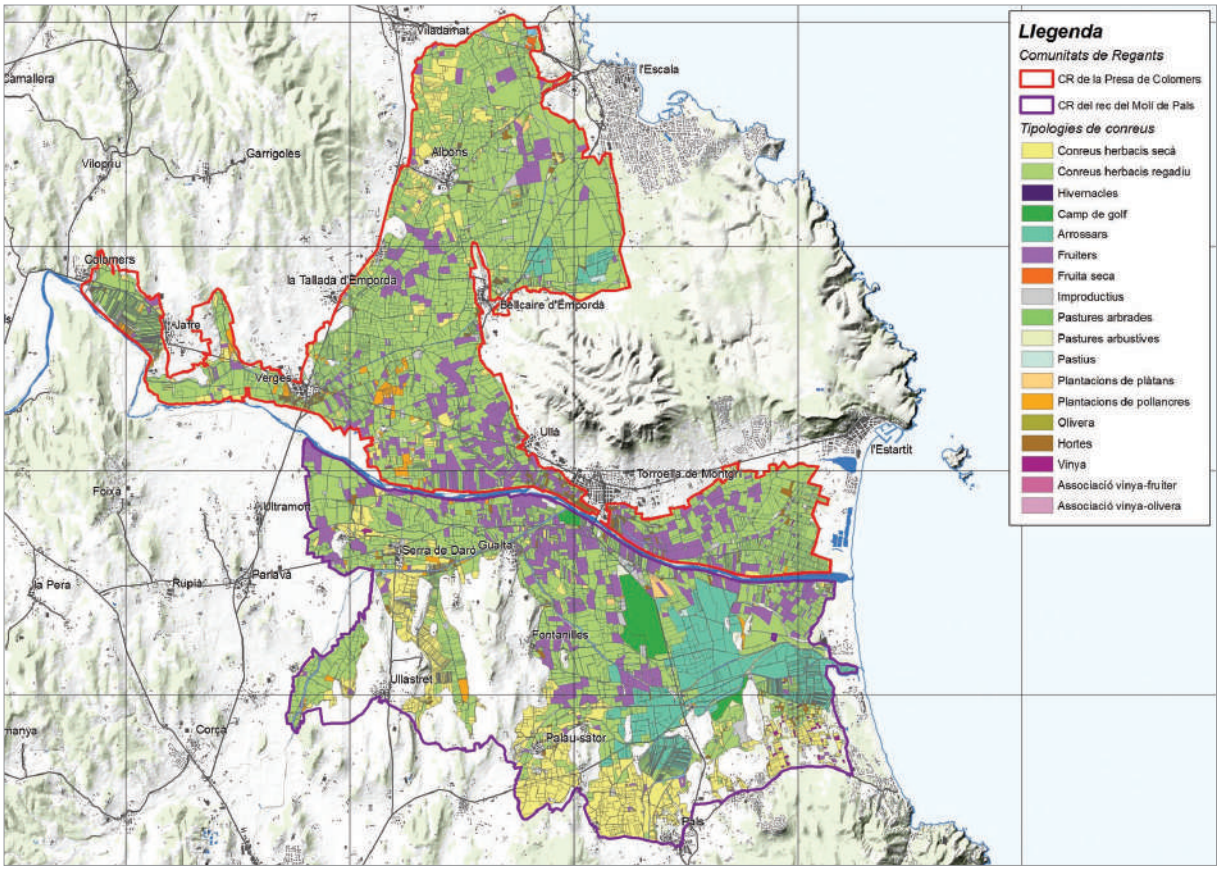


FIG. 7. *Els àmbits de la Comunitat de Regants de Colomers i de la Comunitat de Regants del rec del Molí de Pals. S'indica la distribució de les superfícies de regadiu de diversos conreus, segons dades SIGPAC 2007 i treball de camp.*

Aquesta comunitat cobreix una superfície agrícola amb potencial per al regadiu d'unes 4.400 ha *(Taula 4)*. Habitualment se'n reguen unes 3.200 ha amb aigües superficials i unes 870 ha amb aigües subterrànies *(FIG. 8)*, dades que coincideixen força amb la informació continguda en el SIGPAC (2007), que comptabilitza per a aquest any de referència unes 3.915 ha de regadiu dins els límits d'aquesta comunitat.

Les necessitats hídriques d'aigua superficial per al reg de la Comunitat de la Presa de Colomers se situen a l'entorn d'uns **17 a 20 hm³/any**, que poden variar depenent de l'any i de la superfície real que es rega, del sistema de reg utilitzat i de la seva eficiència, així com de l'eficiència del transport a través del rec.

Tot i que actualment es troba en vies de solució, el rec del Molí recull també les aigües residuals urbanes no depurades de Colomers, Jafre, i Verges, que modifiquen significativament la qualitat de les seves aigües. Passat Bellcaire d'Empordà, el rec es destina majoritàriament a inundar els arrossars de la zona de Sobrestany, de maig a setembre per al conreu habitual, i de novembre a febrer per a complimentar les pràctiques agroambientals.

Rec del Ter Vell, neix a la resclosa d'Ullà i desaigua a la llacuna del Ter Vell, després d'un recorregut de 7,4 km *(FIG. 9)*. Històricament, aquest rec derivava les aigües des del riu Ter amb la finalitat de fer anar el molí d'en Mercader, actualment en desús.

En el vessant agrícola el rec del Ter Vell s'ha utilitzat també per a regar una part dels conreus existents en el seu marge dret, a la part final de la plana entre Torroella de Montgrí i l'Estartit. Aquesta funció avui dia va quedar anul·lada amb motiu de la canalització del regadiu en aquest sector litoral. Cal remarcar també la seva funció com a col·lector de part de les aigües plujanes que circulen pels vessants meridionals del massís del Montgrí, i que motiven una millora de la qualitat dels cabals circulants pel rec, així com el paper que desenvolupa de drenatge d'aigües plujanes en els terrenys contigus de la plana i d'aportació d'aigües dolces a la llacuna del Ter Vell.

Rec del Molí de Pals, neix a la resclosa de Canet de la Tallada i circula pel marge dret del riu en direcció a Gualta. En aquest punt deriva part de les seves aigües al canal o rec de Gualta, derivació que travessa el nucli urbà i que antigament feia funcionar el Molí de Gualta; després d'un transsecte de 2,3 km, les aigües sobrants del rec de Gualta retornen al rec del Molí de Pals *(FIG. 9)*. A partir de l'arribada a Gualta, la traça del rec del Molí de Pals coincideix amb una bona part de l'històric Daró Vell, i arriba canalitzada fins a desembocar a les basses d'en Coll.

Amb una longitud total de 10,4 km, el rec del Molí de Pals és un dels principals recs per al regadiu de la plana del Ter. L'òrgan gestor és la Comunitat de Regants del Molí de Pals, que cobreix una superfície potencial de regadiu d'unes 3.098 ha *(Taula 4)*. Habitualment es reguen unes 2.400 ha amb aigües superficials, i unes 400 ha amb aigües subterrànies, dades que coincideixen força amb la informació continguda en el SIGPAC (2007), que comptabilitza per a aquest any de referència unes 2.792 ha de regadiu dins els límits d'aquesta comunitat.

Els requeriments hídrics teòrics d'aigües superficials per al reg de l'àmbit de la Comunitat de Regants del Molí de Pals se situa a l'entorn d'uns 16 a 18 hm^3 durant el període de reg estival, més uns 5 a 6 hm^3 més per a complimentar les actuacions agroambientals associades al conreu d'arròs. En total se situen a l'entorn d'uns **21 a 24 hm³/any**, que poden variar depenent de l'any i de la superfície real que es rega, del sistema de reg utilitzat i de la seva eficiència, així com de l'eficiència del transport a través del rec.

Tot i que es troba també en vies de solució, el rec rep les aigües residuals de Gualta, Serra de Daró i Fontanilles. En el sector litoral, el sobrant de l'ús agrícola entra en el sistema de les basses d'en Coll on ha motivat la instauració d'un ambient hidrològic dominat per la circulació d'aigua dolça durant la major part de l'any.

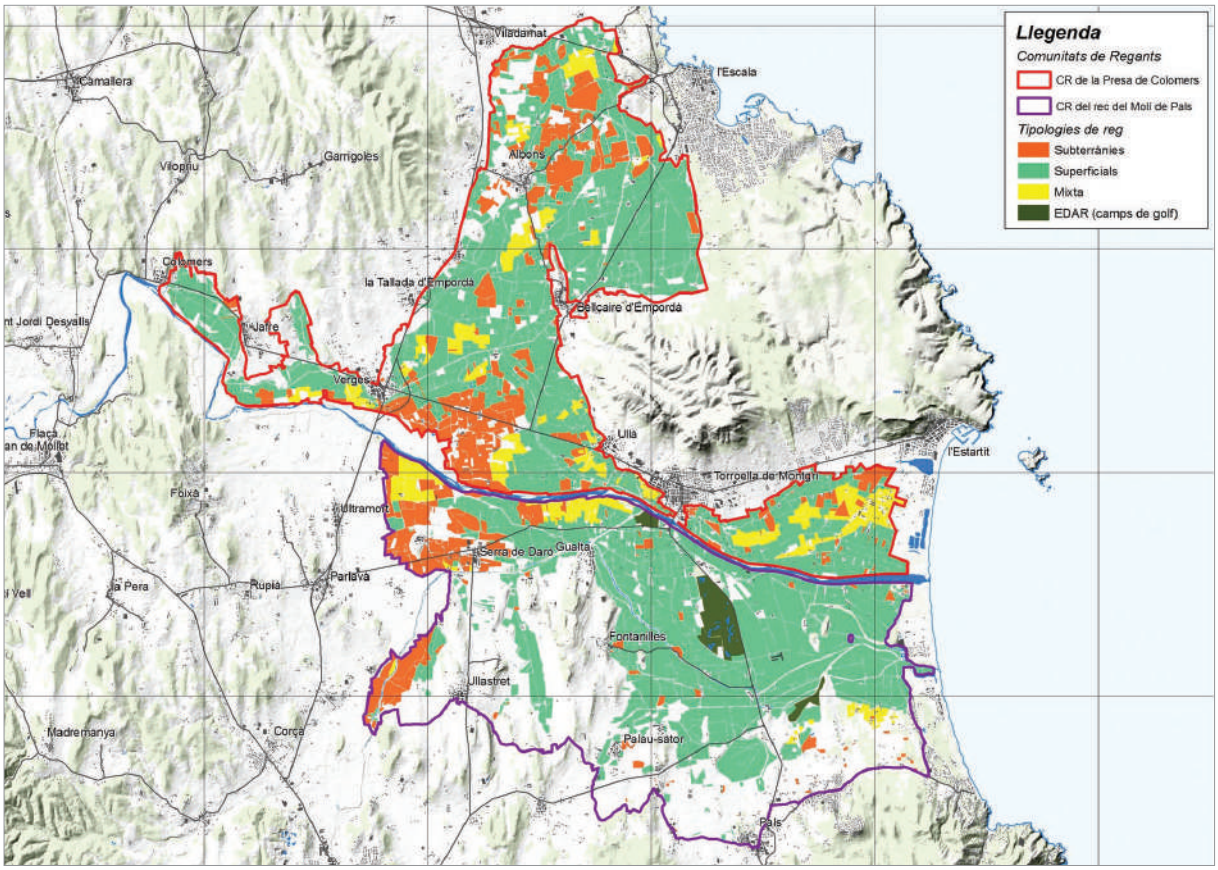


FIG. 8. Els àmbits de la Comunitat de Regants de Colomers i la Comunitat del Rec del Molí de Pals, amb indicació de les superfícies de reg i les fonts de procedència del regadiu (aigües superficials, aigües subterrànies, o procedència mixta).

COMUNITAT DE REGANTS DE LA PRESA DE COLOMERS (Marge esquerre)		
Superfície	**Ha**	**Requeriments hídrics teòrics (hm³)**
Arrossars	71,62	0,72
Herbacis regadiu	3478,03	15,65
Fruiters	745,75	2,24
Hortes	82,73	0,50
Pollancres	75,34	0,45
TOTAL	4.453,47	19,55
COMUNITAT DE REGANTS DEL REC DEL MOLÍ DE PALS (Marge dret)		
Superfície	**Ha**	**Requeriments hídrics teòrics (hm³)**
Arrossars	678,06	6,78
Herbacis regadiu	1774,10	7,98
Fruiters	570,70	1,71
Hivernacles	0,13	0,00
Hortes	42,57	0,26
Pollancres	32,44	0,19
ACTUACIONS AGROAMBIENTALS		5,00
TOTAL	**3.098**	21,00

***Taula 4.** Superfície potencial de regadiu (ha) de les Comunitats de Regants de la plana litoral del Baix Ter i necessitats hídriques teòriques associades a la superfície potencial i a diferents conreus.*

Rec de la Riera Nova:

És un rec de 5,2 km que canalitza les aigües de la conca de la riera de Peratallada, des de Palau-sator fins al mas Gelabert, punt on connecta amb el rec del Molí de Pals fins a desaiguar a les basses d'en Coll. El rec de la Riera Nova rep les aigües residuals urbanes dels nuclis urbans de Peratallada, Santa Susanna de Peralta, Sant Climent de Peralta i Palau-sator.

Riera Grossa de Pals i rec d'es Coll:

La riera Grossa de Pals és un torrent natural que drena els relleus que delimiten el corredor de Palafrugell: vessants de les muntanyes de Queramany, Torrent i Muntanya Seca. Per a evitar la inundació natural dels estanys de Pals i Boada, les aigües d'aquesta riera es van

canalitzar a partir del que es coneix com a rec d'es Coll, que conjuntament amb el rec del Molí del Pals desaigua, aigües avall, dins el canal nord de les basses d'en Coll. Tot i que originàriament es va construir per a dessecar aquests antics estanys, actualment també funciona per al reg i el drenatge dels camps d'arrossars de la zona.

A l'inici del seu recorregut, el rec d'es Coll rep les aigües del rec Traient, que a la vegada recull les aigües residuals urbanes dels nuclis de Sant Julià de Boada i Sant Feliu de Boada; i a través del rec Rieral, les aigües residuals depurades de l' EDAR de Pals.

Rec de la Tallada/rec de la Muntanya: Constitueixen un mateix eix de distribució amb una toponímia diferenciada segons el municipi que travessa. En el tram corresponent al terme municipal de la Tallada d'Empordà rep el nom del municipi, mentre que en el terme de Viladamat rep el nom de rec o riera de la Muntanya.

Imatge 11. *Imatge del rec de Sentmenat al seu pas per Bellcaire (rec del Molí de Bellcaire). Durant la primera meitat del s.XVIII el rec del Molí de Bellcaire feia anar els molins arrossers de Bellcaire i l'Escala. Avui continua traginant i distribuint aigua per al regadiu dels conreus del corredor d'Albons i l'arròs de Sobrestany (Foto: CdD del Montgrí, les Illes Medes i el Baix Ter).*

Presenta un recorregut de 7,6 km de longitud; de sud a nord voreja els relleus més orientals dels terraprims de l'Empordà, des de Verges fins a Viladamat i Cinc Claus, recollint i canalitzant les aigües dels principals torrents i rieres, com la riera de la Tallada i el torrent de Marenyà. A prop de Verges rep també una derivació de les aigües procedents del rec de Sentmenat, des de l'anomenat canal d'en Vinyes, que transvasa l'aigua entre els dos recs.

Al llarg del seu recorregut rep les aigües residuals urbanes dels nuclis de la Tallada d'Empordà, Tor, Viladamat i Cinc Claus. Segueix cap al nord fins a la riera de Pelacalç i aquesta fins al riu Vell o Fluvià Vell que desemboca a la platja del Riuet d'Empúries.

FIG. 9. Elements hidrològics antròpics a la plana litoral del Baix Ter.

5.1.2. Recs secundaris

Són derivacions dels recs principals, que s'estenen arreu fent arribar les aigües de regadiu als àmbits contigus a la seva traça *(FIG 9)*.

Rec de les Llones / rec d'Albons:
Tot i la toponímia diferenciada constitueixen un mateix eix de distribució d'aigües destinades al reg agrícola. El tram comprès entre la Tallada i Albons rep el nom de riera o rec de les Llones, mentre que el transsecte entre Albons i l'Escala, rep el nom de rec d'Albons. Aquest rec és una derivació del rec de la Tallada i presenta una longitud de 6 km, durant els quals travessa de sud a nord el corredor d'Albons, fins a desaiguar al rec del Molí o de Sentmenat, prop del paratge de Vilanera.

Rec de la Branca:
Es una derivació del rec de Sentmenat i presenta una longitud de 8,8 km. Aquest rec neix a l'alçada de mas Duran del terme de la Tallada d'Empordà, i discorre cap al nord distribuint les seves aigües pels camps de regadiu que s'estenen entre Bellcaire i Albons. Després de travessar el rec d'Albons i irrigar els camps situats al sud de Viladamat, el seu curs desaigua al rec de la Muntanya, poc abans de la confluència d'aquest darrer amb la riera de Pelacalç.

Imatge 12. *El rec del Molí de Pals deriva les seves aigües de la resclosa de Canet de Verges i és l'eix de reg principal dels arrossars de Pals. En la foto el reconeixem en la traça que segueix paral·lela a la carretera del càmping. Aigües avall, just davant la bassa de la urbanització del Pinell, rep les aigües del rec d'es Coll i desaigua més endavant al braç nord de les basses d'en Coll i d'aquí al mar. La franja que marquen els camps que veiem en primer terme, entre la carretera i el rec, suggereixen l'existència d'una traça fluvial antiga, possiblement procedent del Ter i que en confluència amb el Daró (vegeu FIG. 5) hauria continuat fins les actuals basses d'en Coll (Foto: Bon Vent de l'Empordà).*

Rec Madral:
Es una derivació del rec de Sentmenat. Presenta una longitud de 5,1 km, inicia el seu recorregut a la finca del mas Pantaleó de Bellcaire i distribueix les seves aigües pels camps de regadiu que s'estenen entre Bellcaire i Ullà. Després de travessar el rec antic del mas Duran, desaigua al riu Ter, just a l'oest dels horts de Torroella de Montgrí. També funciona com a drenatge de les aigües plujanes del vessant occidental del massís del Montgrí, entre Bellcaire i Torroella de Montgrí, funció que li dóna un plus de singularitat des del punt de vista hidrològic i ecològic.

Rec de Gualta-Torroella:
deriva les seves aigües del rec del Molí de Pals a l'alçada del mas Bahí de Fontanilles, i bona part del recorregut discorre dins un canal de mitja canya gairebé en paral·lel al marge dret del riu Ter. El transsecte és de 9,8 km i desaigua les seves aigües a la gola del Ter, prop de cal Bonic, just al costat del paratge de les closes de la Fonollera.

Rec Gilda:
Deriva les seves aigües del rec d'en Coll a l'alçada de mas Gelabert i discorre en un transsecte de 2,3 km fins al camp de golf Platja de Pals, on s'utilitza per al reg de les seves instal·lacions. Les aigües sobrants continuen fins al rec dels Fesols, i des d'aquest desaigüen a la llacuna sud de les basses d'en Coll.

5.1.3. Sèquies de drenatge

Les sèquies de drenatge són canals amb la funció de drenar les aigües d'escolament superficial i subsuperficial provinents dels camps de conreu de la plana. Aquesta funció garanteix el bon drenatge de les finques agrícoles i evita l'entollament excessiu dels camps de conreu. Les principals són:

Sèquia de Cinyana:
Té una longitud de 5,3 km. De sud a nord drena els sobrants de regadiu del sector de Sobrestany, i les aigües plujanes del vessant oest del massís del Montgrí. Desaigua al rec de Sentmenat, entre Vilanera i el Molí de l'Escala *(FIG. 9).* Originàriament la sèquia de Cinyana es va construir per a dessecar l'antic estany de Bellcaire. Actualment, la seva funció és important per a regular el reg i el drenatge dels arrossars de Sobrestany.

Sèquia Massot:
És un rec de drenatge que discorre al llarg de 6,1 km pels camps de conreu del marge dret del riu Ter, entre el mas d'en Blai, a l'est de Gualta, i el mas Pinell de Dalt. Recull les aigües sobrants de regadiu de tot aquest sector *(FIG. 9),* i durant períodes de pluges intenses evacua les aigües plujanes evitant que aquestes inundin les àrees agrícoles més enclotades. Acaba el recorregut desaiguant al rec del Molí de Pals, passat el Pinell.

5.1.4. Recs entubats

Els recs entubats del Baix Ter constitueixen sistemes de regadiu tancats. En els trams finals del seu recorregut l'aigua es troba sotmesa a una determinada pressió, mentre que en els trams superiors l'aigua circula lliure per gravetat, però condicionada a una regulació mitjançant l'obertura i el tancament de vàlvules de reg.

Els principals són:

Rec soterrat de Mas Duran:
És una infraestructura de regadiu soterrada de 7,2 km de longitud que deriva l'aigua del rec de Sentmenat, a l'alçada del mas Duran *(FIG. 9)*. S'utilitza per a regar els camps de conreu del marge esquerre del tram final del Baix Ter, a la zona litoral de l'Estartit.

Rec soterrat de Sobrestany:
Té un recorregut d' 1,1 km de longitud que s'inicia des de la derivació del rec de Sentmenat, a l'alçada de Bellcaire. S'utilitza per al reg dels camps de conreu que s'estenen en el paratge de Sobrestany, a ponent dels vessants del Montgrí.

Els sistemes de reg entubats tenen per expectativa la millora de la gestió del regadiu, però en un lloc com la plana del Baix Ter generen també una determinada controvèrsia per l'efecte que poden generar sobre el funcionament hidrològic instaurat amb el temps. En aquest sentit, és important reflexionar de manera que s'integrin no només els aspectes de millora agrícola sinó també els ambientals. Caldria fer-ho perquè, segons l'àmbit a què ens vulguem referir, la qüestió de l'entubació pot acabar beneficiant ambdós aspectes (cas del Ter Vell), o afavorir-ne un d'ells a costa de desafavorir l'altre.

Actualment es duen a terme les obres de canalització dels recs històrics del rec del Molí de Pals, i del rec de Sentmenat fins al mas Duran, i per tant, s'obre un nou escenari en què caldrà pensar a fons en l'estructura organitzativa i els criteris que caldrà compartir per a gestionar integradament el funcionament hidrològic d'aquesta zona.

Imatge 13. *Les obres de canalització del regadiu del Baix Ter modificaran l'actual funcionament hidrològic dels recs històrics. Caldrà pensar els criteris per a mantenir i adequar la seva funcionalitat hidrològica en relació als ecosistemes de la plana i del litoral. (Foto: Oriol Mas).*

5.1.5. Branques de distribució i drenatge

Les **branques de distribució** són cada un dels braços que, sortint des dels recs principals o secundaris, fan arribar l'aigua al peu dels camps de conreu. Les **branques de drenatge** són els diversos braços que des de diversos camps de conreu recullen les aigües sobrants (de reg o plujanes) i les condueixen fins als recs principals o secundaris o fins a les sèquies. El conjunt de branques d'un sector s'estructura en un entramat en xarxa que augmenta l'eficiència de la seva funcionalitat, tant en la distribució com en el drenatge.

5.2. Infraestructures hidràuliques associades

La distribució de l'aigua circulant per la complexa xarxa de recs existents en el territori és possible gràcies a l'existència de comportes que permeten, en funció de les concessions existents, la derivació de determinats volums d'aigua i la seva circulació per a cobrir les necessitats de reg. A la zona, les principals derivacions d'aigua per a usos agrícoles *(FIG. 9)* són:

Comporta del rec de les Llones-rec d'Albons:
Derivació d'aigua del rec de la Tallada que permet el regadiu dels camps que s'estenen des del nord-est del corredor d'Albons fins a l'Escala.

Comporta del rec de la Branca:
Derivació d'aigua del rec de Sentmenat situada a prop del mas Duran, que permet els regadiu dels camps que s'estenen entre Bellcaire i Albons i els camps situats al sud de Viladamat.

Comporta del rec de Mas Duran:
Derivació d'aigua del rec de Sentmenat, a l'alçada del mas Duran, vers els camps de cultiu que s'estenen al marge esquerre del tram final del Baix Ter.

Comporta del rec Madral:
Derivació d'aigua del rec de Sentmenat situada a la finca del mas Pantaleó, al sud de Bellcaire, que permet el regadiu dels camps que s'estenen entre Bellcaire i Ullà.

Comporta del rec de Sobrestany:
Derivació d'aigua del rec de Sentmenat situada a l'alçada de Bellcaire vers els camps de cultiu que s'estenen al paratge de Sobrestany.

Comporta del rec del Ter Vell:
Derivació d'aigua situada a la resclosa d'Ullà, destinada al funcionament dels antics molins fariners i per a irrigar alguns dels camps que s'estenen entre Torroella de Montgrí i l'Estartit.

Comporta del rec de Gualta i Torroella:
Derivació d'aigua del rec del Molí de Pals a l'alçada del mas Bahí, destinada al regadiu de la major part dels camps de cultiu del marge dret del riu Ter, entre Gualta i el paratge de les closes de la Fonollera. El retorn de les aigües circulants pels recs de distribució i de drenatge fins als principals eixos fluvials també es troba regulat per comportes, en aquest cas, de desguàs. A la zona s'han identificat comportes de desguàs en el rec Madral, rec del Molí d'en Mercader, i a les branques de drenatge dels camps de cultiu que s'estenen al marge esquerre del tram final del Baix Ter *(FIG. 9)*. El conjunt d'aquestes comportes permet desaiguar al riu Ter els sobrants dels camps de conreu. Es tracta de comportes de tipus papallona que durant les crescudes del riu també eviten l'entrada per retorn d'aigües fluvials a través dels recs de drenatge. Cal ressaltar que l'estat de conservació actual d'aquestes comportes no és, en general, el desitjable.

D'altres infraestructures hidràuliques amb interès patrimonial són els elements associats als antics molins fariners de Gualta, Pals, d'en Mercader i de l'Escala.

5.3. Sistemes de sanejament, EDARs i reutilització

Imatge 14. *Aproximadament el 46% dels cabals tractats a l'EDAR de Pals (CCB, 2007) es destinen al reg del camp de golf que té al costat, la resta es desaigua al rec Rieral (Foto: CdD del Montgrí, les Illes Medes i el Baix Ter).*

Les aigües residuals urbanes són un factor condicionant de la gestió hidrològica perquè influencien la qualitat de les aigües superficials del riu i dels recs, així com la qualitat dels efluents de les EDARs existents a la zona. El rec de Sentmenat rep les de Colomers, Jafre i Verges; el rec del Molí de Pals rep les de Gualta, Serra de Daró, Llabià i Fontanilles; i el rec de la riera Nova, les de Peratallada i Palau-sator. Actualment aquesta situació es troba en vies de solució amb motiu de les actuacions que duu a terme l'Agència Catalana de l'Aigua per a solucionar aquests abocaments.

Les EDARs més importants de la zona són la de Pals, Torroella de Montgrí, la Bisbal d'Empordà i l'Escala *(Taula 5)*. Els efluents tractats s'aboquen respectivament al rec Rieral, al riu Ter, al Daró i directament al mar mitjançant un emissari submarí. D'altra banda, una part es reutilitza.

La variabilitat pluviomètrica i la progressiva millora de la xarxa separativa, sobretot respecte de les entrades d'aigües de mar dins la xarxa dels nuclis litorals, són dos aspectes clau que permeten justificar les variacions anuals registrades en els cabals tractats de les diverses depuradores. Les dades mensuals també registren variacions estacionals coincidint amb el període estival.

L'anàlisi de les dades de qualitat de l'efluent de sortida indiquen que els tractaments assoleixen una important reducció dels valors de la concentració de DBO5, DQO, MES, amoni i nitrogen, i que es mantenen valors elevats de la conductivitat elèctrica, principalment en les EDARs de Torroella de Montgrí i de l'Escala, qüestió que de cara a la reutilització requereix que es prenguin unes determinades precaucions en el maneig i l'aplicació.

L'estació de Torroella de Montgrí té una capacitat de tractament de 1.000 m³/h

EDAR	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007
TORROELLA M.	3.050.543	3.010.015	2.540.997	2.427.289	2.268.184	2.335.600	2.392.000	1.878.600
PALS	554.008	554.777	702.980	806.031	707.897	702.100	731.900	612.000
L'ESCALA	-	-	-	-	-	2.384.800	1.990.100	1.272.000

Taula 5. *Cabal anual (m³/any) tractats a les EDARs de la zona litoral durant el període 2000-2007, per Torroella i Pals, i 2005-2007 per a l'Escala (segons Consorci de la Costa Brava).*

EDAR	Cabal mensual reutilitzat (m³/any)								
	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008
PALS	122.300	254.400	206.500	263.800	270.300	240.400	263.300	281.200	82.100
TORROELLA M.	-	-	-	-	10.800	185.100	64.100	281.400	181.800

Taula 6. *Cabal anual reutilitzat (m³/any) procedent de les EDARs de Torroella de Montgrí i Pals (segons Consorci de la Costa Brava).*

i subministra aigües tractades per a la seva reutilització al golf Empordà de Gualta i a la Comunitat de Regants de Mas Duran. Tal com s'ha comentat, la qualitat d'aquesta aigua regenerada no sempre és apta per al reg ja que sovint presenta problemes de salinitat. L'any 2007 va subministrar un total de 0,28 hm^3 *(Taula 6)* volum que suposa un 15% del total dels cabals tractats a la depuradora (CCB, 2007).

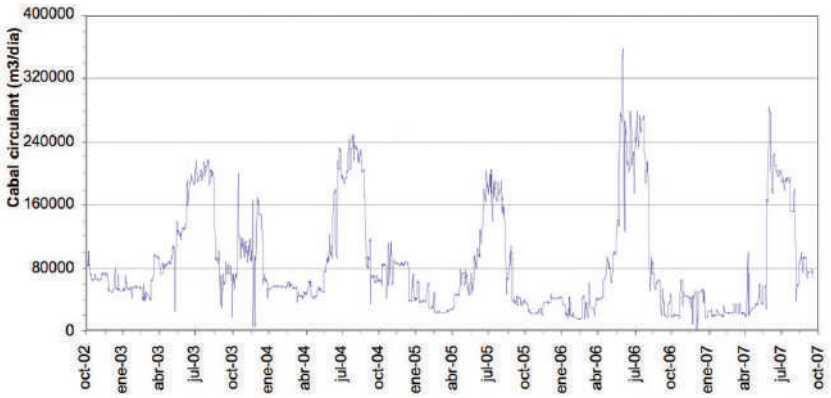
L'estació de Pals té una capacitat de tractament de l'ordre de 100 m^3/h i subministra al golf Serres de Pals, que rep aigua regenerada des de juliol de 2000 amb una mitjana aproximada de 250.000 m^3/any, que suposa un 46% dels cabals tractats (CCB, 2007). El subministrament és més o menys continu en funció de la demanda.

A l'estació de l'Escala es preveuen obres per a connectar amb el regadiu del mas Duran, de manera que es pugui reutilitzar les seves aigües per al reg agrícola d'aquesta comunitat.

5.4. Sistemes de control i aforament de les aigües superficials

A la plana hi ha diversos punts de control i aforament en continu del cabal circulant en el riu, tal com s'ha comentat també a l'apartat 4.1 precedent, i en alguns dels principals recs. En el cas dels recs, els punts d'aforament són:

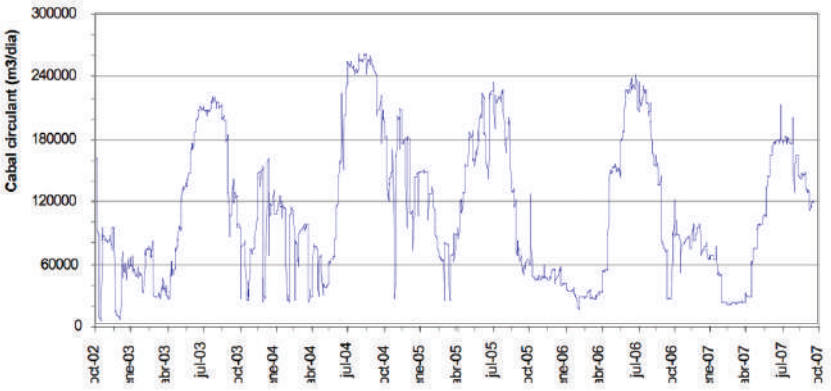
SAI del rec de Sentmenat:
Punt d'aforament del cabal circulant pel canal de Sentmenat al seu inici, a la presa de Colomers. Les dades indiquen que en aquest punt passen valors mitjans de cabal de 0,99 m^3/s i valors punta de fins a 4,14 m^3/s *(Gràfica 3)*. La derivació d'aigües al rec de Sentmenat està supeditada a la màxima demanda de reg agrícola, situada principalment en el període maig-setembre, mentre que durant la resta de l'any, els cabals circulants són generalment inferiors a 0,3 m^3/s.



Gràfica 3. *Gràfica de l'evolució del cabal circulant (m^3 / dia) pel rec de Sentmenat al punt inicial del seu recorregut, a Colomers, període 2002 - 2007.*

SAI del rec del Molí de Pals:
Punt d'aforament del cabal circulant pel rec del Molí de Pals al seu inici, a la resclosa de Canet de la Tallada. Presenta valors mitjans de cabal d' 1,3 m^3/s i valors punta de fins a 3,04 m^3/s, tal com s'indica a la *Gràfica 4*.

L' estacionalitat de la circulació dels cabals màxims presenta un període més llarg, de manera que les puntes de cabal mínim pràcticament només es produeixen els mesos de març i abril. Aquest fet es relaciona amb la condicionalitat que suposen les ajudes agroambientals al conreu d'arròs respecte a mantenir els terrenys inundats en determinats períodes -novembre a febrer- llevat dels de producció, que normalment se situen entre maig i setembre.



Gràfica 4. *Gràfica de l'evolució del cabal circulant (m^3 / dia) pel rec de del Molí de Pals al punt inicial del seu recorregut, a la resclosa de Canet, període 2002 - 2007.*

SAI de Gualta:

Punt d'aforament del cabal circulant pel rec del Molí de Pals al seu pas per Gualta. No es disposa de dades de registres del cabal perquè segons sembla el seu funcionament no és prou fiable.

SAI de Torroella de Montgrí:

Punt d'aforament del cabal circulant pel tram final del riu Ter a l'alçada del pont de Torroella. Les dades ja s'han comentat al subapartat 4.1, i l'evolució gràfica de cabals s'ha indicat a la *Gràfica 1.*

SAI de Serra de Daró:

Punt d'aforament del cabal circulant pel tram del riu Daró a l'alçada de Serra de Daró. Com en el cas anterior, les dades ja s'han comentat al subapartat 4.1, i l'evolució gràfica de cabals s'ha representat a la *Gràfica 2.*

A part dels punts SAI instal·lats i controlats per l'Agència Catalana de l'Aigua, l'interès científic ha promogut també la instal·lació d'altres elements de control en determinats punts d'interès hidrològic. Un dels casos són les diverses escales limnimètriques instal·lades a les llacunes litorals principals (Ter Vell, fra Ramon i basses d'en Coll) per part dels investigadors dels diversos projectes realitzats a la zona (QUINTANA et al., 1999 a 2006).

PASCUAL i MARTINOY (2006) han realitzat també treballs d'instal·lació de sondes automàtiques per tal d'obtenir dades contínues de nivell. Concretament a la zona del Baix Ter han instal·lat: (a) una sonda automàtica de nivell al port de l'Estartit amb la finalitat d'obtenir dades en continu del nivell del mar; (b) una sonda automàtica a les basses d'en Coll per a seguiment continu del nivell, que s'ha situat a uns 1.000 m del mar, en una bassa d'aigües permanents que està en contacte directe amb el rec del Molí de Pals; i (c) un regle de nivell al Ter Vell per a observar puntualment el nivell de l'aigua de la llacuna.

5.5. Sistemes de control de les aigües subterrànies

En l'àmbit litoral i àrees adjacents, l'Agència Catalana de l'Aigua disposa de 24 piezòmetres *(Taula 7)* per a controlar l'evolució dels nivells freàtics dels aqüífers descrits al Baix Ter (ACA_Geoservei, 2008): l'aqüífer superficial amb comportament hidràulic de tipologia lliure, i l'aqüífer profund de tipologia semiconfinada.

En la majoria dels casos, les sèries temporals de dades són superiors als 20 anys. L'emplaçament geogràfic d'aquests piezòmetres es mostra a la *FIG. 10*, mentre que la seva evolució temporal es comentarà en apartats posteriors.

Imatge 15. *Alguns dels punts de control dels quals disposa l'Agència Catalana de l'Aigua en els aqüífers del Baix Ter registren en continuo l'evolució del nivell freàtic. (Foto: Geoservei).*

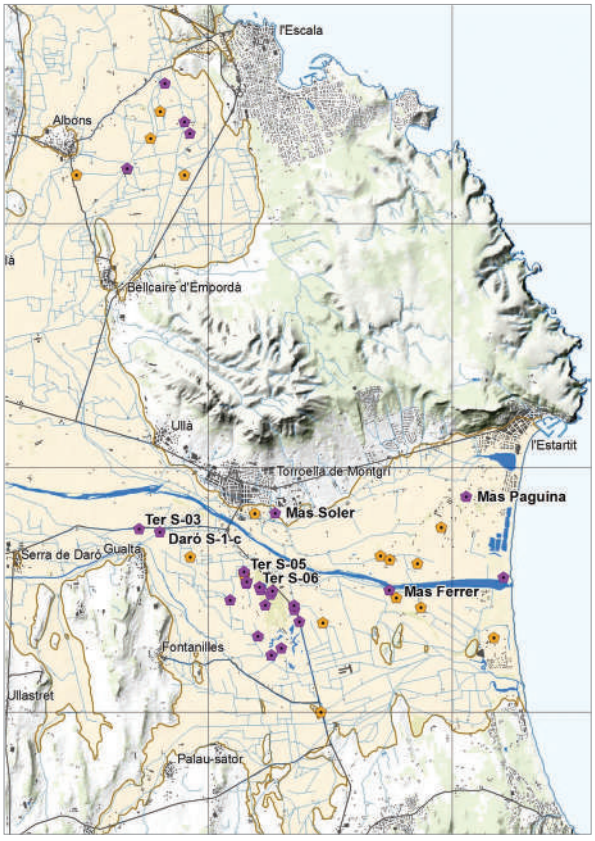


FIG. 10. *Ubicació dels piezòmetres de control piezomètric dels aqüífers superficial i profund en el sector litoral del Baix Ter, Amb color lila, els punts de control del nivell piezomètric, i en color taronja, els punts de control de la qualitat.*

A més del seguiment dels nivell freàtics, l'Agència Catalana de l'Aigua disposa també de 17 piezòmetres *(Taula 8)* per a controlar l'evolució de la qualitat dels aqüífers del Baix Ter. Alguns d'aquests punts de control de la qualitat coincideixen amb punts de control del nivell *(FIG. 10)* i la majoria de les sèries temporals de dades que es presenten s'inicien des dels anys 1995-96.

Topònim	Terme municipal	Tipologia	Període de control
Ter S-17 c	Tallada d'Emp.	Semiconfinat	1974-2007
Limnígraf LE-4	L'Escala	Semiconfinat	1989-2007
Ter S-51	Ullà	Semiconfinat	1993-1996
Ter S-05	Gualta	Semiconfinat	1974-2007
Ter S-06	Gualta	Semiconfinat	1974-2007
Ter S-06 bis	Gualta	Semiconfinat	1974-2007
Ter S-8 a	Torroella de M	Semiconfinat	1993-2007
Martinoy S-15	Gualta	Semiconfinat	1985-1991
Ter S-10 Golf	Torroella de Montgrí	Semiconfinat	1995-2001
Ter S-56	Gualta	Semiconfinat	1985-2007
Daró S-1 c	Gualta	Semiconfinat	1991-2007
Daro S-2 c	Gualta	Semiconfinat	2005-2007
Daró S-3 c	Gualta	Semiconfinat	1991-2007
Ter S-03	Gualta	Semiconfinat	1974-2007
Ter S-2'	Serra de Daró	Semiconfinat	1974-2007
Ter S-1'	Serra de Daró	Semiconfinat	1974-2007
Pletera S3_Geoservei	Torroella de Montgrí	Semiconfinat	2007-2008
Mas Soler	Torroella de Montgrí	Lliure	1976-2007
Mas Paguina	Torroella de Montgrí	Lliure	1976-2007
Mas Ferrer	Torroella de Montgrí	Lliure	1976-2007
Mas Torras	Ullà	Lliure	1976-2007
Ter S-8'	Serra de Daró	Lliure	1976-2007
Mas Canet	Tallada d'Emp.	Lliure	1976-1996
Mas Mac	Tallada d'Emp.	Lliure	1976-2007

Taula 7. *Punts de control piezomètric de l'Agència Catalana de l'Aigua a la zona litoral i àrees contigües.*

Topònim	Terme municipal	Tipologia	Període de control
Nou Escala. Camps d'en Pagès	Albons	semiconfinat	2004-2007
Mas Blai	Gualta	semiconfinat	1996-2007
Pou Mancomunitat Palafrugell 1	Gualta	semiconfinat	1995-2007
Pou Mancomunitat Palafrugell 2	Gualta	semiconfinat	1995-2007
Pou Sant Crist (Bellcaire)	Bellcaire d'Emp.	semiconfinat	2001-2007
Pou Comuns (LE-14)	l'Escala	semiconfinat	2001-2007
Pou Sifons 1 (LE-17)	Albons	semiconfinat	2000-2007
Salanc Petit	l'Escala	Lliure	1996-2007
Mas la Pagesa	Torroella de Montgrí	Lliure	1995-2007
Mas Jonquer	Torroella de Montgrí	Lliure	1996-2007
Pou 1 Camping Delfin Verde	Torroella de Montgrí	Lliure	1995-2007
Mas Bruguera	Torroella de Montgrí	Lliure	1996-2007
Camp d'Horta	Torroella de Montgrí	Lliure	1996-2007
Horta Artigas	Torroella de Montgrí	Lliure	1995-2007
Mas Bayó	Torroella de Montgrí	Lliure	1996-2007
Mas Calafat	Torroella de Montgrí	Lliure	2003-2007
Mas Ferrer	Torroella de Montgrí	Lliure	1995-2007

Taula 8. *Punts de control de la qualitat de l'Agència Catalana de l'Aigua a la zona litoral i àrees contigües.*

6. DELIMITACIÓ I DESCRIPCIÓ D'ÀMBITS HIDROLÒGICS

6.1. Criteris de delimitació d'àmbits hidrològics

El comportament dels principals elements hidrològics naturals descrits als apartats precedents està regulat i condicionat per les interaccions que es produeixen: (1) amb altres elements naturals contigus (rius i torrents, mar i aqüífers), i (2) amb els elements hidrològics antròpics (recs, sèquies i branques, motes, comportes...).

Quan es tracta d'establir la dinàmica d'elements hidrològics naturals no condicionats per determinats elements antròpics o infraestructures, la qüestió és relativament assumible des del punt de vista metodològic; en aquests casos, la delimitació de la conca natural associada a l'element natural (llacuna, bassa, maresma...) és suficient per a començar a definir els paràmetres d'entrada i sortida que intervenen en la seva dinàmica hidrològica.

En el cas de la plana litoral del Baix Ter, el fet que els elements hidrològics naturals restin condicionats per l'acció de diversos elements antròpics (recs, motes,comportes...) ha motivat la necessitat d'introduir un punt de vista metodològic diferent al que normalment s'aplica, i que s'ha basat en la delimitació i categorització del territori en allò que hem passat a anomenar: **àmbits hidrològics**.

La delimitació dels àmbits hidrològics té en compte els efectes que els elements antròpics (per exemple: la mota del riu) produeixen sobre la dinàmica d'un determinat element hidrològic natural, de manera que, en alguns casos, cal prioritzar aquest efecte sobre els habituals criteris de delimitació hidrològica que únicament tenen en compte els límits de la conca vessant natural.

Àmbit hidrològic	Subàmbit hidrològic	Sector hidrològic
Àmbit del Ter Vell	Subàmbit de drenatge dels torrents del Montgrí a Torroella	
	Subàmbit de drenatge dels torrents de Rocamaura	
	Subàmbit de regadiu del rec del Ter Vell i rec soterrat mas Duran	
Àmbit la Pletera i bassa del fra Ramon		
Àmbit estuari de la gola del Ter		
Àmbit del rec Madral	Subàmbit de drenatge del torrent de Santa Caterina	
	Subàmbit de regadiu del rec soterrat de Mas Duran	
Àmbit de Sobrestany	Subàmbit de drenatge del torrent de la Coma Llobera	
	Subàmbit de drenatge de la sèquia Cinyana	
	Subàmbit de regadiu del rec de Sentmenat i rec de La Branca	
Àmbit basses d'en Coll i la Fonollera	Subàmbit de la Fonollera i el Joncar	
	Subàmbit basses d'en Coll i Anser	Sector rec del Molí de Pals
		Sector muntanyes de Begur
		Sector riera de Peratallada
Àmbit dels estanys de Pals i Boada	Subàmbit de l'estany de Pals	
	Subàmbit de l'estany de Boada	
Àmbit dels estanyols de Pals		

Taula 9. *Catàleg dels àmbits i subàmbits hidrològics relatius als diversos elements hidrològics naturals de la plana litoral del Baix Ter.*

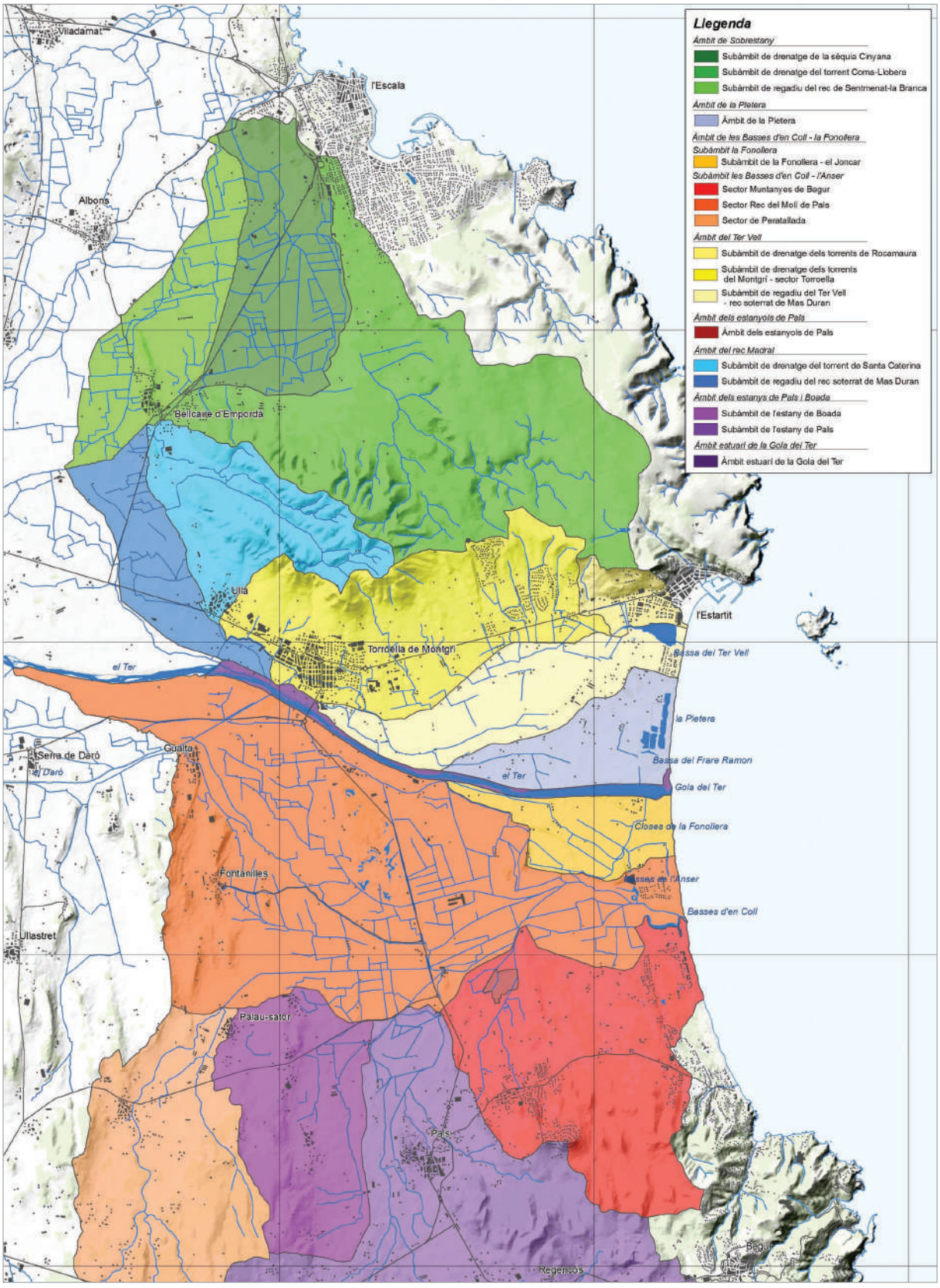


FIG. 11. Cartografia dels àmbits i subàmbits hidrològics associats als diversos elements hidrològics naturals de la plana litoral del Baix Ter.

La delimitació i definició dels àmbits hidrològics de la zona litoral del Baix Ter ha estat vertebrada a partir de criteris topogràfics, hidrogràfics i geomorfològics, on bàsicament s'ha tingut en compte:

(a) la singularitat dels elements hidrològics naturals de referència a la zona, per exemple, les llacunes litorals.

(b) els diversos cursos hidrològics, bé naturals, bé antròpics, que intervenen en l'aportació i el drenatge d'aigua dins un determinat àmbit.

(c) la divisòria natural de les conques hidrogràfiques associades a cada àmbit, i l'orografia del terreny circumdant,

(d) la influència hidrològica que juguen els elements antròpics, tals com motes i derivacions dels recs, i finalment

(e) el paper de la geomorfologia del terreny, per exemple, la influència hidrogeològica de les lleres fòssils.

En base a aquests criteris s'han delimitat i caracteritzat **8 àmbits hidrològics** o d'influència respecte als principals elements hidrològics naturals de la zona litoral del Baix Ter *(Taula 9)*. Quan ha sigut necessari, alguns dels àmbits definits s'han subclassificat en **subàmbits hidrològics**, i aquests en **sectors hidrològics**, depenent de la complexitat de la dinàmica hidrològica i de la delimitació geogràfica de cada àmbit *(FIG. 11)*.

6.2. Descripció i delimitació dels àmbits hidrològics

6.2.1. Àmbit del Ter Vell

L'element hidrològic natural de referència és la llacuna litoral del Ter Vell i el rec que porta el mateix nom. Aquest àmbit hidrològic delimita una superfície total de 1.820 ha i s'estén en el conjunt de l'àrea d'influència hidrològica del Ter Vell, des del seu inici a la resclosa d'Ullà, fins a la seva desembocadura a la llacuna litoral del mateix nom, a tocar la platja de l'Estartit *(FIG. 11.1)*.

En aquest àmbit es poden diferenciar tres subdominis hidrològics: (a) el subàmbit de drenatge dels torrents del Montgrí (sector Torroella), (b) el subàmbit de regadiu del Ter Vell i del rec soterrat de Mas Duran, i (c) el subàmbit de drenatge dels torrents de Rocamaura. Les aportacions d'aigua derivades dels tres subàmbits anteriors, conjuntament amb les aportacions pluviomètriques i les entrades d'aigües salines litorals configuren l'esquema bàsic de funcionament hidrològic de l'àmbit del Ter Vell.

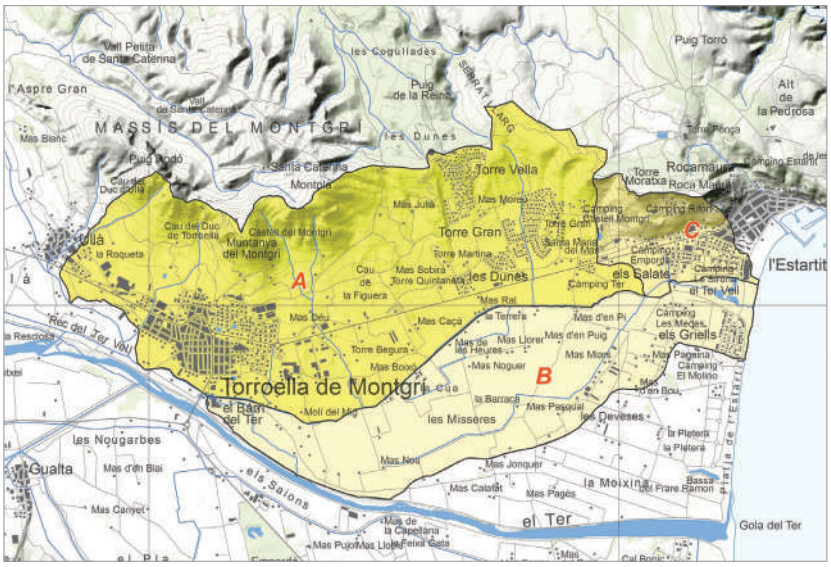


FIG. 11.1. *Àmbit hidrològic del Ter Vell i subàmbits hidrològics associats. A:subàmbit de drenatge dels torrents del Montgrí (sector Torroella); B: subàmbit de regadiu del rec del Ter Vell i rec soterrat de Mas Duran; C: subàmbit de drenatge dels torrents de Rocamaura.*

6.2.1.1. Subàmbit de drenatge dels torrents del Montgrí (sector Torroella)

És un àmbit dominantment de drenatge i ocupa una superfície de 1.118 ha. Delimita les conques de drenatge dels torrents que solquen el vessant meridional del Montgrí, entre Torroella i el Rocamaura a l'Estartit, part de l'aigua dels quals pot acabar desaiguant al rec del Ter Vell i d'aquí a la llacuna litoral. Algun d'aquests torrents desaigua en els col·lectors urbans de Torroella de Montgrí o es troba directament canalitzat fins a desaiguar al riu Ter.

Des de l'oest a l'est de l'àmbit trobem: el torrent del Gitano, el torrent d'Ullà, el torrent d'Aiats, el torrent del coll d'en Garrigàs, el torrent del Mas Moreu i el torrent de la Torre Gran. Són cursos eixuts gairebé tot l'any, i que només porten aigua després de pluges importants. Aquest subàmbit presenta els següents límits:

(a) al nord limita amb la carena o divisòria d'aigües del massís del Montgrí; entre puig Rodó, al nord d'Ullà, i el puig del Tossal Gros, al nord-oest de l'Estartit.

(b) a l'oest, limita amb la carena d'en Saliner, entre el puig Rodó i el nucli urbà d'Ullà.

(c) al sud, limita amb la traça del rec del Ter Vell, des de la resclosa d'Ullà fins a la llacuna del Ter Vell, i finalment

(d) a l'est, limita amb la divisòria d'aigües existent entre el puig del Tossal Gros i els camps dels Salats, on el rec del Ter Vell vessa les aigües a la llacuna litoral.

Imatge 16. *El pla de regadiu que s'estén al marge esquerra del Ter es rega amb les aigües procedents del rec soterrat de mas Duran i amb una part de les aigües de l'EDAR de Torroella de Montgrí. Els camps del marge dret es reguen amb un canal superficial de mitja canya procedent de Gualta, que deriva les seves aigües del rec del Molí de Pals. Els retorns de reg de tots aquests camps drenen subterràniament al riu (Foto: T. León).*

6.2.1.2. Subàmbit de regadiu del rec del Ter Vell i rec soterrat de Mas Duran

Subàmbit de regadiu que s'estén entre el rec del Ter Vell, al nord, i la traça fluvial fòssil del Ter Vell, al sud, en una superfície conjunta de 565 ha. Aquest subàmbit està majoritàriament format pels camps de regadiu que es reguen amb les aigües del rec soterrat del Mas Duran. Hidrològicament, les aigües sobrants del reg agrícola o bé drenen cap al rec del Ter Vell o bé són conduïdes subterràniament a través de la llera fòssil del Ter Vell, de manera que per una o altra banda acaben circulant fins a la llacuna del mateix nom.

La delimitació del subàmbit presenta els límits següents:

(a) al nord i oest limita amb el curs actual del rec del Ter Vell, des del molí d'en Mercader a Torroella de Montgrí fins a la llacuna del Ter Vell.

(b) al sud, limita amb la mota del marge esquerre del riu Ter, entre el barri del Ter, al sud de Torroella de Montgrí, i can Peretes; i al sud - est, amb la traça de l'antiga llera fòssil del Ter Vell, des de can Peretes fins a l'alçada del mas Paguina.

(c) des del mas Paguina, el límit tanca perpendicularment amb la línia de costa seguint una aparent divisòria topogràfica que discorre entre el càmping el Molino i la urbanització els Griells.

6.2.1.3. Subàmbit de drenatge dels torrents de Rocamaura

Subàmbit de drenatge amb una superfície de 137 ha. Comprèn les conques de drenatge dels torrents del vessant meridional del Rocamaura, al nord de l'Estartit. Tal com l'àmbit dels torrents del Montgrí, aquests torrents són cursos de caràcter torrencial que es mantenen eixuts gairebé tot l'any.

La particularitat hidrològica d'aquest subàmbit és el fet que, originàriament, els torrents que el formen desaiguaven les seves aigües directament a la riba nord de la llacuna del Ter Vell i no al rec del Ter Vell com en el cas del subàmbit del Montgrí. Actualment, els cabals que circulen per aquests torrents després d'episodis de pluja importants queden majoritàriament canalitzats pels col·lectors urbans d'aigües pluvials de l'Estartit i de les urbanitzacions contigües.

No s'inclouen en aquest subàmbit aquells torrents que, tot i drenar el massís de Rocamaura, desemboquen directament a la platja de l'Estartit, com el torrent d'en Planes o el de Torra Ponça. Són torrents que gairebé sempre van eixuts, però que quan plou molt en poques hores poden inundar alguns carrers de l'Estartit. La delimitació del subàmbit presenta els límits següents:

(a) al nord i a l'est limita amb la carena o divisòria d'aigües del massís de Rocamaura, entre el puig del Tossal Gros i la platja de l'Estartit, a tocar de la llacuna del Ter Vell.

(b) a l'oest, limita amb la divisòria d'aigües del puig del Tossal Gros i els camps dels Salats, on el rec del Ter Vell deixa les aigües a la llacuna litoral, i

(c) per la banda sud limita amb la riba nord de la llacuna del Ter Vell.

6.2.2. Àmbit de la Pletera i bassa de fra Ramon

És l'àmbit de regadiu que queda entre la traça de la llera fòssil del Ter Vell i la mota del marge esquerre del riu Ter. Inclou els elements naturals de la maresma de la Pletera i les basses de Fra Ramon i antiga bassa del Pi.

Des del punt de vista hidrològic, aquesta delimitació s'efectua tenint en compte les aportacions d'aigua dolça provinents dels excedents de reg agrícola del rec soterrat de Mas Duran, sector entre el Ter Vell i la mota del Ter, i la influència que les crescudes del riu poden tenir sobre el freàtic de la zona. Aquestes aportacions, conjuntament amb la pluviometria i les entrades d'aigües salines derivades dels temporals de mar configuren l'esquema de funcionament hidrològic d'aquest àmbit *(FIG. 11.2).*

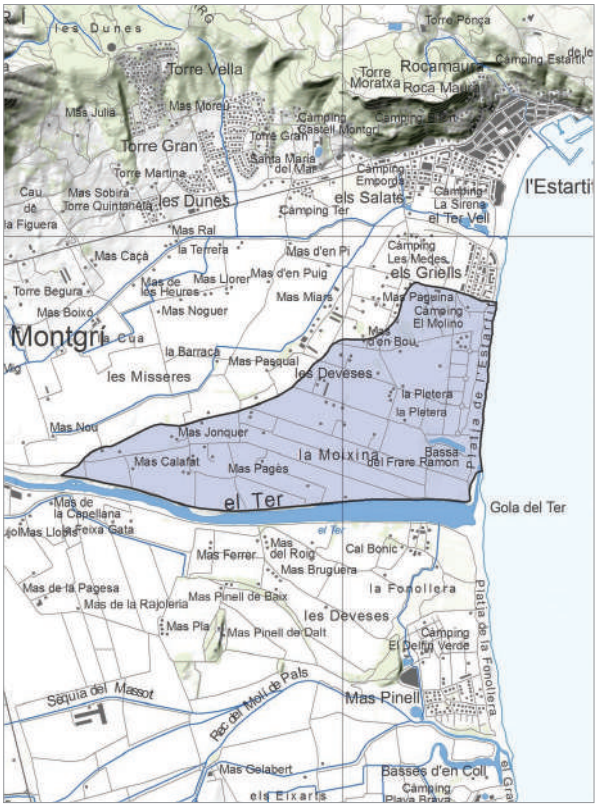


FIG. 11.2. *Àmbit hidrològic de la Pletera i bassa de fra Ramon. L'àmbit de la Pletera i bassa de fra Ramon presenta una superfície de 380 ha i s'estén al marge esquerre del riu Ter, entre els camps de la Moixina i de les Deveses, i el mar. Els límits d'aquest àmbit són: (a) al nord i oest limita amb l'àmbit del Ter Vell, prenent com a divisòria la traça de la llera fluvial fòssil del Ter Vell que va des de can Peretes fins a l'alçada de mas Paguina. Des d'aquest punt fins a la línia de mar, el contacte d'ambdós àmbits passa per la línia que uneix el càmping el Molino i la urbanització els Griells; (b) al sud limita amb la mota del marge esquerre del riu Ter, des de can Peretes fins al mar; i (c) a l'est, amb la línia de costa.*

6.2.3. Àmbit estuarí de la gola del Ter

Aquest àmbit s'ha referenciat en relació al domini estuarí del riu Ter, que comprèn un transsecte de riu de 2,28 km, des de la gola fins a l'alçada dels camps del mas Pla. En aquest tram, el riu presenta un nivell d'aigües planes amb una cota igual o pràcticament igual a la del nivell del mar. Com a subdomini complementari d'aquest àmbit també s'ha inclòs el tram aigües amunt comprès entre el domini estuarí i la resclosa d'Ullà, atesa la interdependència directa que hi ha entre un i altre tram.

L'àmbit estuarí de la gola del Ter queda limitat per les motes del riu, que se situen paral·leles al transsecte fluvial, des de la resclosa d'Ullà fins a la gola. Linealment, el conjunt presenta una longitud de 7,7 km i la seva superfície és de 137 ha.

En l'aspecte hidrològic, la dinàmica d'aquest àmbit està clarament condicionada pels cabals ordinaris i les avingudes del riu, en el sentit aigües avall, i pel retorn de l'avinguda i l'ascens del nivell del mar per temporal, en el sentit aigües amunt.

6.2.4. Àmbit del rec Madral

És l'àmbit de drenatge del vessant oest de la muntanya d'Ullà, i de drenatge i reg agrícola del marge esquerre del rec del Mas Duran *(FIG. 11.3)*. La seva superfície ocupa unes 1.000 ha i els límits s'han definit en relació a la dinàmica del rec Madral.

Tot i que aquest àmbit no queda directament relacionat amb cap element hidrològic singular, s'ha considerat com a àmbit hidrològic d'interès perquè constitueix l'enllaç hidrològic entre altres àmbits de la zona litoral; concretament, al nord, connecta amb l'àmbit de Sobrestany, i per la banda sud-est, les aigües del rec Madral acaben desaiguant directament al Ter, creuant el Ter Vell i el regadiu soterrat de Mas Duran, de manera que en èpoques de reg i de pluges importants contribueix a millorar els cabals circulants aigües avall del riu.

L'àmbit del rec Madral presenta dos dominis diferenciats: (a) el subàmbit de regadiu del rec soterrat de Mas Duran, i (b), el subàmbit de drenatge del torrent de Santa Caterina.

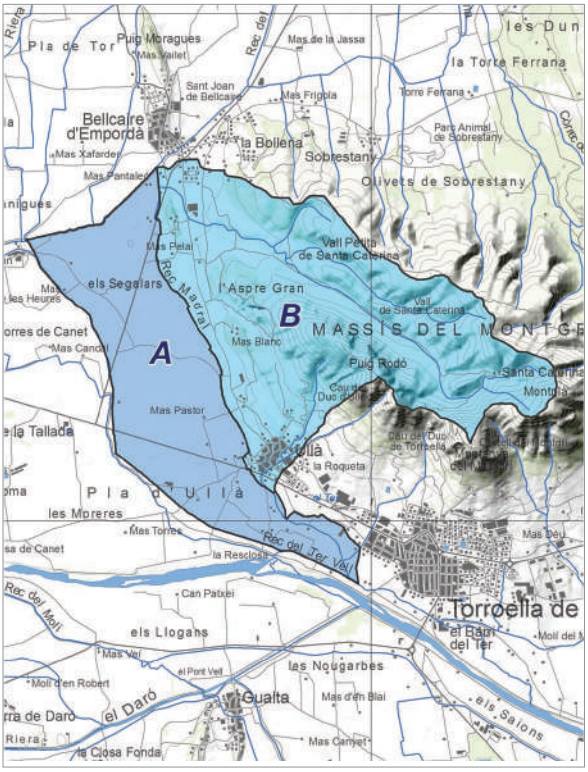


FIG. 11.3. *Àmbit hidrològic del rec Madral i subàmbits hidrològics associats. A: subàmbit de regadiu del rec soterrat de Mas Duran; B: subàmbit de drenatge del torrent de Santa Caterina.*

6.2.4.1. Subàmbit de regadiu del rec soterrat de Mas Duran

Subàmbit de regadiu i de drenatge dels camps de conreu que s'estenen entre el rec Madral, a l'est, i el rec soterrat de Mas Duran, a l'oest. Hidrològicament, aquest subàmbit està condicionat per la dinàmica dels excedents de reg que drenen el rec Madral, i que conjuntament amb els cabals de l'altre subàmbit acaben desaiguant, plegats, al riu Ter, just al sud-oest de Torroella de Montgrí.

La superfície d'aquest subàmbit és de 380 ha i presenta els límits següents:

(a) al nord, limita amb l'eix del rec de Sentmenat comprès entre el mas Duran de la Tallada d'Empordà i el mas Pantaleó de Bellcaire d'Empordà.

(b) a l'oest i sud-oest, limita amb el rec soterrat de Mas Duran fins al lloc de la resclosa d'Ullà, des d'on el límit continua seguint la mota del marge esquerre del riu Ter.

(c) a l'est, limita amb l'eix del rec Madral, des del tram comprès entre el mas Pantaleó de Bellcaire i el punt de desguàs del rec al riu Ter, al sud-oest de Torroella de Montgrí.

6.2.4.2. Subàmbit de drenatge del torrent de Santa Caterina

Subàmbit de drenatge dels vessants de la muntanya d'Ullà a través del torrent de Santa Caterina i la riera

Petita, en el vessant nord, així com per part d'alguns torrents innominats situats en el vessant sud-oest, entre Ullà i Bellcaire d'Empordà. La majoria d'aquests torrents desaigüen de forma difusa en els camps situats a les cotes més baixes del massís, on precisament el rec Madral actua com a eix de drenatge d'aquests camps.

El subàmbit presenta una superfície de conca de 620 ha, i la seva delimitació segueix els límits següents:

(a) al nord, la divisòria d'aigües del vessant nord de la vall de Santa Caterina.

(b) a l'est, la divisòria d'aigües que recorre la carena entre la muntanya del Montplà, la muntanya del Castell i la muntanya d'Ullà. Des d'aquest punt, el límit baixa al sud en contacte amb la divisòria de l'àmbit del Ter Vell, fins a Ullà i fins al rec Madral.

(c) a l'oest, aquest subàmbit limita amb el rec Madral, des d'Ullà fins a Bellcaire d'Empordà, i amb el subàmbit associat del rec soterrat de Mas Duran.

6.2.5. Àmbit de Sobrestany

Àmbit definit en relació al funcionament hidrològic de la zona de Sobrestany, lloc on històricament es trobava situat l'antic estany de Bellcaire. Aquest àmbit presenta una superfície d'influència hidrològica d'unes 3.200 ha, que s'estenen des del rec de la Branca, al bell mig del corredor d'Albons, fins a la capçalera del torrent de la Coma Llobera, al centre del massís del Montgrí *(FIG. 11.4)*.

L'àmbit de Sobrestany s'ha categoritzat en 3 subàmbits: (a) a l'oest, el subàmbit de regadiu del rec de Sentmenat i el rec de la Branca; (b) al centre, el subàmbit de regadiu i drenatge de la sèquia Cinyana, i (c). a l'est i sud, el subàmbit de drenatge del torrent de la Coma Llobera.

6.2.5.1. Subàmbit de regadiu del rec de Sentmenat i rec de La Branca

Subàmbit de regadiu que s'estén pels camps de conreu existents entre el rec del Molí de Bellcaire o rec de Sentmenat, i el rec de la Branca. La superfície d'aquest subàmbit és de 572 ha i hidrològicament representa les aportacions potencials procedents dels excedents de reg del sector agrícola a què acabem de fer referència.

La seva delimitació presenta els límits següents:

(a) a l'oest, limita amb l'eix del rec de la Branca, seguint des del

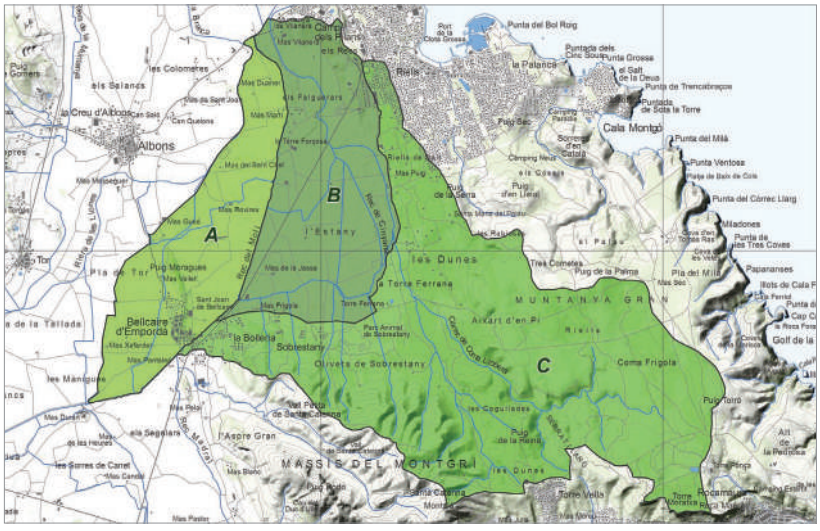


FIG. 11.4. Àmbit hidrològic de Sobrestany i subàmbits hidrològics associats. A: subàmbit de regadiu del rec de Sentmenat i rec de la Branca; B: subàmbit de regadiu i drenatge de la sèquia Cinyana; C: subàmbit de drenatge del torrent de la Coma Llobera.

mas Duran -punt d'on deriva a partir del rec de Sentmenat-, fins als camps de conreu del paratge els Comuns de l'Escala, i

(b) al sud i a l'est, limita amb el transsecte del rec de Sentmenat comprès entre Bellcaire i l'Escala.

6.2.5.2. Subàmbit de regadiu i drenatge de la sèquia Cinyana

Subàmbit de regadiu i de drenatge dels camps que s'estenen entre el rec soterrat de Sobrestany i el rec de Sentmenat, que integren també el conjunt de l'àrea palustre de l'antic estany de Bellcaire. Aquest subàmbit està travessat per la sèquia Cinyana, que actua com a principal eix col·lector de les aigües d'escolament superficial i subsuperficial provinents dels camps d'arrossars i del reg d'altres conreus de la plana de Sobrestany.

El subàmbit presenta una superfície d'influència hidrològica de 710 ha, i la seva delimitació s'estableix a partir dels límits següents:

(a) al sud, limita amb el rec soterrat de Sobrestany, que rega la majoria dels horts establerts tant a una banda com a l'altra del camí de Sobrestany a l'Escala. Aquest eix soterrat connecta amb la sèquia Cinyana, on desaigua els cabals sobrants del reg.

(b) a l'oest, limita amb el rec del Molí de Bellcaire o de Sentmenat en el transsecte comprès entre Bellcaire i l'Escala,

(c) a l'est limita amb el subàmbit del torrent de Coma Llobera, i

(d) al nord, amb el contacte geològic que separa la plana al·luvial i els afloraments rocosos mesozoics de Vilanera.

6.2.5.3. Subàmbit de drenatge del torrent de la Coma Llobera

Subàmbit de drenatge dels torrents que solquen els vessants centrals del massís del Montgrí; el de més entitat és l'anomenat còrrec de Coma Llobera, que discorre de sud a nord, des del puig de la Reina i el puig Torró fins a esvair-se just a l'entrada dels camps de conreu de la plana de Sobrestany.

El subàmbit del torrent de la Coma Llobera presenta una superfície d'unes 1.918 ha, que reflecteix bàsicament la dinàmica de la conca vessant d'aquest torrent.

La seva delimitació queda definida pels límits següents:

Imatge 17. *Durant dècades, l'estany de Bellcaire s'ha destinat al conreu de l'arròs. En tot aquest temps ha passat de ser apreciat com a font de desenvolupament, a menystingut en motiu d'atribuir-li la causa del paludisme i altres malalties. Fa pocs anys ha recuperat l'ús ancestral de conreu de l'arròs, adaptat a les característiques hidrològiques locals. En zones palustres els camps d'arròs exerceixen d'amfitrió del paisatge en una simbiosi d'equilibris hidrològics entre el manteniment del medi natural i l'ús del territori (Foto: R. Fortià).*

(a) la divisòria d'aigües que emmarca la conca hidrogràfica del còrrec de Coma Llobera i la de la resta de petits torrents que drenen les seves aigües vers el paratge de Sobrestany. Aquest límit ressegueix, de nord-oest a est, la carena que uneix Bellcaire amb el cim de la Muntanyeta, el puig de les Cogullades, el Montplà, el Tossal Petit, i el Tossal Gros; i de sud a nord, la carena que uneix el puig Torró amb el puig de la Palma, el puig de la Serra i la Muntanya dels Recs.

(b) el contacte geològic que separa els dipòsits palustres quaternaris que conformen el pla de Sobrestany, dels dipòsits col·luvials i de dunes fixes que s'estenen al llarg del camí de Sobrestany a l'Escala *(FIG. 12)*, i

(c) l'eix del rec soterrat de Sobrestany en tot el seu recorregut, des de la seva derivació del rec de Sentmenat, a l'est de Bellcaire, fins a la seva confluència amb la sèquia de Cinyana.

6.2.6. Àmbit de les basses d'en Coll - la Fonollera

Aquest àmbit es defineix en relació a l'àrea d'influència hidrològica dels elements hidrològics d'interès que s'estenen en el front litoral del marge dret del riu Ter; resseguint el litoral de nord a sud, aquests elements són: les closes de la Fonollera, el Joncar i les basses de l'Anser i d'en Coll.

L'àmbit d'influència hidrològica d'aquest sistema natural presenta una superfície d'unes 6.450 ha, i inclou com a principals eixos d'aportació d'aigües dolces: el rec del Molí de Pals, la sèquia Massot, el rec de Gualta - Torroella, el rec de la Riera Nova, la riera de Peratallada, la riera Vella i el rec d'en Coll *(FIG. 11.5)*.

L'estudi de la dinàmica hidrològica d'aquest àmbit ha permès ordenar la influència assignable als diversos eixos de reg, així com la interacció entre aquests i alguns elements antròpics tals com motes, derivacions, i divisòries topogràfiques, entre d'altres. El resultat de l'anàlisi efectuada ha permès classificar aquest àmbit en dos subàmbits: (a) el subàmbit de la Fonollera - el Joncar, i (b) el subàmbit de les basses d'en Coll - l'Anser.

Cal remarcar que l'àmbit de les basses d'en Coll - la Fonollera presenta una certa complexitat per a delimitar els espais que intervenen en la seva dinàmica hidrològica. Pràcticament tot el territori del marge dret del riu podria formar part de la zona d'influència hidrològica de les basses d'en Coll i la Fonollera. Això seria: el conjunt del territori comprès des de la derivació del rec del Molí de Pals allà la resclosa de Canet, fins a la platja de Pals, i des del marge dret del riu Ter fins a les capçaleres de les subconques de la riera de

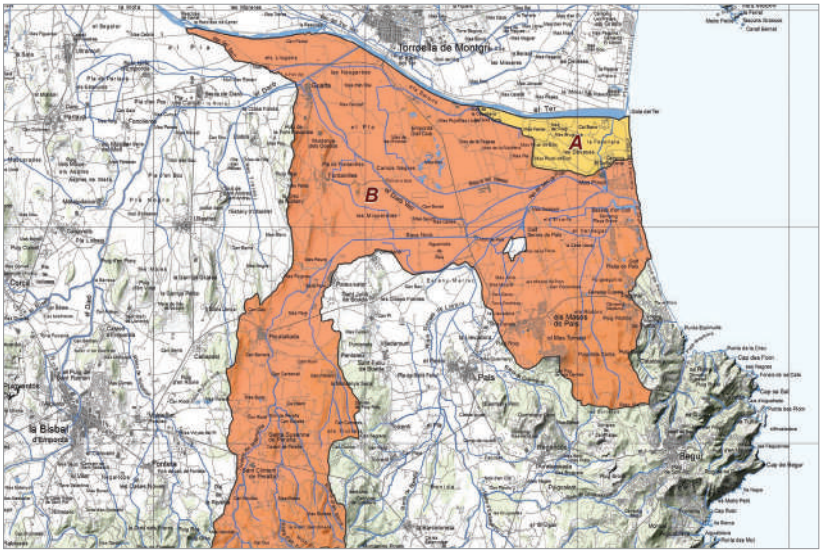


FIG. 11.5. *Àmbit hidrològic de les basses d'en Coll - la Fonollera i subàmbits hidrològics associats: A, subàmbit de la Fonollera - el Joncar; B, subàmbit de les basses d'en Coll i de l'Anser.*

Peratallada o la riera de Pals. Tot aquest territori acaba drenat les seves aigües fins al litoral de les basses d'en Coll i la Fonollera, i per tant, seria susceptible de ser agrupat en un únic àmbit de funcionament hidrològic.

Per a facilitar l'anàlisi de la dinàmica d'aquest extens territori s'ha optat per donar el rang d'àmbit hidrològic a determinades zones que, tot i quedar-hi integrades, poden a més estar relacionades amb un determinat element d'interès hidrològic, de manera que se'ls dóna una jerarquia hidrològica suficient com per a poder ser analitzades independentment del territori d'influència hidrològica de les basses d'en Coll i la Fonollera. Les zones que hem categoritzat també com a àmbits són: (a) l'àmbit dels estanys de Pals i Boada, relacionat particularment amb la dinàmica hidrològica d'aquests estanys, i (b) l'àmbit dels estanyols de Pals, per la seva singularitat hidrodinàmica en comparació amb la resta d'elements hidrològics estudiats.

A la resta del territori d'influència de les basses d'en Coll-la Fonollera s'ha mantingut la classificació ja comentada de dos subàmbits: el subàmbit de la Fonollera i el Joncar, i el subàmbit de les basses d'en Coll - l'Anser; mentre que en aquest darrer, atesa la seva extensió, s'ha establert també una jerarquia pel que fa als sectors hidrològics següents: (a) sector del rec del Molí de Pals, (b) sector de les Muntanyes de Begur, i (c) sector de la riera de Peratallada *(Taula 9)*.

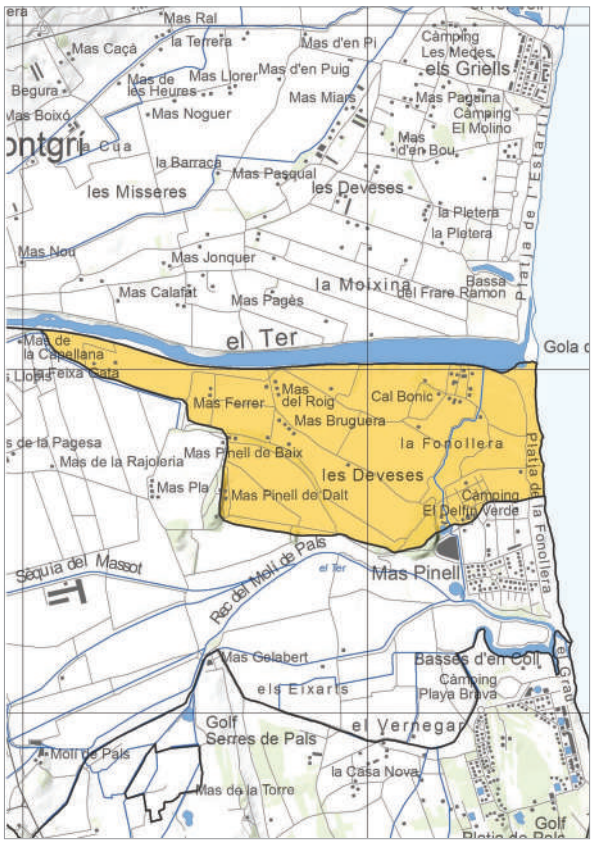


FIG. 11.5.1. *Subàmbit hidrològic de la Fonollera – el Joncar. Presenta una superfície de 310 ha i la seva delimitació està marcada pels límits següents: (a) al nord, limita amb la mota del marge dret del riu Ter, en el tram comprès entre el mas de la Capellana i la gola del riu. (b) a l'oest i al sud-oest, limita amb el sector de reg comprès entre el mas de la Capellana i el puig del mas Pinell de Dalt, i (c) al sud i sud-est, el límit està constituït per la mota que uneix els relleus terciaris del puig del mas Pinell de Dalt i el puig de la Fonollera, i continua a través del càmping Delfín Verde, seguint un cert desnivell topogràfic, fins a arribar a la línia de costa.*

6.2.6.1. Subàmbit de la Fonollera - el Joncar

Subàmbit definit en relació a l'anàlisi de les aportacions hídriques al sistema de closes i basses de la Fonollera i el Joncar i a la bassa de la mota de l'Om *(FIG. 11.5.1)*.

El funcionament hidrològic d'aquest subàmbit està condicionat principalment a les aportacions d'aigua dolça provinents dels sobrants del rec de Gualta-Torroella que arriben fins a l'àmbit natural de referència, i també per les aigües d'escolament superficial i subterrani que provenen del reg dels camps de conreu contigus.

6.2.6.2. Subàmbit de les basses d'en Coll i de l'Anser

Subàmbit definit en relació a la seva influència hidrològica sobre la dinàmica de les basses d'en Coll i de l'Anser. Els principals eixos que regulen la dinàmica d'aportació i drenatge d'aigües dolces dins aquest subàmbit són el rec del Molí de Pals, la sèquia Massot, el rec de la riera Nova i la riera de Peratallada, i la riera Vella i el rec d'en Coll *(FIG. 11.5.2)*.

El funcionament hidrològic d'aquest subàmbit es troba fortament condicionat per l'estacionalitat de les aportacions que es destinen al reg del conreu d'arròs, de manera que durant la major part de l'any, l'escenari ecològic de les basses d'en Coll és més propi d'una llacuna d'aigua dolça que no pas el d'una llacuna litoral amb aiguabarreig d'aigües dolces-salines.

El subàmbit de les basses d'en Coll - l'Anser presenta una superfície de 6.140 ha, i ha estat dividit en tres subdominis: (a) el sector del rec del Molí de Pals, (b) el sector muntanyes de Begur, i (c) el sector riera de Peratallada.

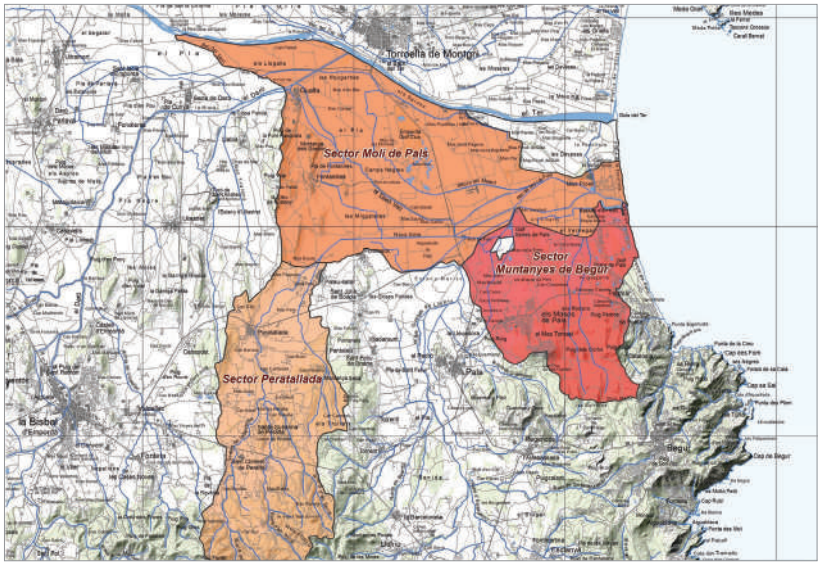


FIG. 11.5.2. Subàmbit hidrològic de les basses d'en Coll i l'Anser, amb la delimitació corresponen als tres sectors diferenciats: sector del rec del Molí de Pals, sector de les Muntanyes de Begur i sector de la riera de Peratallada.

6.2.6.2.1. Sector del rec del Molí de Pals

Comprèn els dominis hidrogràfics del conjunt de recs i sèquies que, directament o indirectament, des-aigüen les seves aigües al sistema de les basses d'en Coll.

D'una banda, el rec del Molí de Pals és el principal eix d'aportacions d'aigües dolces al sistema. Tal com s'ha comentat en els apartats precedents està gestionat principalment pels productors d'arròs de la zona, fet que, en l'aspecte hidrològic, condiciona significativament els cicles d'aportacions, la qualitat i els nivells d'aigua que arriben al sistema llacunar.

La sèquia Massot, la riera Vella i el rec d'es Coll són altres cursos que queden integrats també en aquest sector hidrològic. Actualment, tenen la funció de drenatge de les aigües estanyades en els camps d'arròs i dels excedents de reg d'altres conreus contigus. La superfície d'aquest sector hidrològic és de 2.775 ha, i la seva delimitació presenta els límits següents:

(a) al nord limita amb el subàmbit de la Fonollera i el Joncar, i amb la mota del marge dret del riu Ter, des del mas de la Capellana fins a la resclosa de Canet de la Tallada, des d'on es deriva el rec del Molí de Pals.

(b) a l'oest, limita amb el mateix rec del Molí de Pals, des de la seva derivació fins al nucli urbà de Gualta. Des d'aquest punt, el límit segueix la carena del puig de la Creu de l'Estany i la muntanyeta Miqueleta.

(c) al sud, el límit segueix l'eix de la la riera Vella en tot el seu recorregut, des de Palau-sator i Fontclara fins a la seva confluència amb el rec d'en Coll, al sud del puig Ventós, i finalment.

(d) el límit segueix pel rec d'en Coll fins a mas Gelabert, i des d'aquí continua pel rec Gilda fins a la llacuna sud de les basses d'en Coll.

6.2.6.2.2. Sector de drenatge de les muntanyes de Begur

Sector de drenatge dels torrents que circulen en el vessant septentrional del massís de Begur i que desaigüen en direcció a la plana al·luvial del Baix Ter; no s'inclouen, per tant, els torrents tributaris de la riera Grossa de Pals ni els torrents i rieres que desemboquen directament al mar.

Hidrològicament, els cabals que aporten aquests torrents s'esvaeixen en arribar al sector dels camps de conreu de la plana, o al bell mig dels terrenys dunars característics d'aquest sector. En aquest sentit la seva influència hidrològica sobre el sistema de les basses d'en Coll s'efectua indirectament a través dels recs de drenatge que col·lecten aquestes aportacions, o bé a través de l'aqüífer.

Presenta una superfície d'unes 1.300 ha, incloent-hi l'àrea de capçalera dels diversos torrents -no representada a les figures corresponents-, i la seva delimitació s'estableix a partir dels límits següents:

(a) a la banda nord del sector limita amb el rec d'en Coll en el tram comprès entre el seu inici, a la riera Grossa de Pals, i el mas Gelabert. A continuació segueix pel rec Gilda fins a les basses d'en Coll.

Imatge 18. *El subàmbit hidrològic de les basses d'en Coll i l'Anser rep les aigües del rec del Molí de Pals, però també les aigües del sector hidrològic de la riera de Peratallada i del sector de les Muntanyes de Begur. A l'esquerra de la foto, el rec d'es Coll, i a la dreta, el rec del Molí de Pals. Al mig de la corba, aquest darrer rep les aigües de drenatge dels camps d'arròs a través de la sèquia Massot (Foto: Bon Vent de l'Empordà).*

(b) la resta del sector queda delimitat per la divisòria que marquen les conques de drenatge dels diversos torrents existents en el vessant septentrional del massís de Begur. Aquest límit ressegueix la carena que uneix el puig Ventós amb el puig Roig, el puig d'en Pou, les Sorreres, el puig Major i el puig Vermell. En aquest punt el límit continua per una divisòria d'aigües situada a l'oest de la urbanització Palsmar, per acabar en la direcció de màxim pendent fins al mar.

6.2.6.2.3. Sector de drenatge de la riera de Peratallada

Presenta una superfície de 2.065 ha, que inclou tota la conca hidrogràfica de la riera de Peratallada des de l'àrea de capçalera, entre el puig Ferrer, el puig de la Roca Filanera i el puig de les Parets, fins a la seva connexió amb el rec de la riera Nova. Des d'aquest rec, les aigües de la conca de la riera de Peratallada continuen canalitzades fins a desaiguar al rec del Molí de Pals, just al mas Gelabert, i d'aquest al sistema llacunar de les basses d'en Coll.

Hidrològicament, el sector de la conca de la riera de Peratallada computa com a cabals d'entrada a l'àmbit de les basses d'en Coll, tot i que una part de les aigües drenades en aquesta conca passen a infiltrar-se i a recarregar directament l'aqüífer associat a la riera.

La delimitació d'aquest sector és la divisòria d'aigües que defineix la conca hidrogràfica de la riera de Peratallada fins a la seva connexió amb el rec de la riera Nova.

6.2.7. Àmbit dels estanys de Pals i Boada

Aquest àmbit s'ha definit en relació a l'àrea d'influència hidrològica dels estanys de Pals i Boada. En tots dos casos, el funcionament hidrològic natural està condicionat pels recs de dessecació realitzats per a evitar la seva inundació, el rec Traient i el rec d'es Coll *(FIG. 11.6)*.

Presenta una superfície conjunta de 4.850 ha, i s'ha dividit en dos dominis hidrològicament diferenciables: el subàmbit de l'estany de Pals i el subàmbit de l'estany de Boada.

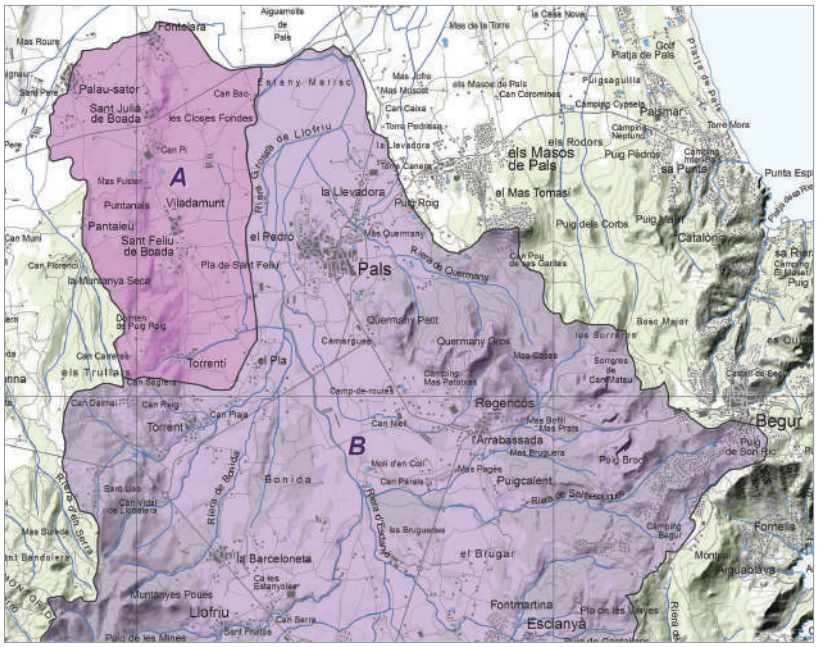


FIG. 11.6. *Àmbit hidrològic dels estanys de Pals i Boada i subàmbits associats: A, subàmbit de l'estany de Boada; i B, subàmbit de l'estany de Pals.*

6.2.7.1. Subàmbit de l'estany de Boada

Queda definit en relació al domini d'influència hidrològica de l'antic estany de Boada. Aquest domini rep les principals aportacions de la riera Vella i dels recs de Boada, mentre que el rec Traient constitueix el seu principal eix de drenatge.

Presenta una superfície de 800 ha i la seva delimitació queda marcada pels límits següents:

(a) el sector septentrional d'aquest subàmbit limita amb la riera Vella en tot el tram comprès entre Palau-sator i el puig d'en Geli.

(b) la resta de la delimitació, la constitueix la subconca dels recs de Boada i el rec Riells.

6.2.7.2. Subàmbit de l'estany de Pals

Aquest subàmbit es defineix en relació al domini d'influència hidrològica de l'antic estany de Pals. Les principals aportacions provenen de la riera Grossa de Pals i els seus diversos tributaris, mentre que el rec d'es Coll constitueix el seu principal eix de drenatge.

Presenta una superfície de 4.050 ha i comprèn el conjunt de la conca hidrogràfica de la riera Grossa de Pals, des de la seva capçalera a la banda sud del corredor de Palafrugell, fins al punt de sortida de l'estany a través del rec d'es Coll.

La delimitació del subàmbit queda establerta en els límits següents:

(a) pel nord limita amb un petit tram de la riera Vella, continua per la carena del puig d'en Geli, el puig de Can Bregat i l'alt del puig Ventós, per acabar trobant el rec d'es Coll.

(b) la resta de la delimitació segueix la divisòria d'aigües de la conca de la riera Grossa de Pals i els seus afluents,

Imatge 19. *A l'oest, el rec Traient, i a l'est, la riera Grossa de Pals (aigües avall canalitzada en el rec d'es Coll) confereixen aquesta morfologia quasi circular a l'estany Marisc o de Pals. També hi ajuda la presència de petits relleus terciaris que sobresurten de la plana en els llocs de can Bac, a l'oest, can Barceló, a l'est, i Puig Ventós al nord-est. (Foto: R. Fortià).*

6.2.8. Àmbit dels estanyols de Pals

Aquest és un àmbit hidrològicament singular que s'ha definit i delimitat íntegrament dins el sector Muntanyes de Begur, que a la vegada forma part del subàmbit de les basses d'en Coll - l'Anser. La seva especificitat es manifesta pel fet que el seu funcionament hidrològic està relacionat amb surgències d'aigües subterrànies, tal com s'ha comentat en apartats precedents *(subapartat 4.9)*.

L'àmbit d'influència hidrològica té uns límits indeterminats, probablement relacionats amb l'extensió aflorant i no aflorant de les formacions terciàries del Bartonià inferior altrament dit, "pedra de Pals", que, sota el punt de vista dels autors, podria ser la responsable de les surgències que s'han associat (QUINTANA, com. pers., 2008) com a causa probable de la formació d'aquests estanyols.

Aquest àmbit agrupa els terrenys situats entre el mas Garriguer, el mas Grassot i el golf Serres de Pals, amb una superfície aproximada de 18 ha. Tot i que l'extensió dels estanyols només és d'algunes desenes de metres quadrats, s'ha estès l'àmbit a aquells camps contigus que poden quedar parcialment negats durant determinats períodes de sobreeiximent del nivell surgent d'aquests estanyols.

Imatge 20. *Els estanyols de Pals són tres basses situades en uns camps propers al golf Serres de Pals i les instal·lacions de l'EDAR de Pals. Són basses de reduïdes dimensions i geometria circular, que mantenen una làmina d'aigua dolça més o menys permanent. Molt probablement la seva recàrrega està motivada per l'aportació d'aigües subterrànies, d'origen subsuperficial i/o possiblement profund, relacionades amb el sistema de fractures que afecta les unitats eocenes permeables del Bartonià inferior (Foto: X. Quintana).*

7. CARACTERITZACIÓ HIDROGEOLÒGICA

7.1. Introducció

Els aqüífers litorals de la plana del Baix Ter formen part de l'anomenada massa d'aigua subterrània 33 o Fluviodeltaic del Baix Ter, que és la denominació que recentment s'utilitza amb motiu de l'aplicació dels considerants de la Directiva Marc de l'Aigua (2000 / 60/CE).

Pel que fa al nivell del coneixement hidrogeològic de la zona existeixen diversos treballs precedents que han aportat informacions diverses sobre la naturalesa dels aqüífers de la plana; aquests treballs queden referenciats a l'apartat de bibliografia. Més recentment, l´AGÈNCIA CATALANA DE L'AIGUA ha promogut estudis per a adaptar el coneixement d'aquests aqüífers a les demandes d'informació establertes per la DIRECTIVA MARC DE L'AIGUA, que bàsicament s'han orientat a l'actualització de les característiques hidrogeològiques de la massa d'aigua subterrània i a l'avaluació detallada del seu estat en relació a les principals pressions i impactes existents a la zona (ACA_Geoservei, 2008). D'aquest darrer treball prové bona part de la informació que a continuació es presenta sobre les característiques dels aqüífers de la zona litoral del Baix Ter.

7.2. Context geològic

Els aqüífers del Baix Ter es troben ubicats en un context geològic definit per dues unitats geomorfològiques principals: **(a) les unitats al·luvials**, que conformen tot allò que coneixem com a plana del Baix Ter, plana del Daró, corredor d'Albons fins a l'Escala i corredor de la riera Grossa de Pals; i **(b) les unitats de substrat**, que constitueixen la delimitació perimetral i basal de les planes al·luvials anteriors, i per tant, dels aqüífers que aquestes contenen.

La terminació sud i oest dels aqüífers del Baix Ter queda definida per les unitats de substrat de les Pregavarres, que són d'edat paleògena i neògena, i de les Gavarres, d'edat paleozoica. A la banda nord, en el sector d'Empúries, la Massa 33 limita amb la Massa 32 o Fluviodeltaic del Fluvià-Muga, i finalment, a l'est, limita amb el massís calcari del Montgrí, d'edat mesozoica, i amb el litoral de la badia de Pals i l'Estartit *(FIG. 12).*

7.2.1. Unitats de substrat

Les unitats de substrat constitueixen el límit basal de la plana i defineixen la naturalesa litològica i la geomorfologia dels relleus que l'emmarquen. La constitució litològica d'aquestes unitats és de diversa mena segons el sector considerat:

En **el nucli central de la plana**, entre Canet de Verges i l'estret Gualta-Torroella, els materials al·luvials de la plana s'emmotllen damunt un substrat format per materials terciaris consolidats, d'edat paleògena i litologia gresosa, argilosa i conglomeràtica,. Aquest mateix substrat s'estén fins a aflorar en els relleus de Gualta, Fontanilles, Llabià i Ullastret *(colors ataronjats de la FIG. 12).* Es pot reconèixer també en alguns llocs centrals de la plana, com en els nuclis d'Albons, Bellcaire d'Empordà, Serra de Daró i Sant Iscle, així com al peu del contorn perimetral del massís del Montgrí, dins el tram comprès entre Bellcaire i l'Estartit.

A més d'aquests materials paleògens, el substrat pot presentar també materials semiconsolidats d'edat neògena, descansant sobre els anteriors. La presència d'aquests materials neògens desperta un cert interès a nivell hidrogeològic perquè poden ser permeables i interactuar hidràulicament amb els materials al·luvials de la plana al·luvial, tot i que aquest és un aspecte del qual no es té gaire informació i que aquí referenciarem només com a hipòtesi.

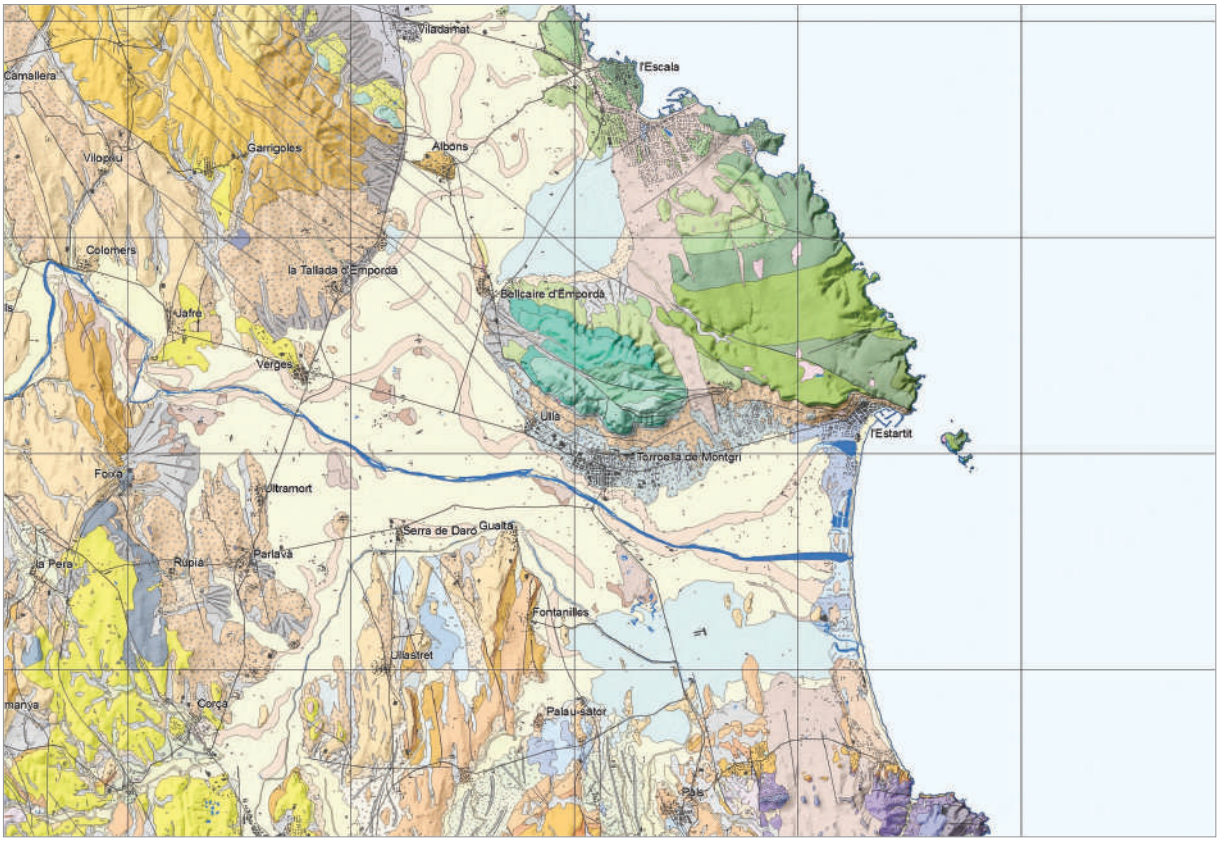


FIG. 12. *Mapa geològic de la plana del Baix Ter i dels relleus adjacents (IGC, 1994-1995; 2001).*

A **l'àrea septentrional de la zona litoral**, entre la línia Albons - Bellcaire i Viladamat-l'Escala, el substrat de la plana al·luvial presenta un domini de materials detrítico - argilosos semiconsolidats d'edat neògena *(color groc de la FIG. 12, Verges, oest de Rupià, monticle de Bellcaire i vessants de les graveres d'Albons)*. S'identifiquen també diversos sectors amb un substrat format per calcàries mesozoiques, sobretot en les proximitats de Cinc Claus, Sobrestany, Vilanera, les Corts i Empúries, llocs on, a més, aquests materials es reconeixen també superficialment com a part dels diversos petits monticles de la zona *(colors verds de la FIG. 12)*.

En el vessant hidrogeològic és interessant remarcar que tant el substrat neogen com el mesozoic poden ser localment permeables, qüestió que en determinats casos pot relacionar-se amb la manifestació de problemàtiques derivades de l'aportació profunda d'aigües, anòmalament salines, als aqüífers al·luvials dels diversos sectors ara referenciats.

En **el sector litoral Gualta-Torroella**, el substrat de la plana al·luvial és dominantment d'edat paleògena i es reconeix en els afloraments d'alguns dels relleus emergents de la zona, tals com els de mas Pinell, la Fonollera

i mas Frigola, entre d'altres. El formen gresos de gra fi a microconglomeràtic que s'intercalen amb nivells més fins de margues.

En **el sector de les rieres de Pals i Peratallada**, el substrat dels dipòsits al·luvials presenta materials paleògens d'edat eocena-bartoniana i luteciana representats per calcàries i per gresos de gra groller. L'elevat grau de fracturació i la porositat secundària existent en aquests materials facilita la manifestació local de surgències i artesianisme d'origen profund, un dels casos més emblemàtics dels quals són les surgències que podrien haver originat l'antic sistema lacustre de Palau-sator i Boada *(apartat 4.7)*. No és descartable, d'altra banda, que un funcionament similar pogués ser també el responsable de la formació de l'actual àmbit dels estanyols de Pals *(apartat 4.9)*.

7.2.2. Unitats de plana al·luvial

Les unitats de la plana al·luvial s'han estudiat mitjançant mètodes d'anàlisi estratigràfica d'alta resolució, fet que ha permès obtenir uns resultats de molt detall tant a nivell del coneixement de la seva geometria i distribució espacial com de la seva estratigrafia interna *(MONTANER et al., 1995, 1996; SOLÀ, 1996; ACA_Geoservei, 2008).*

Sense entrar en el detall metodològic, els resultats obtinguts ens indiquen que l'estratigrafia de la plana al·luvial del Baix Ter està formada per dues seqüències deposicionals, que des d'ara anomenarem: SQT2 o seqüència inferior i SQT1 o seqüència superior. Dins la part alta de la SQT1, o seqüència superior, s'ha pogut subdiferenciar també una unitat singular que ve a representar l'estadi terminal de formació de la seqüència *(FIG. 13)*, i que des d'ara anomenarem com a unitat progradant - o PROG - *(MONTANER & SOLÀ, 2004).*

La unitat PROG constitueix el darrer estadi important de la formació de la plana al·luvial del Baix Ter: és l'estadi de progradació, de creixement de la plana contra el consegüent retrocés dels sistemes fluviomarins que s'havien estès per la plana a l'estadi temporal precedent; representa també el darrer episodi important de configuració geomorfològica de la plana, que culmina amb la formació i modelat de la seva actual fisonomia.

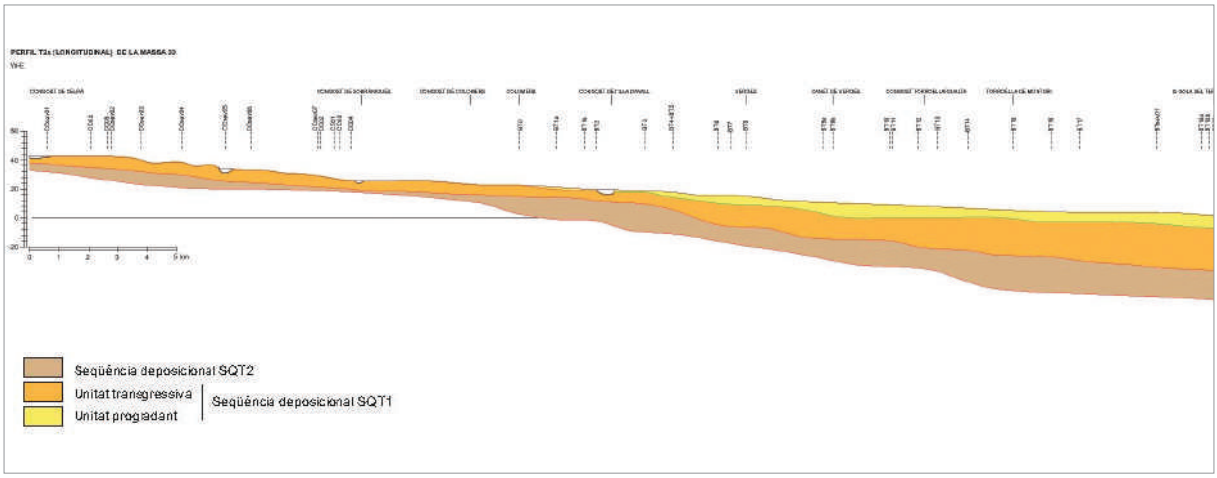


FIG. 13. *Perfil longitudinal sintètic de les seqüències deposicionals al·luvials de la plana del Baix Ter entre el congost de Celrà i la gola del riu Ter (MONTANER & SOLÀ, 2004). SQT2 (color marró), SQT1 (color taronja) + PROG (color groc).*

La delimitació i caracterització de la unitat PROG suposa un avenç important des del punt de vista del coneixement hidrogeològic, atès que els límits i la seva geometria són perfectament assimilables als límits i la geometria d'allò que identifiquem com a aqüífer superficial de la plana litoral del Baix Ter.

7.3. Geometria basal de la plana litoral del Baix Ter

La geometria basal de la plana litoral del Baix Ter és un altre dels aspectes d'interès quant a informació relativa a la delimitació i característiques dels aqüífers que aquesta conté. Els treballs realitzats d'identificació de la base en què s'assenten els materials al·luvials *(FIG. 14)* ens informen sobre la morfologia del paisatge litoral del Baix Ter a finals del Pleistocè, i alhora, ens permeten establir a quina profunditat es troba situat l'acabament basal dels seus aqüífers litorals.

Tant en el sector sud -plana de Torroella i Pals - com en el sector nord -plana d'Albons a Empúries -, la paleomorfologia basal de la plana litoral representada a la *FIG. 14* ens il·lustra sobre l'orografia fluvial originària damunt la qual es van anar amuntegant les seqüències deposicionals SQT2 i SQT1 ja descrites a l'apartat anterior *(FIG. 13)*.

En el **sector litoral de l'Estartit i Pals**, el paleorelleu basal dibuixa un antic eix fluvial, que es trobaria situat a una cota topogràfica de màxima profunditat de l'ordre de - 57 msnm *(FIG. 14)*. Aquest paleoeix representaria la morfologia fluvial del riu Ter de fa aproximadament uns 17.000 anys enrere (MONTANER et al., 1995b) S'ha interpretat que la seva continuïtat morfològica mar endins connectaria amb el canó submarí de la Fonera *(vegeu El riu Ter, vint mil·lennis de dinàmica fluvial, FIG. 2)*, descrit i identificat per GOT (1973) davant la costa del cap de Begur.

(b) en el **sector nord entre Bellcaire, Albons i l'Escala**, la paleogeografia basal de la plana reflecteix també l'existència d'un antic paleoeix fluvial. Les seves característiques permeten atribuir-lo a un antic curs del riu Ter que, procedent del corredor d'Albons, hauria avançat fins més enllà de la platja del Rec de l'Escala, tot encaixant-se pel mateix pas estret per on avui passa també el rec del Molí *(FIG. 14)*. La cota de màxima profunditat del paleoeix en aquest sector arriba als - 46 msnm, mentre que mar endins, els treballs abans citats consideren que hauria seguit fins a connectar amb el canó submarí de l'Escala, descrit també per GOT (1973) en els seus treballs sobre la plataforma marina de l'Empordà.

En el sector nord ressalta també l'existència d'un paleorelleu elevat del substrat que ressegueix una traça imaginària en forma de semicercle entre els nuclis d'Albons i de les Corts de l'Escala *(colors blavosos i liles de la FIG. 14)*. Aquesta sobreelevació del substrat està formada per materials neògens i mesozoics, i com a mínim des del Pleistocè superior hauria funcionat com un barratge de la progressió fluvial de l'antic Ter més enllà del nord de l'Escala. En un estadi posterior dins l'holocè, que es podria situar en termes relatius a partir dels 5.000 anys BP *(respecte del present)*, s'haurien succeït diversos episodis fluvials suficientment importants per a permetre superar la topografia de la sobreelevació, i possibilitar l'arribada del Ter fins al litoral d'Empúries. A partir d'aquest moment i en aquest lloc haurien pogut confluir, durant un cert temps, els antics Ter i Fluvià.

Des del punt de vista hidrogeològic es considera que aquesta paleoelevació constitueix una franja de separació entre les masses d'aigua subterrània del Baix Ter (massa 33) i del Baix Fluvià (massa 32).

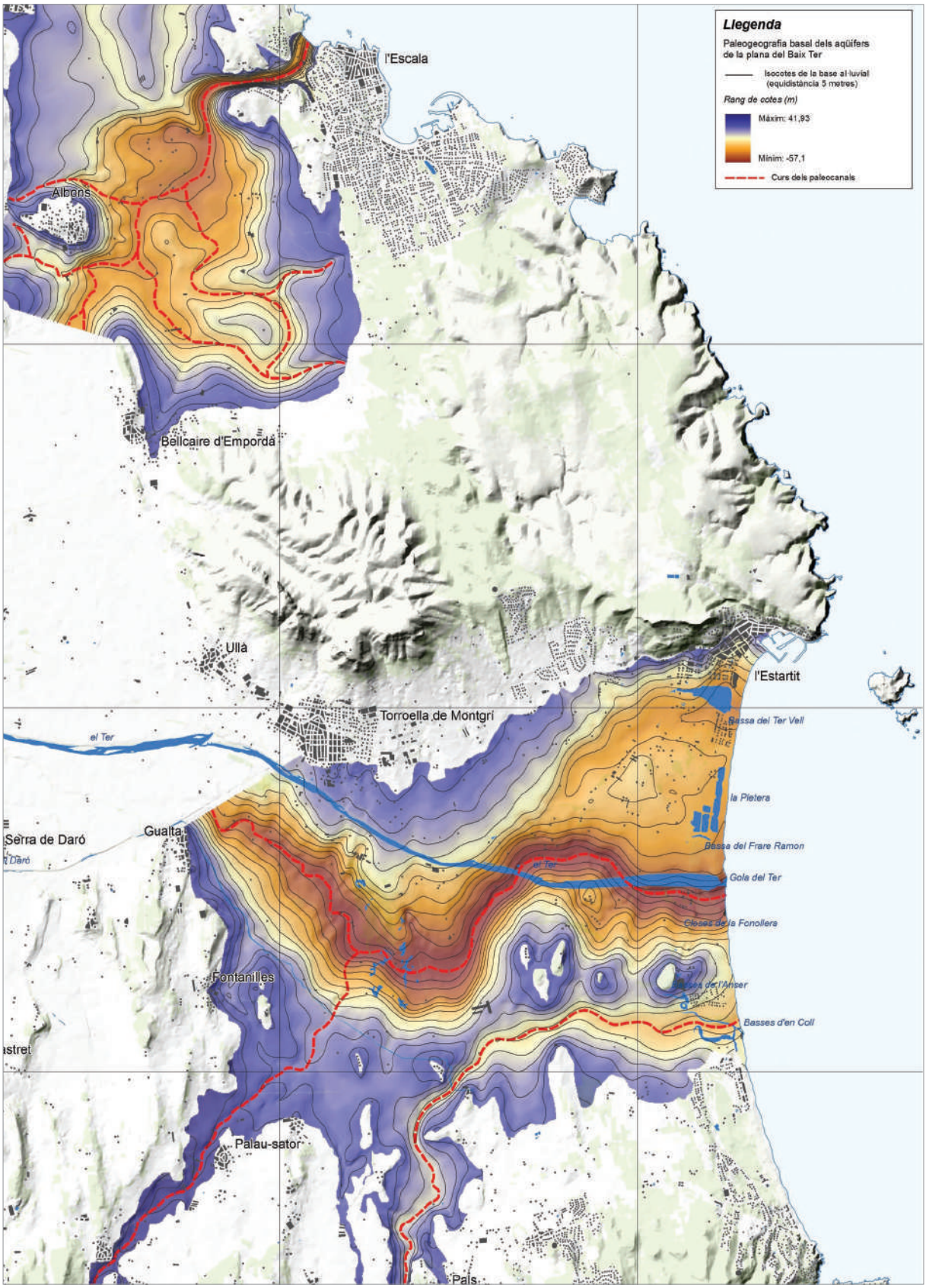


FIG. 14. Paleogeografia basal dels aqüífers de la plana litoral del Baix Ter (ACA_Geoservei, 2008).

Un altre aspecte a remarcar són els trets paleomorfològics del **sector de Sobrestany**, caracteritzats per la presència d'un antic meandre fluvial del Ter, procedent de l'estret Albons - l'Escala, amb dos paleoafluents de torrents laterals procedents dels vessants del Montgrí *(FIG. 14)*.

Cal remarcar finalment que la informació geomètrica resultant de la *FIG. 14* possibilita la realització de càlculs força ajustats sobre el volum dels materials al·luvials que conformen els aqüífers dels dos sectors litorals estudiats. Així doncs, en el cas del sector sud, que inclouria l'àrea litoral compresa entre els nuclis de Torroella, Gualta, Palau-sator, Pals i l'Estartit, el volum conjunt de materials al·luvials és d'uns 1.000 hm^3; mentre que en el cas del sector nord comprès entre Bellcaire, Albons, l'Escala i Sobrestany, el volum calculat és d'uns 380 hm^3.

7.4. Els aqüífers litorals de la plana del Baix Ter

Les seqüències deposicionals SQT2 i SQT1 *(FIG. 13)* que des del darrer màxim glacial han anat terraplenant la plana del Baix Ter presenten, quant a la seva composició i distribució litològica internes, una successió cíclica de bolos, graves i sorres de diverses mides, des de molt grolleres fins a molt fines, que passen en vertical i de forma transicional a nivells o trams encara més fins, de mida llim i argila (comuntment anomenats llots fangosos). L' ordenació cíclica espacial en què es troben amuntegats tots aquests materials *(FIG. 15)* està motivada per la influència que exerceixen les oscil·lacions cícliques del nivell del mar sobre el desenvolupament del procés sedimentari fluviodeltaic.

Prenent aquest punt com a partida s'ha pogut establir que l' organització vertical i horitzontal de les seqüències deposicionals de la plana litoral del Baix Ter s'estructura internament en diverses unitats litoestratigràfiques. Sense entrar en el detall de la interpretació paleoambiental que es podria derivar d'aquesta qüestió, el fet important des del punt de vista hidrogeològic és que cada una d'aquestes unitats litoestratigràfiques presenta un comportament hidrogeològic propi, de manera que la seva catalogació, delimitació i caracterització comporta també una millora important en el coneixement dels aqüífers de la zona. En aquest sentit, el criteri hidrogeològic suggereix que cadascuna de les unitats litoestratigràfiques es pot considerar, també, com a una **unitat de permeabilitat** *(FIG. 15 i Taula 10)*.

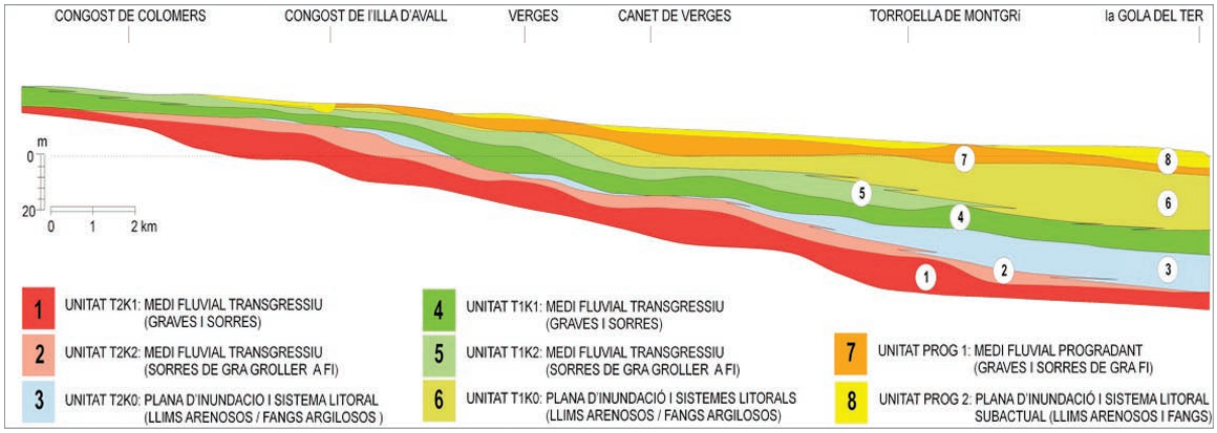


FIG. 15. *Perfil longitudinal de les unitats litoestratigràfiques de la plana del Baix Ter entre el congost de Colomers i la gola del riu Ter (MONTANER & SOLÀ, 2006).*

SEQÜÈNCIES DEPOSICIONALS		UNITATS DE PERMEABILITAT
SQT1	PROG	PROGk2
		PROGk1
	SQT1	T1k0
		T1k2
		T1k1
SQT2		T2k0
		T2k2
		T2k1

Taula 10. *Unitats de permeabilitat de les seqüències deposicionals de la plana litoral (ACA_Geoservei, 2008), ordenades de base a sostre i amb els colors referenciats com en el perfil de la FIG. 15.*

La nomenclatura utilitzada per anomenar les unitats de permeabilitat definides en el sector litoral del Baix Ter incorpora informació relativa a: (a) l'edat dels materials i la seva distribució en l'espai; així doncs s'indica T2, T1 o PROG segons si la unitat forma part de les seqüències SQT2, SQT1 o de la unitat PROG; i (b) el rang de permeabilitat dels materials; així doncs s'utilitza k1 i k2 respectivament pels materials d'alta i de moderada permeabilitat, i k0 pels materials de baixa permeabilitat.

Seguint aquests criteris, a la plana litoral s'han definit 8 unitats de permeabilitat *(FIG. 15 i Taula 10)*, tot i que a efectes de simplificar la cartografia dels aqüífers litorals i la seva anàlisi hidrogeològica, les unitats de permeabilitat T2k1 i T2k2 d'una banda, i T1k1 i T1k2 de l'altra, s'han agrupat com a dues úniques unitats que passarem a anomenar i descriure conjuntament, amb les respectives denominacions de: **T2k1k2 i T1k1k2.**

7.4.1. Unitat T2k1k2

Constitueix la base detrítica permeable de la seqüència deposicional SQT2 *(FIGs.13, 15 i Taula 10)*. Litològicament, la formen graves i sorres de diversa mida de gra, des de bolos a gravetes i sorres de gra groller a mitjà. Són materials dipositats en un ambient fluvial dominat per processos d'avulsió. Presenta valors de gruix a partir de 0 m fins a màxims de 21,5 m.

La seva distribució cartogràfica a l'àrea litoral es mostra a la *FIG. 16*. En el sector nord de la plana aquesta unitat segueix dins el mar des del paratge de l'estret del Molí, entre la Fornaca i el pas d'en Roca. En el sector de l'Estartit entra dins el mar just a la gola del Ter, procedent del paratge del mas Pla i la Pagesa.

També ha estat delimitada seguint la paleollera de la riera Grossa de Pals, entre l'estany de Pals i les basses d'en Coll, tot i que en aquest tram és difícil de reconèixer perquè geomètricament té poca amplada, poc gruix, i en els sondejos destaca poc perquè la mida de gra dels materials que la formen és molt fina.

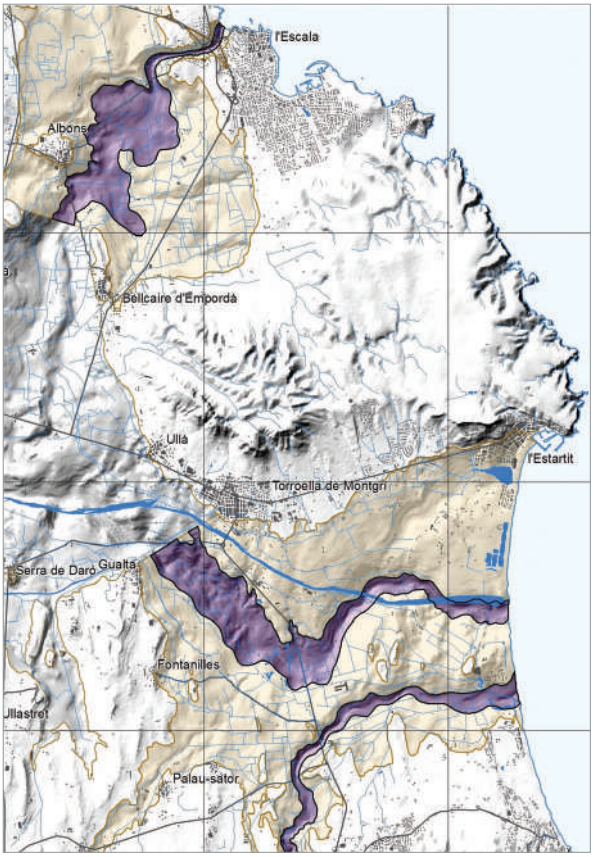


FIG. 16. *Delimitació cartogràfica de la unitat T2k1k2 (ACA_Geoservei, 2008) a la zona litoral del Baix Ter.*

Els valors de permeabilitat d'aquesta unitat poden presentar un rang molt ampli, des d' 1 a 10 m / dia pel cas del tram T2k2, a valors de 10 m / dia fins a força superiors als 100 m / dia en el cas del tram T2k1 *(FIG. 15)*.

7.4.2. Unitat T2k0

Representa el sostre de baixa permeabilitat de la seqüència deposicional SQT2 *(FIGs. 13, 15 i Taula 10)*. Litològicament conté des de fraccions llim-arenoses amb nivells ocasionals de sorres de mida de gra fi, que són atribuïbles a sediments de plana d'inundació, o bé de trencament de dunes litorals per efecte de temporals de mar, fins a llims argilosos i llots fangosos de color gris i negre, corresponents a ambients de sedimentació maresmal i palustre.

Els valors de gruix d'aquesta unitat presenten un rang a partir de 0 m fins a un màxim de 35,3 m. La seva distribució a la zona litoral es mostra a la *FIG. 17*. La permeabilitat d'aquests materials és molt baixa, amb valors des d'inferior a 1 m/dia fins a 0,001 m/dia.

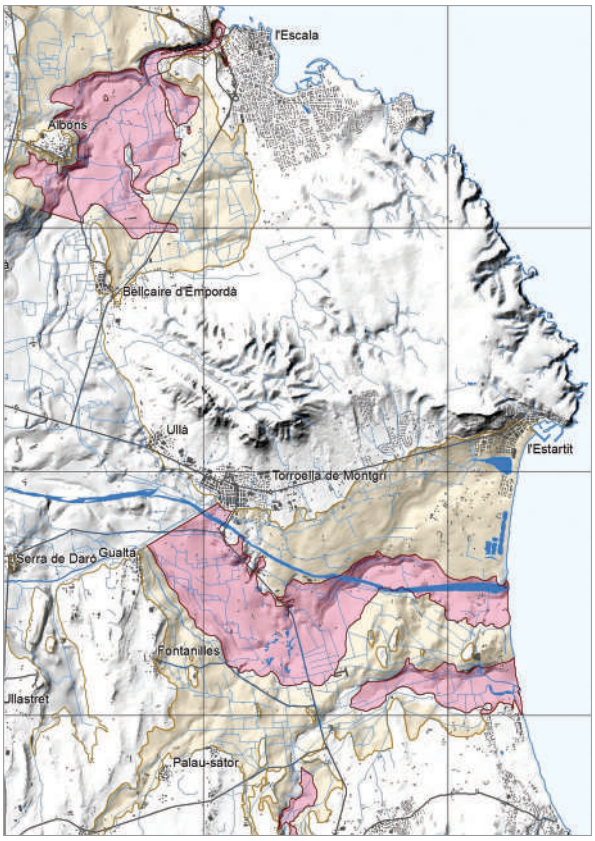


FIG. 17. *Delimitació cartogràfica de la unitat T2k0 (ACA_ Geoservei, 2008) en la zona litoral del Baix Ter.*

7.4.3. Unitat T1k1k2

Constitueix la unitat basal permeable de la seqüència deposicional SQT1 *(FIGs. 13, 15 i Taula 10)*. En general, la mida de gra dels materials detrítics que la formen és inferior als de la unitat T2k1k2, i presenta també una major mescla de mides de gra. S'associen a dipòsits fluvials derivats de processos d'al·luvionament, instaurats en un moment d'alentiment de l'estadi transgressiu holocè. En el sectors litorals s'interpreten com a dipòsits de platges transgressives retreballades per l'onatge.

El gruix d'aquesta unitat presenta valors a partir de 0 m fins a màxims de 15 m, i disminueix significativament a mesura que ens apropem al litoral, on els valors de gruix màxim són inferiors a 5 m.

A la línia de costa, aquesta unitat s'identifica en el paratge del Ter Vell i en l'àrea compresa entre la Pletera i la gola del riu; també en el paratge de mas Pla i la Pagesa. S'ha delimitat també en el paleocurs de la riera Grossa de Pals, entre l'estany de Pals i les basses d'en Coll, malgrat que la seva presència en aquest tram és poc rellevant. En el sector nord de l'àrea litoral s'ha localitzat en forma de paleomeandre a Sobrestany, en el paratge de can Niceto, i entre la Fornaca i el pas d'en Roca *(FIG. 18)*.

7.4.4. Unitat T1k0

Estratigràficament s'ubica entre la unitat T1k1k2 i la unitat PROG, i representa els dipòsits transgressius de baixa permeabilitat de la seqüència deposicional SQT1 *(FIGs. 13, 15 i Taula 10)*. Són materials litològicament similars als de la unitat T2k0, llims arenosos, llims argilosos i llots fangosos de color gris, negre i gris-verdós, que s'atribueixen a una sedimentació maresmal amb alternances d'influència fluvial i litoral. Els valors de permeabilitat dels materials que la formen són similars als de la unitat T2k0.

L'àmbit d'aquesta unitat comprèn l'extensa plana fluviomarina que es va instaurar en el Baix Ter durant l'estadi de màxima inundació transgressiva holocena *(FIG. 19)*. El seu gruix i l'extensió a la zona litoral és important de l'ordre de 36 m de gruix. Es localitza pràcticament en tot el sector litoral i sobretot a la zona de l'Estartit a la Fonollera.

FIG. 18. *Delimitació cartogràfica de la unitat T1k1k2 (ACA_ Geoservei, 2008) a la zona litoral del Baix Ter.*

7.4.5. Unitat PROG

La unitat PROG està formada pels dipòsits progradants que culminen la sedimentació de la seqüència deposicional SQT1 *(FIGs. 13, 15)*.

Durant el procés de progradació o creixement de la plana, els rius aporten importants volums de sorres que es van estenent per la plana tant per la mateixa dinàmica fluvial *(vegeu El riu Ter, vint mil·lennis de dinàmica fluvial, FIG. 4)* com per la dinàmica eòlica dominant a la zona, que retreballa les sorres i les acumula en llocs concrets com les sorreres del Bosc del Baró a Foixà, les sorreres de Canet, Gualta, entre d'altres.

A les àrees on no arriben els materials arenosos de progradació s'instauren ambients sedimentaris restringits *(FIG. 5)*: de tipus palustrals a les àrees interiors (cas de Sobrestany, Ullastret i estanys de Pals), i de tipus maresmal *(FIG. 2)* en els sectors litorals (cas de la Pletera i la Fonollera). En aquestes àrees restringides la sedimentació dominant és de materials llimosos i llim-argilosos, però de forma ocasional les àrees palustrals també reben materials llim-arenosos procedents de la inundació fluvial, mentre que a les àrees maresmals poden arribar-hi dipòsits de sorres procedents del trencament de la platja i la duna litoral durant temporals de llevant.

Aquesta diversitat litològica permet diferenciar dues subunitats dins la unitat PROG: (a) una **subunitat detrítico-arenosa o PROGk1**, que s'estén principalment a les àrees d'acumulació de sorres i a les paleolleres fòssils de progradació *(FIG. 3)*; i (b) una **subunitat llim-argilosa i llim-arenosa o PROGk2**, que es localitza dominantment a les àrees palustrals i maresmals i s'instal·la també com a culminació del rebliment al·luvial superficial de la plana del Baix Ter *(FIG. 15 i Taula 10)*.

FIG. 19. *Delimitació cartogràfica de la unitat T1k0 (ACA_ Geoservei, 2008) en la zona litoral del Baix Ter.*

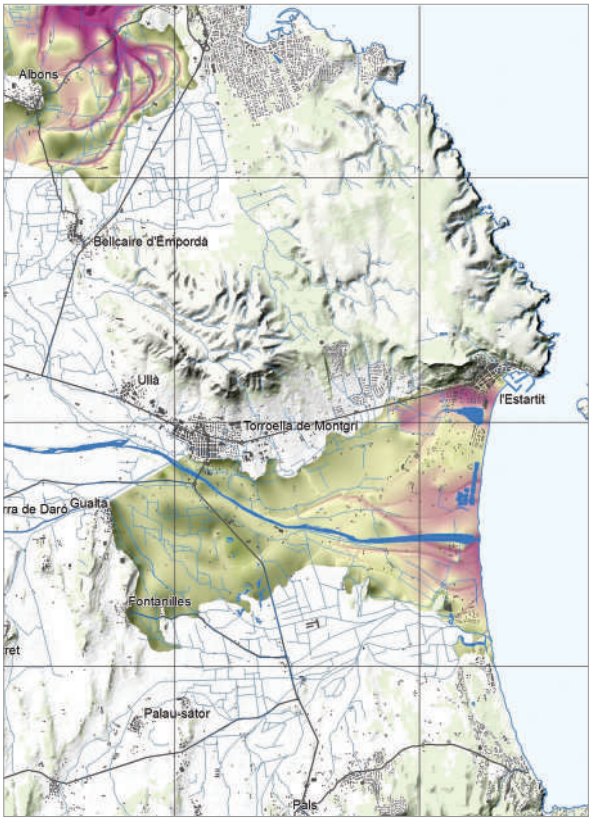


FIG. 20. *Delimitació cartogràfica de la unitat PROG (ACA_ Geoservei, 2008) a la zona litoral del Baix Ter.*

Imatge 21. *La llevantada de Sant Esteve de 2008 va trencar el front dunar de darreraplatja, aportant tones de sorra fins les maresmes. Les aportacions de sorra varen ser molt inferiors en els trams del litoral on la duna estava ben consolidada. Així, és important potenciar la restauració natural i la consolidació de la duna litoral de manera que davant situacions de llevantades intenses es minimitzin els episodis de terraplenament i retrocés de la maresma (Foto: Bon Vent de l'Empordà).*

En general, els valors de permeabilitat de la subunitat PROGk1 se situen a l'entorn d'unes unitats m/dia, mentre que els valors de PROGk2 són lleugerament superiors als de les unitats T2k0 i T1k0.

A l'àrea litoral, el conjunt de la unitat PROG té una representació significativa *(FIG. 20)*, i el seu gruix presenta valors mitjans de 8 a 10 m en el sector de l'Estartit, i de l'ordre de 15 a un màxim de 20 m en el sector de l'Escala. Prop d'aquest darrer sector, des del paratge dels Comuns de l'Escala fins a Empúries, la unitat PROG s'assenta directament sobre el substrat neogen i mesozoic de manera que representa la pràctica totalitat del gruix de la plana al·luvial en aquest sector.

7.5. Tipologia hidràulica i delimitació dels aqüífers del Baix Ter

Cada una de les unitats de permeabilitat fins ara descrites presenta un determinat comportament hidràulic, condicionat per factors diversos com són: la permeabilitat, la seva distribució espacial i les relacions hidràuliques horitzontals i verticals que s'estableixen entre una determinada unitat i les adjacents.

L'anàlisi d'aquests condicionants a la plana litoral del Baix Ter ha permès l'assignació de una tipologia de comportament hidràulic per a cada unitat o bé per a agrupacions d'unitats de permeabilitat, tal com es proposa a la *Taula 11* que segueix a continuació:

UNITATS DE PERMEABILITAT	TIPOLOGIA DEL COMPORTAMENT HIDRÀULIC
PROGk2	LLIURE
PROGk1	LLIURE
T1k0	AQÜITARD
T1k2	SEMICONFINAT
T1k1	
T2k0	AQÜITARD
T2k2	SEMICONFINAT
T2k1	

Taula 11. *Atribució del comportament hidràulic corresponent a les diverses unitats de permeabilitat de l'àrea litoral. En el cas de les unitats de permeabilitat, els colors coincideixen amb la FIG. 15, i en el cas de la tipologia hidràulica, amb els colors de les FIGs. 21 i 22.*

Les diverses tipologies de comportament hidràulic establertes a la plana es poden simplificar de la manera següent:

(a) Un àmbit de tipologia lliure o aqüífer lliure superficial:
Format pel conjunt permeable de la unitat PROG (k1+k2). Presenta un comportament hidràulic directament relacionat amb la dinàmica hidrològica superficial, tant pel que fa al flux de recàrrega/descàrrega com per la seva relació directa amb els diversos elements hidrològics superficials de l'àrea litoral (llacunes, maresmes, riu, recs, sèquies, branques, fonts i surgències). En aquest sentit, constitueix l'aqüífer de referència per a comprendre el funcionament dels àmbits hidrològics naturals.

Aquest aqüífer s'estén en tota l'àrea litoral, tant al sector nord com al sud, i presenta una sectorització de la permeabilitat lligada a la major o menor presència de les unitats PROGk1 o PROGk2, tal com s'indica a la cartografia de la *FIG. 21.*

(b) Una tipologia de baixa permeabilitat o aqüitards:
Formada per les unitats de baixa permeabilitat T2k0 i T1k0. El seu comportament hidràulic queda definit per un flux lent, però significativament vinculat a la hidrodinàmica i al balanç hídric de les unitats permeables infra i subjacents, tant de tipologia lliure com semiconfinada. Espacialment s'ubica entre les unitats de tipologia lliure i semiconfinada, i també entre les diferents unitats semiconfinades *(FIG. 15 i Taula 11)*.

A la plana litoral, els aqüitards juguen un paper rellevant a l'hora de mitigar la contaminació dels nivells permeables subjacents, i també en relació a l'emmagatzement d'importants volums d'aigua, malgrat que en el cas del sectors litorals de la plana la major part d'aquestes reserves presenta valors de salinitat elevats, tal com es comentarà més endavant.

L'aqüitard corresponent a la unitat T1k0 presenta un especial interès perquè constitueix el límit basal de l'aqüífer lliure superficial, i per tant, constitueix alhora una delimitació a efectes de l'anàlisi del funcionament hidrològic

dels elements singulars del litoral, així com una frontera on acotar els càlculs sobre les reserves i els recursos hídrics relacionats amb aquest aqüífer superficial.

(c) un àmbit de tipologia semiconfinada o aqüífer semiconfinat profund:
Aquest àmbit agrupa els nivells permeables T2k1k2 i T1k1k2 *(FIG. 15 i Taula 11).* A la *FIG. 22* es mostra la seva extensió dins l'àmbit litoral, que és d'una superfície total de 1.550 ha. La seva prolongació aigües amunt va acompanyada d'un progressiu aprimament dels aqüitards *(unitats de baixa permeabilitat T2k0 i T1k0)* i d'un apropament de les unitats detrítiques T2k1k2, T1k1k2 i PROG. Aquest fet motiva que, a partir del sector de Canet de Verges, pràcticament desapareguin els aqüitards *(FIG. 15).* Aigües amunt, ja en el sector de Verges a Colomers, l'estructura hidràulica és clarament diferent de la descrita a la zona litoral, ja que el conjunt abans referenciat a la *Taula 11* passa a ser un únic sistema amb predomini del comportament hidràulic de tipologia lliure.

Aquest és un aspecte fonamental per a la comprensió de la hidrodinàmica general dels aqüífers del Baix Ter, ja que el sector comprès entre Verges i Colomers actua com a receptor principal de la recàrrega procedent del Ter i alhora, com a distribuïdor d'aquesta recàrrega al conjunt de les unitats permeables de la plana central i litoral. En aquest sentit, cal recordar que una bona part d'aquesta recàrrega serveix, juntament amb les entrades procedents de la pluja i dels retorns de reg, per a cobrir les necessitats hídriques del proveïment municipal dels

FIG. 21. *Cartografia de delimitació de l'aqüífer lliure superficial a la zona litoral del Baix Ter, i de la distribució areal de la seva permeabilitat (color verd: més permeable (PROGk1); color groc: menys permeable (PROGk2). Aquests colors queden referenciats tant a la figura com a la Taula 11.*

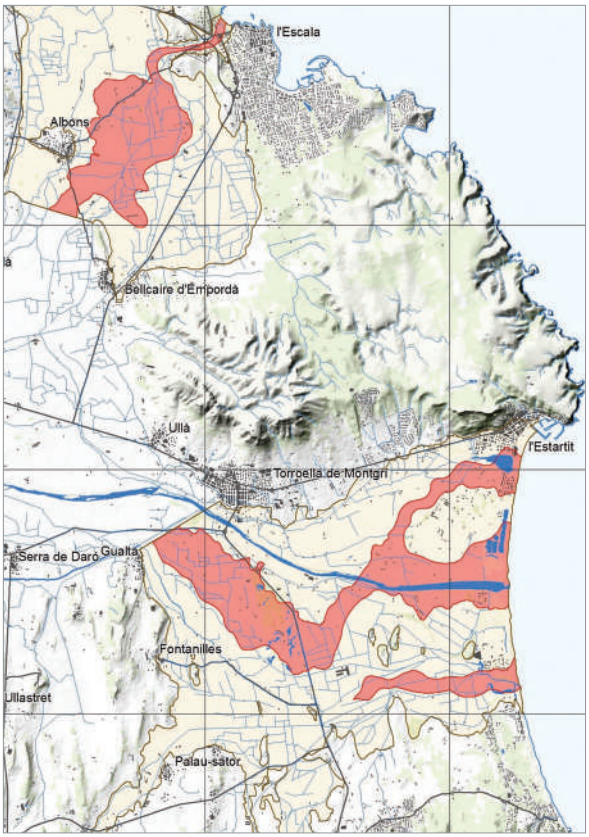


FIG. 22. *Cartografia de l'àmbit de l'aqüífer semiconfinat a l'àrea litoral del Baix Ter (el color corresponent queda també referenciat a la Taula 11).*

nuclis del Baix Ter, incloent-hi Torroella de Montgrí, l'Escala, Verges, i també d'algunes poblacions contigües importants com Palafrugell, Pals, Begur, i la Bisbal.

Un capítol a part mereixeria l'anàlisi de les relacions hidràuliques entre l'aqüífer lliure superficial i l'aqüífer semiconfinat. A la zona litoral es fa fàcil interpretar, a priori, que existeix una desvinculació hidràulica motivada tant pel caràcter semiconfinat de l'aqüífer profund com per la profunditat que el separa del superficial. S'ha observat no obstant això, tal com es comentarà en apartats posteriors, que sota determinades condicions de forta sobreexplotació de l'aqüífer semiconfinat, l'aqüífer lliure superficial pot arribar a manifestar lleugers canvis o anomalies piezomètriques a la seva hidrodinàmica natural. D'aquesta manera, i considerant unes condicions d'explotació extremes, és plausible admetre que els aqüitards juguen un paper de transferència hidràulica que cal tenir en compte, i en conseqüència, que una inadequada gestió de l'aqüífer semiconfinat profund podria acabar també revertint sobre el comportament hídric de l'aqüífer superficial i sobre els elements hidrològics naturals associats.

7.6. Caracterització hidrogeològica de l'aqüífer lliure superficial

La relació hidrològica que l'aqüífer lliure superficial té amb els principals elements naturals del litoral justifica la necessitat de destinar una atenció especial al seu coneixement i caracterització detallada. En aquest sentit, els subapartats que segueixen a continuació descriuen les principals característiques hidrogeològiques d'aquest aqüífer, la seva geometria i la distribució de la permeabilitat, l'ús, la piezometria o comportament hidrodinàmic i la seva hidroquímica.

7.6.1. Geometria i permeabilitat de l'aqüífer superficial a la zona litoral

La geometria de l'aqüífer lliure superficial és equiparable a la geometria de la unitat de permeabilitat PROG *(FIGs. 13 i 15)*, ja descrita en el subapartat 7.4.5. Un 70% de l'extensió de l'aqüífer lliure està format per materials de la subunitat permeable equivalent a PROGk1, mentre que el 30% restant correspon a la subunitat de baixa permeabilitat PROGk2 *(FIG. 21)*. En l'aspecte volumètric *(FIG. 23)*, aquest aqüífer presenta a la zona litoral un volum o capacitat total d'emmagatzematge de l'ordre de 260 hm^3 , amb una distribució areal de 150 hm^3 en el sector nord i 110 hm^3 en el sector sud.

La distribució del gruix de l'aqüífer presenta valors mitjans de 8 a 10 m en el sector de l'Estartit, i de l'ordre de 15 a un màxim de 20 m en el sector de l'Escala.

La gradació de permeabilitats d'aquest aqüífer a la zona litoral està motivada per la configuració sedimentària. Es localitzen permeabilitats altes i moderades a l'interior dels paleocanals; valors de permeabilitat de moderats a baixos entre paleocanals, i finalment, permeabilitats baixes a les zones palustres, endorreiques i maresmals. En el litoral sud, aproximadament un 60% dels materials que conformen l'aqüífer superficial són materials detrítics de permeabilitat alta a moderada, mentre que el 40% restant, dominantment situat en el sector de Pals, són materials llim-argilosos que presenten una permeabilitat baixa. En el litoral nord, aquesta relació és aproximadament del 70% per a la permeabilitat alta a moderada, contra el 30% restant de materials de més baixa permeabilitat *(FIG. 24)*.

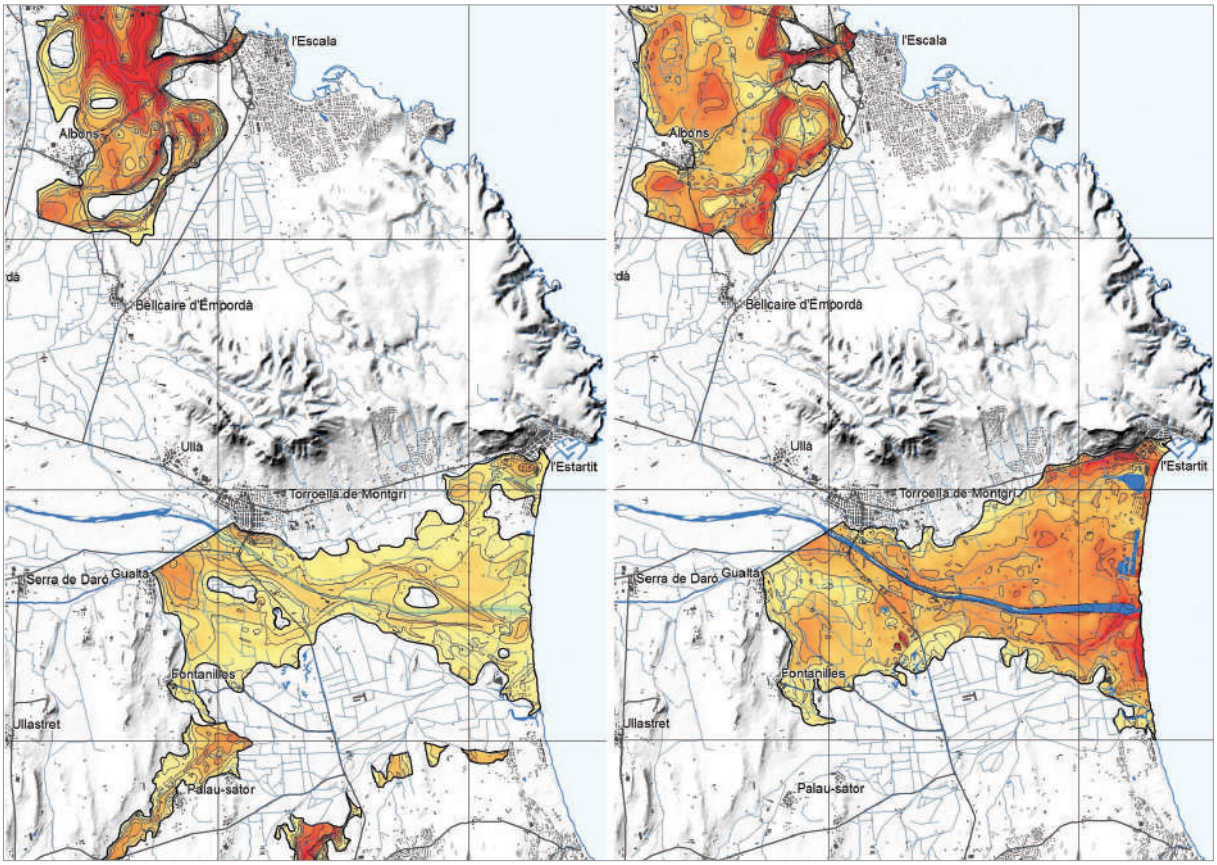


FIG. 23. *Cartografia dels valors de gruix corresponents als materials de permeabilitat alta a moderada (PROGk1_imatge de l'esquerra).* ***FIG. 24.*** *Cartografia dels valors de gruix dels materials de permeabilitat més baixa (PROGK2_imatge de la dreta), a l'aqüífer lliure superficial. Les tonalitat més vermelloses indiquen més gruix.*

7.6.2. Us de l'aqüífer superficial a la zona litoral

L'ús de les aigües subterrànies a la zona litoral s'ha establert a partir d'una relació de dades d'inventari de pous. En l'inventari realitzat figuren un total de 353 punts *(FIG. 25)* dels quals:

(a) 335 punts es troben situats dins les unitats al·luvials, la resta corresponen a pous que exploten nivells permeables més profunds, situats en materials d'edat neògena i paleògena.

(b) exceptuant alguns pous en desús: un 45% dels pous inventariats es destinen a usos agrícoles de regadiu (incloent-hi horts); un 33% a usos domèstics diversos (incloent-hi masos, jardins, bestiar i horts dins masos...); un 9% correspon a usos industrials; un 3% a usos ramaders; un 3% a proveïment municipal; i un 7% són punts de control de les aigües subterrànies *(Taula 12).*

(c) a propòsit del tipus constructiu: 200 punts són pous entubats (60%), 52 punts són pous oberts (15%), 30 punts són tubs clavats d' 1 o més tubs (12%), i la resta són sondatges, piezòmetres o es desconeix el tipus d'entubació.

(d) uns 221 punts exploten la unitat de permeabilitat PROG i, com a mínim aquests es localitzen dins l'àmbit de l'aqüífer lliure superficial (66%); uns 35 punts exploten la unitat T1k1k2 i uns 66 punts la unitat T2k1k2, (31%). La resta dels punts (3%) es localitzen fora de la plana al·luvial, en unitats marginals contigües a la plana.

(e) dels pous situats dins l'àmbit de l'aqüífer lliure superficial, un 39% té una profunditat igual o menor als 10 m; un 17% arriben a profunditats compreses entre 10 i 20 m; i un 7% entre 20 i 30 m, situats principalment en el sector de l'Escala. De la resta es desconeix la profunditat del pou.

(f) a la zona litoral s'han inventariat un total d' 11 punts de proveïment municipal *(Taula 13)*. A excepció del pou de Peratallada, que es troba situat a les unitats marginals de la riera de Peratallada, ja fora de la plana al·luvial, la resta de captacions municipals exploten l'aqüífer semiconfinat profund. Dels 11 punts, 7 punts es troben situats en el sector nord i proveeixen les poblacions de l'Escala i Albons, mentre que els 6 punts restants es troben situats en el sector sud, proveint la Mancomunitat de Palafrugell, Pals, Begur, Torrent i Regencós, i Peratallada.

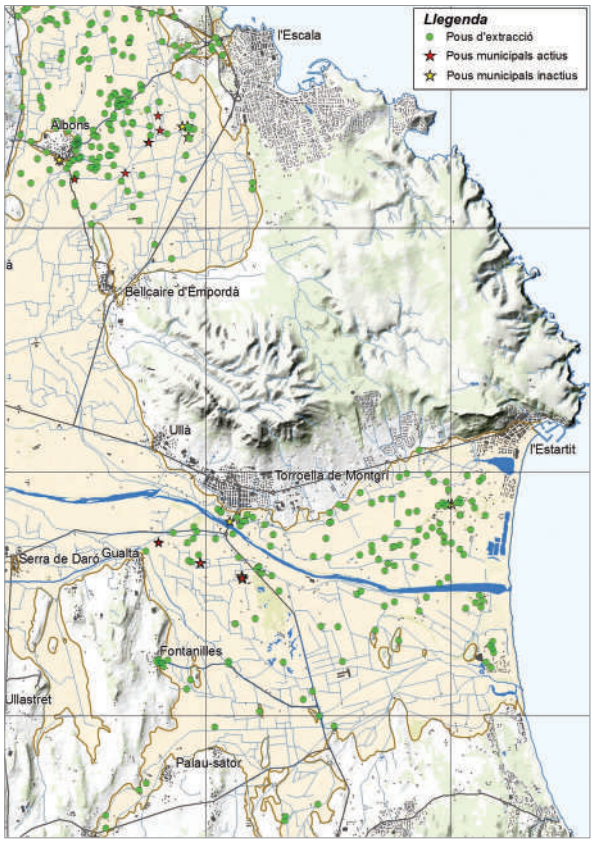


FIG. 25. Inventari de punts d'aigües subterrànies a l'àmbit litoral del Baix Ter.

USOS	PERCENTATGE DE PUNTS (%)
REGADIU	45
USOS DOMÈSTICS	33
INDUSTRIALS	9
RAMADERIA	3
PROVEÏMENT MUNICIPAL	3
PUNTS DE CONTROL	7

***Taula 12.** Atribució dels usos a què es destinen els pous en el sector litoral.*

TOPÒNIM	Terme municipal	UNITAT PERMEABILITAT	TIPOLOGIA HIDRÀULICA
Pou Sifons 1	ALBONS	T2_K1K2	semiCONFINAT
Pou Sifons 2	ALBONS	T2_K1K2	semiCONFINAT
Pou municipal Nou Escala/Albons	ALBONS	T2_K1K2	semiCONFINAT
Pou Sant Crist (Bellcaire)	BELLCAIRE	T2_K1K2	semiCONFINAT
Pou munic. de Torroella a Gualta 1	GUALTA	T2_K1K2	semiCONFINAT
Manc. Palafrugell a Gualta 2	GUALTA	T2_K1K2	semiCONFINAT
Manc. Palafrugell NOU A	GUALTA	T2_K1K2	semiCONFINAT
Manc. Palafrugell NOU B	GUALTA	T2_K1K2	semiCONFINAT
Pou munic Aj. Escala Nova captació	L'ESCALA	T2_K1K2	semiCONFINAT
Pou municipal Escala Pou Comuns	L'ESCALA	T2_K1K2	semiCONFINAT
Pou municipal de Peratallada	FORALLAC	u_MARGINALS	LLIURE

***Taula 13.** Captacions de proveïment municipal actives a la zona litoral del Baix Ter.*

7.6.3. Hidrodinàmica subterrània

7.6.3.1. Piezometria de l'aqüífer superficial

La cartografia piezomètrica de l'aqüífer lliure superficial de la *FIG. 26* representa la situació i la dinàmica general de nivell freàtic a l'àrea litoral. Les dades indiquen la situació piezomètrica d'un any meteorològic amb valors de precipitació de mitjos a baixos, assimilables a la situació agost 2006-gener 2007, que es correspon bàsicament a una situació meteorològica d'estiatge. La situació piezomètrica de la zona litoral suggereix algunes consideracions:

(a) existeix un predomini de l'efluència *(el riu drena l'aqüífer)* entre el riu Ter i l'aqüífer en tot el tram fluvial comprès entre el pont de Torroella i la gola del riu. En aquest darrer punt, el riu presenta un comportament estuarí en un tram variable de 2,28 km aigües amunt de la desembocadura, on els valors de cota de la làmina d'aigua se situen en els 0 msnm o molt lleugerament per sobre. Aquest comportament estuarí ens indica que el riu presenta en aquest tram un règim dominant d'aigües planes.

(b) en el marge esquerre del Ter, entre el pont de Torroella i el camp de golf de Gualta, apareixen diverses anomalies piezomètriques, amb valors de cota inferiors a 1 msnm, que es consideren difícils de justificar només invocant l'efecte d'extraccions puntuals. En aquest sentit, caldria comprovar que no estiguessin amplificades per la transmissió dels efectes de la sobreexplotació històrica de l'aqüífer semiconfinat profund en aquesta zona *(FIG. 28)*.

(c) tant en el sector nord com en el sud s'observa una certa correspondència entre l'orientació dels paleocanals basals de l'aqüífer superficial *(FIG. 5)* i la morfologia digitada de les corbes piezomètriques *(FIG. 26)*. Aquesta possible correspondència podria reflectir que les traces de determinats paleocanals constitueixen vies preferents de circulació del flux, a partir de les quals l'aigua es distribueix alimentant les àrees de l'aqüífer adjacents al paleocanal i descarregant sobre els elements hidrològics naturals del litoral.

Com a tals àrees hidrodinàmicament preferents, i per les connotacions que tenen sobre el medi hídric litoral, cal considerar de tenir-les ben referenciades i presents en la discussió de les estrategies de gestió i protecció hídrica del litoral.

(d) la hidrodinàmica que s'observa en els marges de la plana -sector riera de Peratallada, riera Grossa de Pals, dunes de Pals, vessants Montgrí- indica, en tots els casos, un flux lateral de recàrrega procedent d'aquests sectors. Cal tenir en consideració que en aquests àmbits sovint afloren materials detrítics de procedència

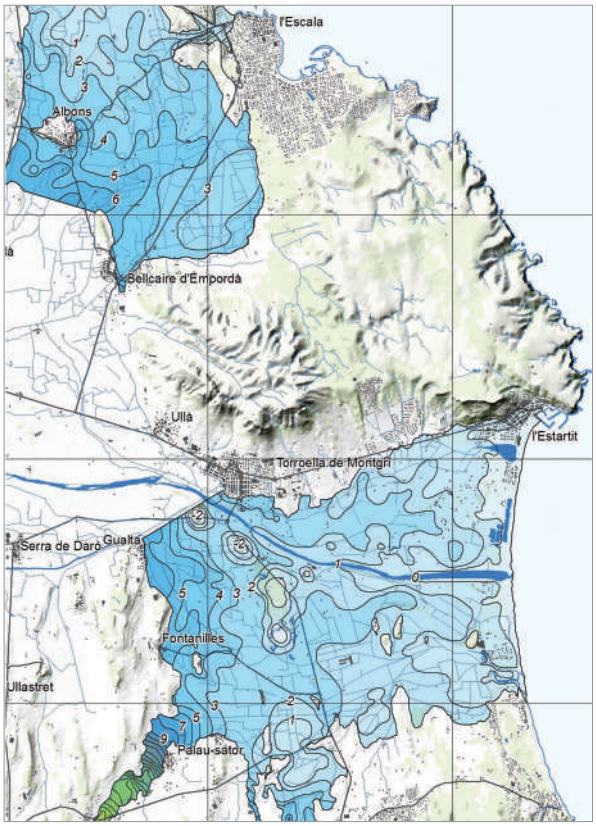


FIG. 26. *Piezometria de l'aqüífer lliure superficial de la zona litoral del Baix Ter (agost 2006-gener 2007) ACA_Geoservei.*

al·luvio-col·luvial, eòlica o al·luvial, que presenten una certa permeabilitat, i per tant, que poden actuar com a dipòsits de regulació de la infiltració pluviomètrica que es produeix en els vessants de la plana, i com a transmissors d'aquesta aigua fins als aqüífers i recs de la plana.

(e) a excepció de les anomalies piezomètriques comentades en el *paràgraf -b-*, ni en el sector nord ni en el sud es detecten altres camps de bombeig o cons de bombament per extracció local que puguin ser considerats importants.

(f) destaca el comportament endorreic del flux subterrani en els àmbits dels estanys de Pals, i en el sector de la plana situada al nord dels estanyols de Pals; també es detecta endorreisme subterrani en el sector nord, a l'àrea de Sobrestany. Les aportacions subterrànies que s'escolen dins aquestes zones mantenen un cert nivell freàtic que s'equilibra amb les sortides per evaporació i l'efecte diferit d'extraccions locals; d'altra banda, quan el nivell de l'aigua assoleix una determinada cota passa a ser drenat pel sistema de sèquies i branques existents en aquests indrets.

(g) altres sectors de drenatge deficient són l'àrea circumdant a les basses d'en Coll i el sector de la plana comprès entre els vessants meridionals del Rocamaura i el Ter Vell. A la banda nord destaca el sector comprès entre el nord d'Albons i la carretera Viladamat - l'Escala. Aquests sectors presenten dificultats pel que fa al drenatge de les aigües subterrànies, i manifesten també un comportament tendent a l'endorreisme del qual normalment es deriven condicions favorables de concentració anòmala i increment de la salinitat.

7.6.3.2. Evolució piezomètrica de l'aqüífer lliure superficial

En el sector sud de l'àrea litoral existeixen 3 piezòmetres de l'AGÈNCIA CATALANA DE L'AIGUA (mas Soler, mas Paguina i mas Ferrer), que controlen l'aqüífer lliure superficial, mentre que en el sector nord no n'hi cap *(FIG. 25)*. Els piezòmetres mas Soler i mas Paguina presenten una evolució piezomètrica equilibrada dins el període 1977-2007, tal com es representa a les gràfiques de les *FIG. 27a i FIG. 27b.*

El piezòmetre mas Soler presenta una situació marginal respecte de la plana al·luvial, de manera que les seves dades piezomètriques són poc representatives de la dinàmica de l'aqüífer superficial de la plana. Els nivells presenten un valor mitjà de cota piezomètrica d'uns 7 msnm (molt per sobre, per exemple, de la cota del riu a l'alçada del pont de Torroella, que és d'uns 2,3 msnsm) i reflecteixen variacions estacionals d'uns 2 m de valor màxim/mínim.

El piezòmetre mas Paguina està correctament situat per a representar l'evolució de l'aqüífer superficial de la zona litoral. Les dades indiquen una evolució estable, amb un valor mitjà de la cota piezomètrica de 0,14 msnm i unes variacions estacionals interanuals de l'ordre de 0,93 m. Destaca una molt lleugera progressió ascendent a partir del període 1985-89, probablement coincident amb la supressió de les extraccions dels antics pous de l'Estartit, que es troben situats a una distància d'aquest piezòmetre inferior als 500 m.

El piezòmetre mas Ferrer, que a diferència dels anteriors es troba situat en el marge dret i a prop del riu, reflecteix una tendència lleugerament decreixent des del període 1977 a 2002, amb una variació interanual d'uns 0,25 m, i una evolució acumulada d'uns -0,5 m aproximadament. Aquesta evolució podria ser indicativa del comportament general de l'aqüífer en aquest zona, i probablement aniria associada a una disminució

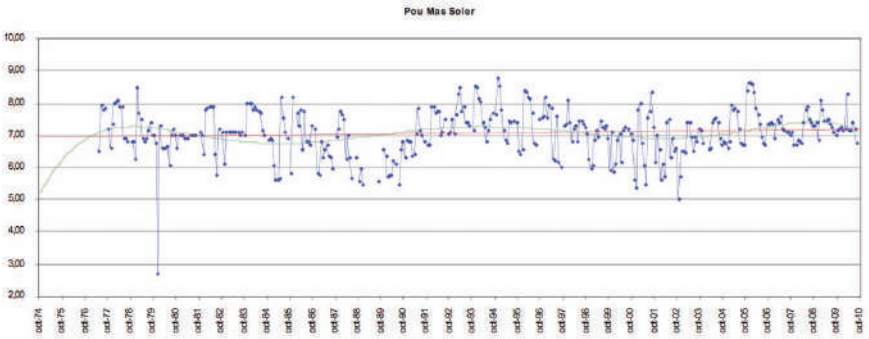


FIG. 27a. *Evolució del nivell freàtic en el piezòmetre de control de l'aqüífer superficial situat en el mas Soler, dins la zona litoral del Baix Ter. Període de control 1974-2010.*

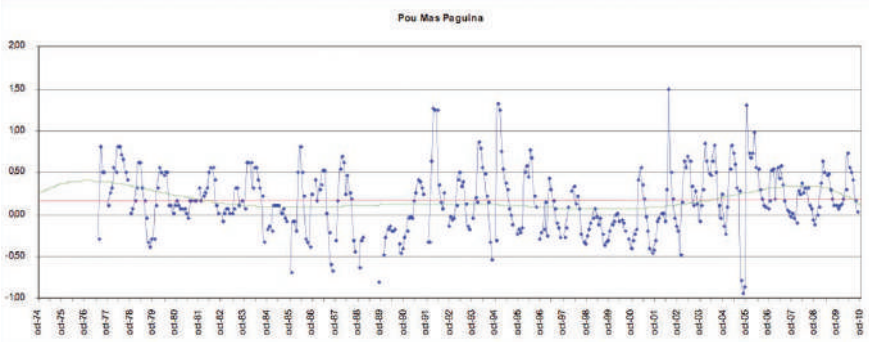


FIG. 27b. *Evolució del nivell freàtic en el piezòmetre de control de l'aqüífer superficial situat en el mas Paguina, dins la zona litoral del Baix Ter. Període de control 1974-2010.*

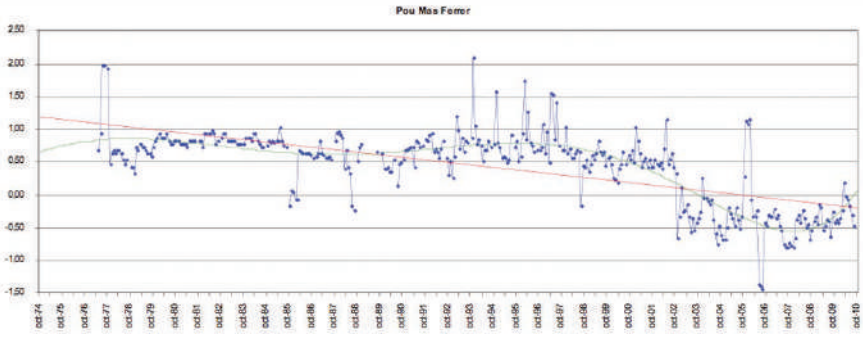


FIG. 27c. *Evolució del nivell frreàtic en el piezòmetre de control de l'aqüífer superficial situat en el mas Ferrer, dins la zona litoral del Baix Ter. Període de control 1974-2010.*

progressiva dels valors de cabal circulants pel riu Ter en aquest sector. El valor mitjà de la cota del piezòmetre en aquest període és d'un 0,59 msnm, mentre que la cota del riu es troba situada a 0,30 msnm. A partir del període 2002, l'evolució marca un descens sobtat del nivell que fins i tot el situa a cotes inferiors a les del nivell del mar, fet que cal associar necessàriament a una sobreextracció local del pou o algun tipus de deficiència aliena al comportament zonal de l'aqüífer *FIG. 27c*.

En general, la informació dels piezòmetres actualment existents a l'àrea d'estudi donen poca informació relativa a l'evolució hidrodinàmica de l'aqüífer superficial. A l'àrea sud, dels tres piezòmetres existents gairebé es pot

concloure que només un d'ells fa una funció de control adequada, ja que el del mas Soler es troba en una situació marginal de la plana, i el del mas Ferrer sembla que, ateses les dades, podria estar condicionat per una certa sobreextracció local, qüestió que complica la seva funció com a punt de control. D'altra banda, a l'àrea nord no existeix cap piezòmetre instal·lat que doni informació sobre l'aqüífer superficial.

7.6.3.3. Piezometria de l'aqüífer semiconfinat

En aquest apartat s'ha considerat oportú incloure unes breus consideracions sobre l'aqüífer semiconfinat profund, atesa la seva rellevància dins la zona litoral estudiada. Sense entrar en el detall, s'exposen algunes de les seves principals característiques piezomètriques i hidroquímiques amb l'objectiu de conèixer millor l'escenari hidrogeològic litoral, i valorar si les conseqüències de la seva explotació poden transmetre's sobre el normal funcionament de l'aqüífer superficial o dels sistemes litorals associats.

(a) el principal aspecte a destacar respecte a la hidrodinàmica de l'aqüífer semiconfinat és la presència, persistent, d'un important camp de bombeig en el sector de Gualta. Aquest camp de bombeig s'ha generat com a conseqüència de gairebé 40 anys d'extraccions amb destinació al proveïment municipal de la Mancomunitat de Palafrugell, Pals, Begur, Torrent i Regencós, ja comentades en apartats precedents.

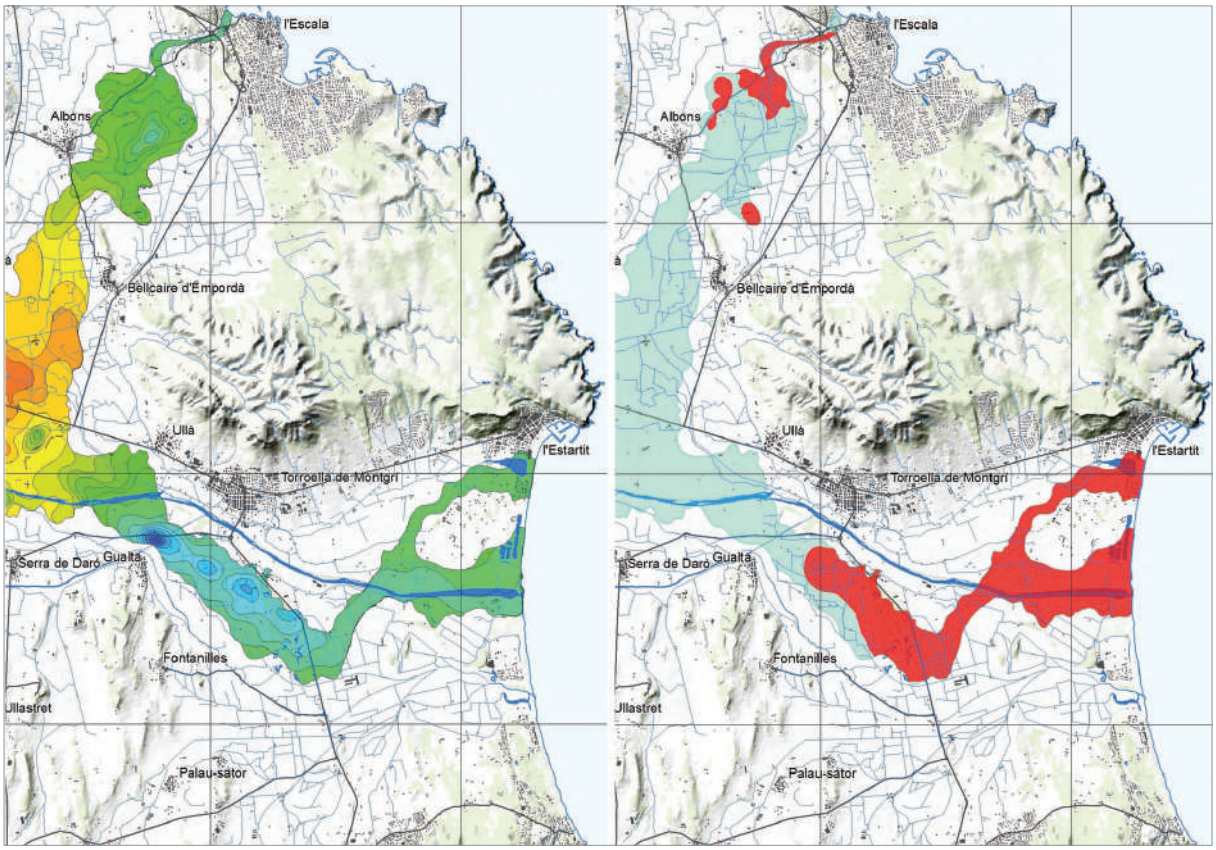


FIG. 28. Piezometria de l'aqüífer semiconfinat, a l'esquerra, i distribució areal de la salinitat, a la dreta (ACA_Geoservei, 2008) a la plana litoral.

A partir de l'any 2000 es van efectuar accions per a traslladar el nucli antic de bombeig des del sector del mas Fuster de Gualta fins al sector est del nucli de Gualta; accions que si bé van mitigar els importants descensos ja descrits en treballs precedents (MONTANER et al., 1991, 1994, i 1995), no han aconseguit encara que la recuperació del nivell freàtic en aquesta zona assoleixi els nivells normals. Segons les dades en què es basa la piezometria de la *FIG. 28*, que corresponen al període agost 2006-gener 2007, alguns dels pous i piezòmetres de control situats en aquests aqüífers encara presentaven valors de cota inferiors a 0 msnm *(FIG. 29a)*:

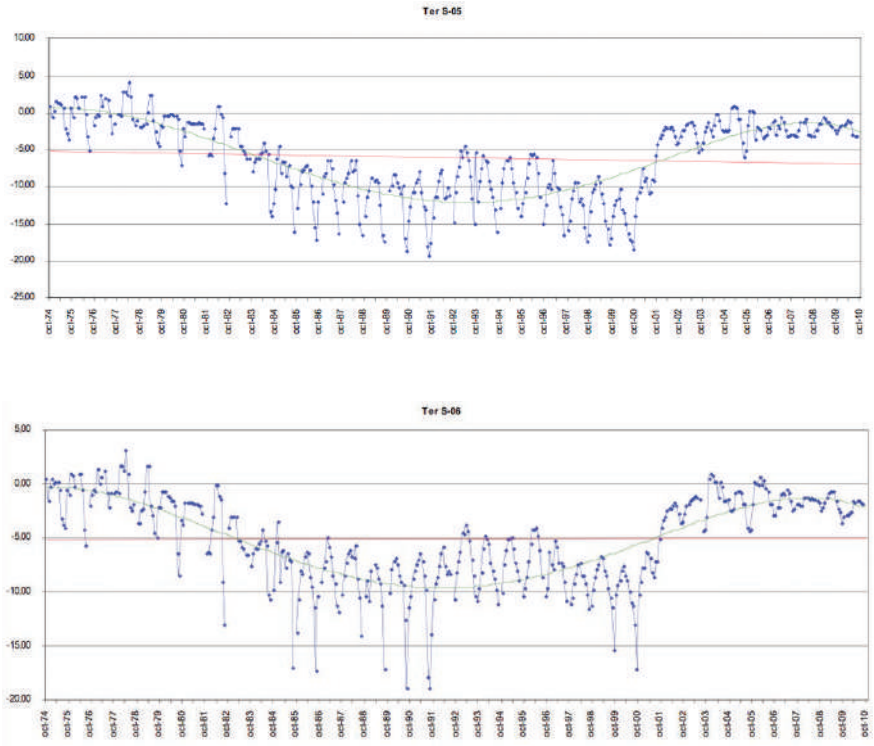


FIG. 29a. *Evolució dels piezòmetres de control de l'aqüífer semiconfinat a la zona litoral (període 1974-2010). Els piezòmetres TER S05 i TER S06, que es troben ubicats prop de l'antiga zona d'extracció de la Mancomunitat de Palafrugell, han manifestat una recuperació important dels nivells en motiu de la reubicació dels pous de la Mancomunitat, ara bé, després de gairebé 10 anys d'aquesta actuació, encara persisteixen, i se sostenen en el temps, nivells amb cota inferior a 0 msnm.*

(b) a la nova zona de captació d'aquesta Mancomunitat el procés ha estat a l'inversa, ja que els piezòmetres existents en aquell sector *(DARÓ-S1c; FIG. 29)* indiquen un abrupte descens de nivells a partir del període 2000-2001 d'inici del funcionament de les noves captacions. Actualment, el nivell freàtic dinàmic en aquell sector indica valors de cota piezomètrica de fins a -7 msnm, de manera que el camp de bombeig i la situació hidrodinàmica ja coneguda en el cas de la ubicació precedent és possible que s'acabi repetint també en aquest nou lloc.

(c) tal com suggereix l' observació de la *FIG. 28*, els efectes de la sobreexplotació dels antics pous de la Mancomunitat es van traduir en l'aparició d'un plomall de concentracions anòmales de salinitat que actualment encara presenten nivells preocupants en alguns punts, on els valors de conductivitat elèctrica són superiors als 6.000 uS/cm (estiu 2008).

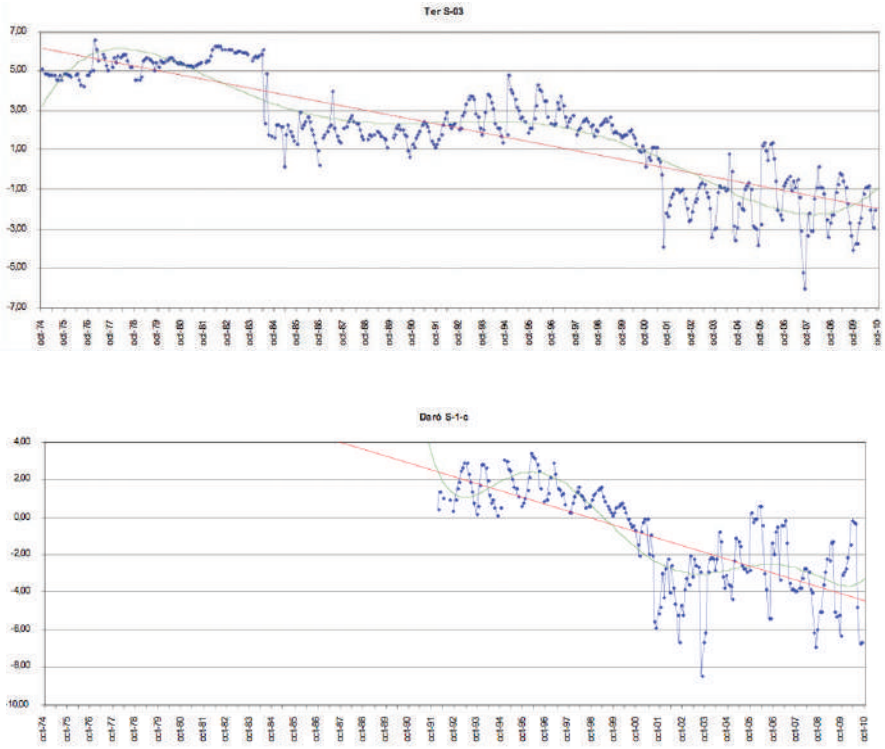


FIG. 29b. *Evolució dels piezòmetres de control de l'aqüífer semiconfinat en la zona litoral (TER S03:període 1974-2010; DARÓ-S1c: període 1991-2010). Els piezòmetres TER S03 i DARÓ-S1c es troben ubicats prop de la nova zona d'extracció de la Mancomunitat de Palafrugell, gairebé a tocar el canal del Daró. Aquests piezòmetres manifesten un descens important dels nivells en motiu de la proximitat dels nous pous de la Mancomunitat, amb cotes clarament dessota el nivell 0 msnm i mostrant una tendència de progressiu abatiment dels nivells. El TER S03, d'altra banda, manifesta de forma diàfana l'evolució i els efectes de tot el procés d'implantació i reubicació dels pous de la Mancomunitat en aquesta zona.*

Segons les dades de l'estudi ACA_Geoservei (2008), l'evolució de la salinitat en el sector mas Fuster no sembla que hagi millorat d'acord a com sí ho han fet els nivells freàtics, amb motiu de la dispersió ja comentada. D'altra banda, cal remarcar també que en la nova ubicació de les captacions de la Mancomunitat sembla que de moment no s'han advertit efectes d'increment de la salinitat.

(d) en el sector nord de l'àrea d'estudi es disposa de dades d'un únic punt de control *(LE-4 o limnígraf de l'Escala)* que registra dades des de l'any 1990. La seva evolució indica una estabilització amb una molt lleugera tendència al descens. S'interpreta que aquesta tendència està motivada per les extraccions generals del sector. La distància que separa aquest límnígraf de les captacions de proveïment de l'Escala suggereix que l'efecte d'aquestes captacions sobre el nivell del punt de control és poc significatiu: inferior a 1 m de variació estacional.

(e) la interrelació entre els impactes observats a l'aqüífer semiconfinat profund i les anomalies detectades a l'aqüífer superficial litoral no s'ha estudiat encara amb prou detall; no obstant això, tal com s'ha comentat en apartats precedents, no es pot descartar que pugui haver-hi una transmissió dels efectes del semiconfinat sobre el lliure. Aquesta és una qüestió que de ben segur caldrà atendre en la futura confecció de pautes de gestió hidrològica de la zona.

7.6.4. Salinitat a l'aqüífer superficial

La regulació de la salinitat en els sistemes hidrològics litorals és una de les principals preocupacions de la gestió hidrològica en aquestes àrees. *La Taula 14* indica els percentatges de concentració de clorurs i sodi, i dels valors de la conductivitat elèctrica en els pous i piezòmetres de control de l'aqüífer superficial litoral del Baix Ter. Els resultats hidroquímics permeten observar que la salinitat incideix de forma similar en els sectors nord i sud del Baix Ter, probablement amb una major tendència en el cas del sector nord. Exceptuant situacions locals, la presència de salinitat a l'aqüífer superficial del Baix Ter està motivada majoritàriament per causes naturals vinculades als ambients sedimentaris que formen aquests aqüífers; no succeeix així en el cas de l'aqüífer semiconfinat profund, tal com comentàvem en l'anterior subapartat. A continuació s'indiquen algunes consideracions en aquest sentit:

(a) en el sector sud, l'aqüífer superficial lliure presenta una franja de salinitat important al nord de l'Estartit *(FIG. 30)*, que s'estén des de la zona litoral fins a tocar els terrenys del mas de l'Arbre de Torroella de Montgrí. Just a la banda nord del Ter Vell, aquesta salinitat probablement està associada a la presència d'una falca de dipòsits maresmals que penetra cap a l'interior, saturada amb aigües salines pròpies del medi o més o menys recents. En el cas del tram que des del mas del Pi arriba fins al mas de l'Arbre, la salinitat pot estar condicionada a extraccions puntuals que mobilitzarien les sals contingudes en els dipòsits maresmals pròxims a les captacions, o bé a una penetració directa de la falca subterrània d'intrusió salina. Aquest darrer cas és improbable perquè les extraccions són poc importants, però en tot cas, caldria establir les relacions iòniques pertinents per a acabar d'entendre la procedència d'aquesta salinitat.

(b) el sector comprès entre el Ter Vell i la Pletera presenta també valors de salinitat coherents amb la tipologia dels ambients de formació dels materials existents en aquesta zona.

(c) s'observa una certa correspondència entre les àrees litorals que mostren menys salinitat i la ubicació de les principals traces dels paleocanals basals de l'aqüífer superficial (cas del Ter Vell, Fonollera, bassa de l'Anser), que coincidirien amb eixos preferents de circulació subterrània i d'aportació d'aigües més dolces *(FIG. 30)*. En els vessants compresos entre el sector dunar de les Dunes i la plana al·luvial s'observa també una aportació d'aigües de millor qualitat que incideix sobre la millora dels valors de salinitat dels sectors immediats a la plana, que en són els receptors *(FIG. 30)*.

SECTORS/Valors CLORUR (%)	<250 mg/L	250-500 mg/L	500-1000 mg/L	1000-2000 mg/L	>2000 mg/L
SECTOR SUD L'ESTARTIT	74	12	10	2	2
SECTOR NORD L'ESCALA	57	8,5	20,5	9	5
SECTORS/Valors SODI (%)	**<100 mg/L**	**100-200 mg/L**	**200-500 mg/L**	**500-1.000 mg/L**	**>1.000 mg/L**
SECTOR SUD L'ESTARTIT	39	30	21	8	2
SECTOR NORD L'ESCALA	44,5	16	26,5	11	2
SECTORS/Valors CE (%)	**<1000 µS/cm**	**1.000-2.500 µS/cm**	**2.500-5.000 µS/cm**	**5.000-10.000 µS/cm**	**>10.000 µS/cm**
SECTOR SUD L'ESTARTIT	20	59	13	4	4
SECTOR NORD L'ESCALA	16	51,5	26,5	6	-

Taula 14. *Valors percentuals de la presència de clorurs (Cl), sodi (Na) i conductivitat elèctrica (CE) a les captacions de l'aqüífer lliure superficial de la zona litoral (sectors nord i sud).*

(d) la desembocadura del Ter manifesta una zonació de la salinitat motivada pel caràcter estuarí del riu, des de la gola fins més enllà del mas Ferrer. Tal com es comentarà en altres apartats, l'evolució de les variacions de la salinitat en el riu estan condicionades al seu cabal, a les variacions del nivell del mar, i a la menor o major obertura de la fletxa de sorra que tanca la gola.

(e) entre el marge dret del riu Ter i la Fonollera, els valors de salinitat corresponen també a unes condicions de saturació naturals dels sediments de la zona, tot i que s'observa una certa penetració que podria ser induïda per determinades extraccions particulars que es produeixen estacionalment en aquest sector.

(f) a la resta del sector de Pals, l'aqüífer superficial presenta una distribució general de valors moderats de salinitat, però que estacionalment poden ser més alts. L'evolució i la temporalitat de la salinitat en aquest sector està molt condicionada a les aportacions d'aigua dolça destinades al reg dels arrossars, així com a la major o menor funcionalitat dels recs i sèquies de drenatge de la zona, i a la major o menor persistència dels episodis de sequera que poden afectar la zona. En el cas del període representat a la *FIG. 30*, la distribució dels valors de la conductivitat elèctrica indiquen una dulcificació important a la zona que caldria atribuir a l'efecte de les aportacions destinades a la temporada de reg.

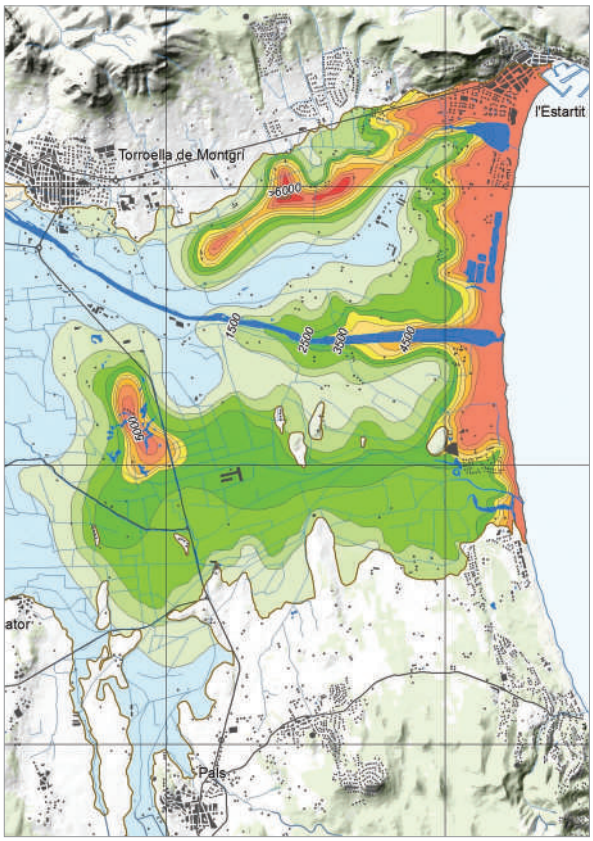


FIG. 30. *Àrees amb valors irregulars de salinitat a l'aqüífer superficial del sector sud de la zona litoral. Valors de conductivitat elèctrica (µS/cm), (ACA_Geoservei, 2008). La gradació de color, de vermell, taronja, groc, verds i blau, indica gradació de major a menor conductivitat elèctrica, que és un paràmetre que reflecteix el grau de salinitat de l'aqüífer.*

(g) la salinitat detectada a l'àmbit de l'Empordà Golf Club és una qüestió local, motivada en part per la presència d'una unitat maresmal subjacent a les dunes de la zona, que per ella mateixa porta associats valors de salinitat que són inherents al medi. També afecta la baixa capacitat de drenatge d'aquesta unitat maresmal, ja que juga a favor de la retenció i l'acumulació de les sals que es troben contingudes en les aigües regenerades procedents de l'EDAR de Torroella de Montgrí, que s'utilitzen per al reg del camp *(apartat 5.3)*.

(h) en el sector nord, la salinitat es localitza principalment a l'àmbit de Sobrestany i en el triangle comprès entre Albons, Cinc Claus i els Salancs de les Corts *(FIG. 31)*. En tots els casos, la presència de la salinitat és atribuïble a la naturalesa sedimentària dels materials que conformen el subsòl.

En el cas de Sobrestany, la presència de salinitat s'explica per l'existència de dipòsits palustres subjacents (unitat T1k0), i el predomini d'una dinàmica del flux hídric de tipus endorreic, des de les zones agrícoles contigües cap a les parts topogràficament més deprimides de l'antic estany *(FIG. 6)*. Aquesta situació ha generat el desenvolupament

de sòls de drenatge deficient, de moderadament a fortament salins, que amplifiquen més encara la sobreconcentració de les sals en aquesta zona *(FIG. 31)*. Fins i tot les àrees de Sobrestany que presenten sòls de major drenatge acaben percolant les aigües salines contigües cap a nivells permeables més profunds, fins a salinitzar-los.

En el cas del sector nord d'Albons, Cinc Claus i les Corts, l'escenari de salinitat resulta d'una combinació complexa de procedències i situacions diverses:

Respecte a la zona salina del nord d'Albons *(FIG. 31)*, un primer aspecte a tenir en compte és la forta presència de materials corresponents a la unitat T1k0 litoral. En anteriors apartats ja s'ha comentat que l'ambient de sedimentació d'aquesta unitat coincideix amb l' expansió d'una plana fluviomarina assimilable a condicions de badia fangosa o lagoon litoral. Aquest escenari ha propiciat el predomini de dipòsits llim-argilosos saturats amb aigües d'elevada salinitat, característica que pot mantenir-se encara amb motiu de la baixa permeabilitat dels materials i del seu caràcter aqüitard. Sobre aquests terrenys s'han desenvolupat sòls de moderadament a fortament salins, de manera que estacionalment es produeixen ascensos d'aigües salines per capil·laritat fins a la superfície del terreny. No en va, molts dels topònims d'aquests paratges fan referència a l'ambient de sedimentació i a la salinitat: *pla dels Salancs, els Estanys, Salancs d'en Pontós...* Només la part superior de la subunitat PROGk2 presenta un cert recobriment superficial de tipus llimós, propi d'episodis d'inundació, que possibilita una mínima explotació agrícola de la zona.

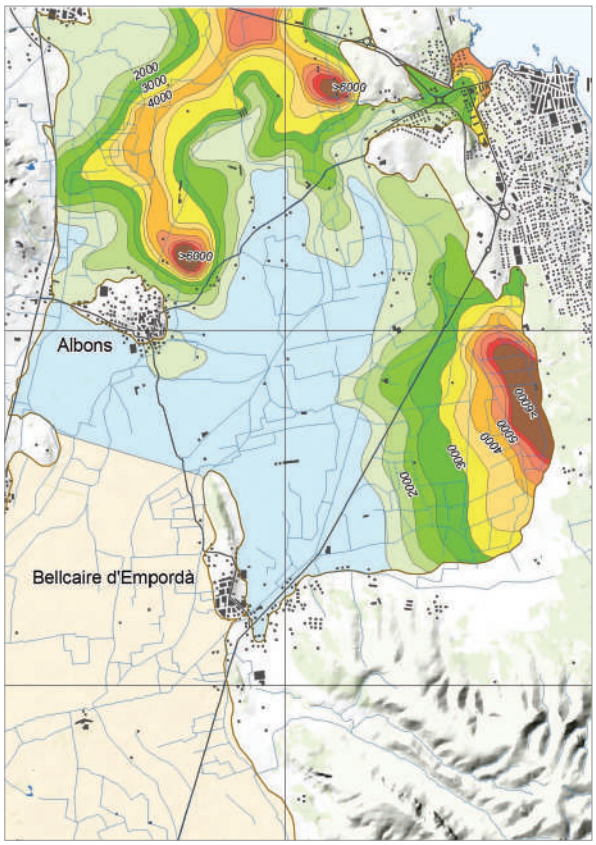


FIG. 31. *Àrees amb valors irregulars de salinitat a l'aqüífer superficial del sector nord de la zona litoral. Valors de conductivitat elèctrica (µS/cm), (ACA_Geoservei, 2008). La gradació de color, de vermell, taronja, groc, verds i blau, indica gradació de major a menor conductivitat elèctrica, que és un paràmetre que reflecteix el grau de salinitat de l'aqüífer.*

En aquest mateix sector, la unitat T1k0 fluviomarina reposa directament sobre el substrat prequaternari de manera que es pot considerar que pràcticament no hi ha aqüífer semiconfinat profund *(FIG. 22)*. Els pocs pous profunds existents exploten normalment els nivells més o menys permeables del substrat, que en aquesta zona està format en part per graves i sorres argiloses semiconsolidades d'edat neògena; i localment per calcàries mesozoiques *(subapartat 7.2.1)*. La salinitat detectada en aquesta zona afecta principalment aquest tipus de pous, i es considera motivada per la insuficient transmissivitat de les formacions del substrat, ja que quan aquest no pot compensar els nivells d'extracció aplicats passa a activar-se el drenatge vertical de la subunitat salina T1k0 suprajacent. D'altra banda, a prop de la costa d'Empúries, els nivells de salinitat presents en el substrat neogen presenten valors superiors als 5.000 µS/cm, probablement motivats en aquest cas per la intrusió de la falca salina litoral.

En el sector proper a les Corts de l'Escala, el nucli de salinitat detectat podria correspondre a la mobilització d'aigües salines contingudes en el mateix substrat calcari. Sobre aquest darrer cas s'han citat casos de surgències salines procedents de les calcàries mesozoiques *(SGOP, 1965; MACAU, 1965; MARTINEZ GIL, 1972; ALBERTÍ et al., 1983; MONTANER et al., 1990).*

Els principals nuclis de salinitat detectats en el sector nord de la plana litoral presenten un cert risc de ser mobilitzats per camps de bombeig propers, com poden ser els dels pous de l'Escala, tal com ens suggereix la presència d'una ploma amb valors de salinitat moderada que, de nord a sud *(FIG. 31)*, progressa precisament en direcció a aquestes captacions.

Finalment és interessant remarcar la presència d'una ploma de baixa salinitat en el tram comprès entre Vilanera i el Molí de l'Escala *(FIG. 31)*, que coincideix precisament amb la traça tant del mateix rec del Molí com d'un antic paleocanal superficial existent en aquest sector *(FIG. 3)*. S'interpreta que els valors de baixa salinitat estan motivats per l'aportació d'aigües dolces, sia superficialment a través del rec o subterràniament a través del paleocanal, de manera que afavoreixen la contenció de la salinitat i milloren les condicions de regressió de la falca salina litoral. Aquest és un aspecte que s'ha observat també en l'àmbit del Ter Vell i en el sector de les basses d'en Coll en relació a les aportacions del rec del Molí de Pals, tot i que en aquest darrer cas, s'ha constatat únicament com a conseqüència de la dulcificació de la qualitat de les aigües de les llacunes litorals.

Imatge 22. *Les aportacions hídriques destinades al ple desenvolupament de l'activitat agrícola són una component molt rellevant del balanç hídric de la plana litoral del Baix Ter. Lluny de ser un problema, cal estendre i alhora modular adequadament el notable paper d'aquesta activitat envers el funcionament hidrològic i hidrogeològic de la zona. (Foto: R. Fortià).*

7.6.5. Nitrats a l'aqüífer superficial

Un altre dels aspectes relacionats amb el correcte manteniment de la qualitat hídrica de la zona litoral és el control de la presencia de nitrats i d'altres compostos nitrogenats (nitrits, amoni) a les aigües subterrànies. A la *Taula 15* s'indiquen els valors percentuals de presència de nitrats, nitrits i amoni a l'aqüífer superficial de la zona litoral.

SECTORS/NITRATS (en %)	<10 mg/L	10-25 mg/L	25-50 mg/L	50-100 mg/L	>100 mg/L
SECTOR SUD L'ESTARTIT	56	23	11	5	5
SECTOR NORD L'ESCALA	72,5	9	6,5	9,5	2,5
SECTORS/NITRITS (en %)	**<0,05 mg/L**	**0,05-0,1 mg/L**	**0,1-0,5 mg/L**	**>0,5 mg/L**	
SECTOR SUD L'ESTARTIT	78	14	8	0	
SECTOR NORD L'ESCALA	63,5	18	16	2,5	
SECTORS/AMONI (en %)	**<0,1 mg/L**	**0,1-0,5 mg/L**	**0,5-1 mg/L**	**1-2 mg/L**	**>2 mg/L**
SECTOR SUD L'ESTARTIT	80	8	3	3	6
SECTOR NORD L'ESCALA	77	3	0	6	14

Taula 15. *Valors percentuals de nitrats, nitrits i amoni a les captacions de l'aqüífer lliure superficial dels sectors litorals nord i sud.*

Els resultats ens indiquen que, en ambdós sectors, un 20% dels pous presenten valors de nitrat superiors als 25 mg/L, i un 10% del total sobrepassa els 50 mg/L. La distribució d'aquests valors de concentració de nitrat es mostra a la *FIG. 32*, on no es distingeixen extenses àrees d'afecció sinó que, en tot cas, les afectacions són de tipus local. Possiblement, la zona on la densitat d'aquest tipus d'afectació local és més elevada és la del Ter Vell, on s'interpreta que els nitrats poden procedir de la fertilització puntual d'horts i d'antics femers o fosses sèptiques de masos.

En el cas dels nitrits, els resultats ens indiquen que el llindar de 0,1 mg/L se supera en el 8% dels pous del sector sud, mentre que el sector nord aquest percentatge és del 18,5%. En el cas de l'amoni, el 12% de les captacions del sector sud superen el llindar màxim de 0,5 mg/L, mentre que en el nord són el 20% de les captacions. Aquesta major concentració de nitrits i amoni en el sector nord pot estar associada, en part, a una major presència de condicions reductores derivades de la composició sedimentària de l'aqüífer a l'àmbit d'Albons i Cinc Claus, tal com ja s'ha referenciat en el *subapartat 7.6.4.*

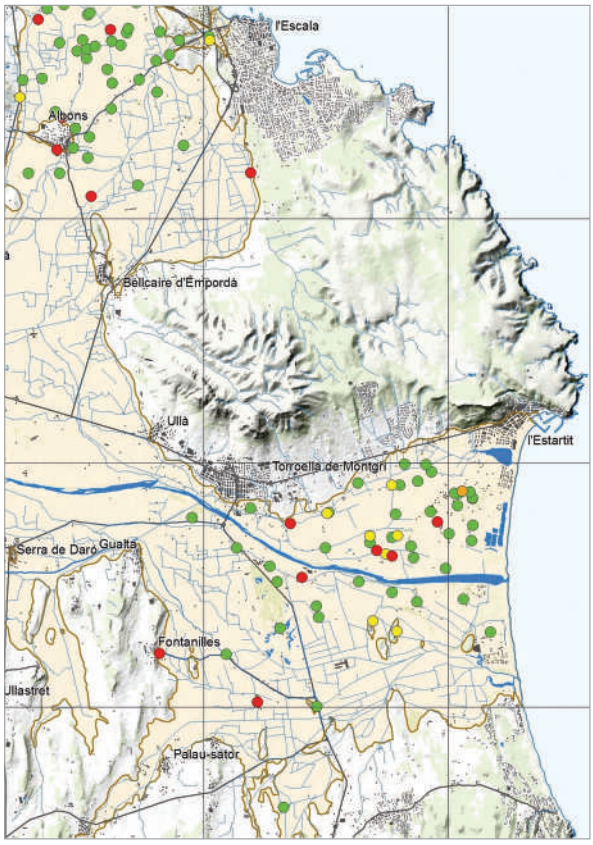


FIG. 32. *Distribució de valors de la concentració de nitrat a l'aqüífer superficial de la zona litoral del Baix Ter. VERD; inferior a 25 mg/l; GROC: 25 a 40 mg/l; TARONJA: 40 a 50 mg/l; VERMELL: més de 50 mg/l.*

Dinàmica hidrològica

8. INTRODUCCIÓ

La descripció de la dinàmica hidrològica de la plana litoral resulta d'intentar encaixar el comportament dels diversos elements caracteritzats en el capítol anterior. És un objectiu complex, ja que en primer lloc es pretén establir quins són els components que juguen un paper determinant en la hidrodinàmica de la zona, per passar posteriorment a descriure el seu funcionament tant en l'aspecte zonal com en relació als àmbits hidrològics més rellevants de la plana litoral.

La descripció s'orienta en la línia d'establir el comportament hídric superficial i el subterrani, així com les seves interrelacions, amb la idea final d'aproximar un balanç hídric esquemàtic dels principals sectors de la plana litoral. En el procés s'aporten també les referències de possibles dèficits d'informació necessària.

L'anàlisi dels components que intervenen en el flux hidrològic s'estructura segons tres aspectes bàsics de la dinàmica hidrològica litoral:

(a) la circulació d'aigües superficials i la seva interrelació amb la freqüència pluviomètrica,
(b) les variacions del nivell del mar, i
(c) la circulació d'aigües subterrànies i la seva interrelació amb la recàrrega neta i les extraccions.

9. FUNCIONAMENT DELS COMPONENTS DE LA DINÀMICA HIDROLÒGICA

9.1. Aigües superficials

Els components relatius a la dinàmica de les aigües superficials que juguen un paper clau en el funcionament hidrològic litoral són:

En el sector sud - marge esquerre del Ter, la circulació d'aigües superficials als sistemes naturals litorals està condicionada per: (1) les aportacions i consegüents variacions de nivell del riu Ter, i 2) les aportacions del rec del Ter Vell i dels torrents dels vessants del Montgrí.

No s'inclouen com a components determinants del funcionament hidrològic litoral: (1) el rec soterrat del Mas Duran i l'entramat de regadiu associat, ja que les seves aigües no intervenen perquè es troben canalitzades i a pressió; (2) les aportacions d'aigua regenerada de l'EDAR de Torroella de Montgrí, que també passen a formar part de l'anterior sistema de regadiu; i (3) les branques de distribució del reg associades al Ter Vell.

En tots tres casos s'interpreta que l'aigua procedent d'aquests elements no arriba de forma directa al sistema hídric litoral sinó que, en tot cas, hi arriba indirectament com a part de la recàrrega neta o infiltració a l'aqüífer. En aquest sentit, la seva consideració com a aportacions dins la hidrodinàmica zonal s'establirà més endavant, però com a components de les aigües subterrànies.

Tampoc no es consideren les possibles aportacions derivades dels drenatges del regadiu d'aquest sector, atès que en general acaben dispersant-se en múltiples recs d'escorriment, molt d'ells poc funcionals, de manera que poden acabar incorporant-se també a l'aqüífer.

Pel que fa a la descàrrega d'aigües superficials, els principals components a considerar són: (1) la descàrrega del riu Ter al mar, i (2) la descàrrega de la llacuna del Ter Vell al mar. En el cas de les sortides per retorn de reg a l'aqüífer, aquestes es consideraran com a recàrrega neta i s'analitzaran per tant en el corresponent subapartat d'aigües subterrànies.

En el sector sud - marge dret del Ter, la circulació d'aigües superficials al sistemes naturals de la zona és més complexa, i s'associa bàsicament a: (1) les aportacions i consegüents variacions de nivell del riu Ter, 2) les aportacions del rec del Molí de Pals més l'addició de les aportacions de la riera Nova, la riera Vella, i les aigües de drenatge de la sèquia Massot, (3) les aportacions de la conca de la riera Grossa de Pals a través del rec d'es Coll, més les aportacions de l'EDAR de Pals a través del rec Rieral, i (4) les aportacions dels recs de transport/drenatge del sector sud de les basses d'en Coll (rec de les Bassetes més la suma del rec dels Fesols).

En aquest esquema, no es té en compte el canal Gualta-Torroella com a component d'aigües superficials ja que està canalitzat i les seves aportacions només intervenen, en tot cas, com a retorns de reg respecte de la recàrrega neta de l'aqüífer.

Quant a la descàrrega d'aigües superficials, cal tenir en compte: (1) la descàrrega del riu Ter al mar, (2) la descàrrega de l'antic braç del Daró i les basses d'en Coll al mar; i (3) les aportacions de l'EDAR de Pals al reg del camp Golf de Pals a través del rec Gilda *(FIG. 9)*.

En el sector nord de l'àrea litoral, la circulació d'aigües superficials presenta els següents components: (1) els cabals circulants pel rec de Sentmenat o Molí de Bellcaire, i (2) els cabals circulants per la sèquia Cinyana, que recull les aportacions dels torrents laterals del Montgrí i les aigües de drenatge dels camps de conreu de la zona de Sobrestany *(FIG. 9)*.

En referència a la descàrrega d'aigües superficials únicament cal considerar les sortides a mar del rec de Sentmenat, a l'alçada de la platja del rec del Molí de l'Escala. Les aportacions per a reg des del rec del Molí i des del canal de reg de Sobrestany no es consideren descàrrega directa al sistema litoral, sinó que: (a) una part passa a incorporar-se a l'aqüífer com a retorns de reg, i per tant es consideraran a l'apartat corresponent a les aigües subterrànies, i (b) l'altra part, tal com s'ha apuntat a l'anterior paràgraf, són cabals drenats a través de la sèquia Cinyana.

Amb tots aquests elements sobre la taula es pot concloure que l'anàlisi del funcionament hidrològic de les aigües superficials a la zona litoral del Baix Ter cal orientar-la sobre els components següents:

(a) aportacions i descàrrega del riu Ter

(b) aportacions i descàrrega del rec del Ter Vell

(c) aportacions del rec del Molí de Pals

(d) aportacions de la riera Grossa de Pals i rec d'es Coll

(e) aportacions dels recs del sector sud de les basses d'en Coll

(f) descàrrega de les basses d'en Coll

(g) aportacions i descàrrega rec de Sentmenat o Molí de Bellcaire

(h) aportacions i descàrrega sèquia Cinyana

9.1.1. Aportacions i descàrrega del riu Ter a la zona litoral

9.1.1.1. Dades bàsiques

Les dades relatives als cabals de circulació del Ter a partir del pont de Torroella de Montgrí s'han exposat en el *subapartat 4.1.1,* de manera que a continuació només se'n fa un breu recordatori, per passar seguidament a analitzar el funcionament del riu dins la hidrodinàmica general de l'àrea litoral.

Els **valors mitjans de les aportacions del riu** s'han calculat pel cas d'un any meteorològicament humit, mitjà o sec:

Aportacions anuals any meteorològic humit: ..... 934 hm^3/any
Aportacions anuals any meteorològic mitjà: ..... 398 hm^3/any
Aportacions anuals any meteorològic sec: ..... 136 hm^3/any

En **règim de cabals regulars**, que comprèn un ampli rang de cabals sempre situats sota un màxim de 7 m^3/sg, els valors de les aportacions i els percentatges de durada d'aquest règim durant l'any són els següents:

Aportacions regulars any humit (11,2%): ..... 19 hm^3/any
Aportacions regulars any mitjà (64%): ..... 253 hm^3/any
Aportacions regulars any sec (88%): ..... 87 hm^3/any

En **règim de cabals extraordinaris**, que comprèn valors superiors a 7 m^3/sg, els valors de les aportacions i els percentatges de durada del règim durant l'any són els següents:

Aportacions extraordinàries any humit (88,8%): ..... 914 hm^3/any
Aportacions extraordinàries any mitjà (36,5%): ..... 145 hm^3/any
Aportacions extraordinàries any sec (12%): ..... 48 hm^3/any

El règim de cabals extraordinaris va associat a episodis pluviomètrics importants, que segons MARTINOY i PASCUAL (2004) es produeixen durant les pluges intenses de la tardor, mesos d'octubre i novembre, i també durant les pluges més pausades de la primavera, mesos de maig i d'abril. Segons els mateixos autors, alguns dels principals episodis pluviomètrics associats a inundacions s'han produït els anys: 1977 (6 de gener, 109 mm i 16 de maig, 226 mm), 1986 (13 d'octubre, 166 mm), 1987 (1 d'octubre, 196 mm), 1991 (26 d'octubre, 123 mm) i 1994 (10 d'octubre, 318 mm i 20 d'octubre, 160 mm).

Imatge 23. *Durant períodes prolongats de pluges, principalment a la tardor i primavera, els sistemes de drenatge "es van botint" fins un punt en què inevitablement s'acaben negant els camps i les carreteres de la plana litoral. Per uns dies, l'aigua redibuixa una part del paisatge antic i ens retorna a un pròleg llunyà de la nostra història (Foto: CdD del Montgrí, les Illes Medes i el Baix Ter).*

9.1.1.2. Dinàmica del riu

La dinàmica del riu a la zona litoral i la seva interrelació amb la freqüència pluviomètrica al llarg de l'any s'ha analitzat a partir de les dades de cabal de l'AGÈNCIA CATALANA DE L'AIGUA *(Taules 1 i 2, Gràfica 1)*, i la informació meteorològica exposada en diversos treballs (inèdits o publicats) de PASCUAL i MARTINOY. La interpretació d'aquestes dades posa de manifest que durant l'any es poden produir dos tipus o estadis bàsics de funcionament hidrològic del riu:

(1) un estadi de funcionament amb cabals regulars, caracteritzat per la circulació d'un ampli rang de cabals, que per al període 2003-2007 inclouria des de cabals mínims de 0,27 m^3/sg fins a màxims de 7 m^3/sg, i per consegüent, unes aportacions derivades des de 0,024 hm^3/dia fins a 0,6 hm^3/dia, i

(2) un estadi de funcionament de cabals extraordinaris, que comprèn la circulació de cabals superiors a 7 m^3/sg, i per tant inclou les situacions de riuades típiques dels períodes meteorològics abans referenciats, amb cabals punta de 230 m^3/sg o fins i tot superiors. En aquest estadi, les aportacions del Ter a la zona litoral poden ser des d'un mínim de 0,6 hm^3/dia a un màxim de 20 hm^3/dia.

COMPORTAMENT DE LA FALCA SALINA FLUVIAL

La definició dels dos estadis de funcionament hidrològic del riu ens permet comparar els hipotètics efectes d'un i altre sobre l'evolució de la seva làmina de l'aigua, i en conseqüència, sobre la falca salina fluvial existent a la zona de comportament estuarí del riu *(FIG. 30)*. L'argumentació que es presenta en aquest sentit recull els següents considerants:

(a) en un escenari de cabals regulars, el moviment de la falca d'intrusió salina fluvial està bàsicament condicionat a les aportacions del riu. En aquest sentit, és important i necessari determinar la relació cabal/posició de la salinitat del riu per a diferents escenaris, amb l'objectiu d'establir quin és el rang de cabals que es correspon amb una posició hidrològicament acceptable de la falca salina a l'interior del riu.

Un escenari concret d'aquesta relació és la situació de la falca salina representada a la *FIG. 30.* En aquest cas, la falca salina es troba a uns 2 km de la línia de costa, una mica aigües avall de la màxima propagació del comportament estuarí dins el riu *(apartat 4.8)*. Pel que fa al cabal associat, aquest escenari representa un règim de funcionament regular del riu corresponent al període agost 2006 - gener 2007, que es caracteritza pels següents valors de comportament fluvial:

Durada del règim regular del període (% del total de dies)	88
Cabal mitjà del període (en règim regular) en m^3/sg	3,40
Cabal màxim del període (en règim regular) en m^3/sg	6,87
Cabal mínim del període (en règim regular) en m^3/sg	1,50
Aportacions del període (en règim regular) en hm^3	47
Aportacions mitjanes del període (en règim regular) en hm^3/dia	0,30
Aportacions màximes del període (en règim regular) en hm^3/dia	0,60
Aportacions mínimes del període (en règim regular) en hm^3/dia	0,13

L'escenari indicat no marca un model o llindar de referència invariable, ja que els cabals indicats són els estrictament relacionats amb la situació de salinitat referenciada a la *FIG. 30*. Això no obstant, ens indiquen una tendència del comportament hidràulic del riu en què l'aportació de cabals de l'ordre considerat manté la salinitat a una posició que es pot considerar hidrològicament acceptable. Aquest escenari no exclou tampoc que una circulació de cabals menors fos també adequada en relació a la falca salina. D'altra banda, l'avaluació efectuada no incorpora tampoc la diagnosi sobre l'estat ecològic derivat d'aquest escenari fluvial concret, qüestió que, de ben segur, podria introduir punts de vista diferents sobre el que cal entendre com a llindar de salinitat acceptable dins el riu.

Seguint amb l'exemple anterior s'ha observat que, en el cas d'un any humit, els valors de cabal mitjà característics de l'escenari de referència (3,40 m^3/sg) es repetirien pràcticament el 100% dels dies de l'any; mentre que, durant un any sec, es repetirien aproximadament un 40% dels dies de l'any. En aquest sentit, cal assenyalar que la freqüència en què es pot produir el cas de referència és variable i està condicionada tant als aspectes meteorològics com a la regulació dels cabals de desembassament.

En definitiva, es pot concloure que el control de la variabilitat en règim de cabals regulars passa per la introducció d'una major precisió en la identificació de la relació cabal / salinitat. Això porta necessàriament a la programació de determinats treballs que poden ser: (1) empírics, amb l'establiment d'un monitoreig específicament dissenyat, o (2) d'aplicació de programaris de simulació que puguin combinar funcions de variació del cabal i equacions de dinàmica fluvial i de comportament de la salinitat.

(b) en un escenari de cabals extraordinaris, la relació cabal/salinitat és menys complexa. Al llarg d'un any mitjà, els cabals extraordinaris suposen un 36% dels dies, i les aportacions corresponents són de 144 hm^3, mentre que per a un any humit representen el 89% dels dies i les aportacions associades sumen valors superiors als 900 hm^3. Des del punt de vista diari, aquest escenari pot suposar aportacions d'entre 0,6 i 20 hm^3/dia.

Davant un escenari de cabals d'aquesta magnitud, es produeix un retrocés ràpid de la falca salina fins a prop de la línia de costa, un augment de les sortides d'aigua al mar, un ascens de cota del nivell freàtic per acumulació d'aigües a la ribera del riu, i la inundació de les zones deprimides maresmals. Si aquest escenari de funcionament del riu va acompanyat, a més, de temporal de mar, la inundació és molt més important i s'acaba produint un aiguabarreig d'aigua dolça/salina que amplifica l'efecte de la inundació litoral. El control i la gestió hidrològica d'aquest escenari és complexa i gairebé és preferible intervenir només per evitar riscos sobre persones i patrimoni; d'altra banda, des del punt de vista del funcionament hidrològic, els efectes sobre el medi hidrològic litoral són, normalment, positius.

Imatge 24. *En el tram del riu aigües avall del pont de Torroella de Montgrí, el cabal circulant determina la progressió de la falca salina de la part final del riu i el cabal d'aigua que desaigua al mar. D'altra banda, aquest cabal manté un determinat nivell de base a l'aqüífer, però per la majoria de les situacions meteorològiques té poca participació sobre la component de recàrrega subterrània a l'aqüífer litoral (Foto: CdD del Montgrí, les Illes Medes i el Baix Ter).*

RELACIONS RIU / AQÜÍFER EN EL TRAM FLUVIAL LITORAL EN RÈGIM DE CABALS REGULARS

La descripció de les relacions hidrodinàmiques que s'estableixen entre el riu i aqüífer en el darrer tram fluvial és un dels aspectes clau per a determinar el funcionament hidrològic de la zona litoral.

En aquest sentit, una de les qüestions bàsiques que es poden observar és la morfologia i la posició de les cotes piezomètriques de l'aqüífer superficial en relació al riu. En la piezometria de la *FIG. 26*, les corbes de nivell freàtic suggereixen que, des del pont de Torroella de Montgrí fins a la gola del riu, el flux dominant és de l'aqüífer cap al riu, de manera que pràcticament no es deuen produir aportacions del riu cap a l'aqüífer. És una relació d'efluència on predominen les condicions de drenatge del riu sobre l'aqüífer. Aquesta situació suggereix les següents consideracions respecte del funcionament litoral del riu:

I. les aportacions del riu a partir del pont de Torroella de Montgrí mantenen una làmina d'aigua a la llera i un nivell de base de saturació de l'aqüífer, però pràcticament no es produeix flux de recàrrega lateral des del riu a l'aqüífer.

II. tret de les dues funcions anteriors (làmina i nivell de base), el cabal del riu en el tram fluvial litoral: (1) es transfereix dins la falca salina fluvial, contenint-la dins uns determinats rangs variables de progressió i retrocés, i (2) en el cas que es donin les condicions mínimes de cabal per a fer-ho, surt directament al mar per damunt de la falca salina fluvial.

III. aquest comportament del riu en el tram fluvial litoral s'identifica principalment en escenaris de cabal regular, de manera que, tal com s'ha indicat a les *Taules 1 i 2*, la seva ocurrència varia entre el 64% del temps en el cas d'un any meteorològicament moderat, i el 88% del temps en el cas d'un any meteorològicament sec.

IV. les dues anteriors consideracions permeten interpretar que en escenaris de cabals regulars, les entrades a la zona litoral procedents de les aportacions del riu equivalen a la suma dels següents components: la transferència d'aigües del riu a la contenció de la falca salina, la descàrrega directa d'aigües superficials al mar, i la descàrrega d'aigües subterrànies al riu en el tram considerat entre el pont de Torroella de Montgrí i la Gola.

V. conseqüència dels anteriors punts (I a IV) es pot concloure que davant escenaris de cabal regular que es mostrin insuficients per a revertir la situació d'efluència del riu aigües avall del pont de Torroella de Montgrí, els corresponents balanços zonals del marge dret i esquerre de la zona litoral passen a dependre més de la recàrrega/descàrrega de l'aqüífer i de les aportacions dels cursos superficials secundaris (recs, sèquies i torrents), que no pas del mateix riu.

RELACIONS RIU / AQÜÍFER EN EL TRAM FLUVIAL LITORAL EN RÈGIM DE CABALS EXTRAORDINARIS

En el cas dels anys humits i per escenaris de règim extraordinari, les relacions riu-aqüífer poden canviar significativament, si més no, de forma temporal. El funcionament del riu durant aquest estadi té possibilitats de revertir temporalment les relacions d'efluència riu/aqüífer, com a conseqüència d'un ascens important de la làmina d'aigua del riu i del nivell freàtic. Aquests canvis fan que el riu pugui recarregar temporalment l'aqüífer i que les isolínies piezomètriques remetin cap a la costa, s'instal·lin prop de la ratlla litoral i provoquin la inundació de les àrees topogràficament més deprimides.

L'ascens del freàtic i la retirada de la isolínia 0 msnm cap a la costa afecta de major a menor grau a mesura que ens allunyem de l'eix del riu. Aquest fet està motivat per una major acumulació de l'aigua prop de les riberes; aigua que, mentre dura la situació de recàrrega, s'estén com a recàrrega de l'aqüífer, i quan remet l'episodi extraordinari torna al riu des de les riberes on havia quedat acumulada.

Les situacions d'inundació litoral que transcendeixen sobre l'efluència del riu i el retrocés de la isolínia 0 msnm succeeixen sota condicions meteorològiques extremes, amb nivells del riu molt alts o amb riuada. MARTINOY i PASCUAL (2004) han observat localment aquests fenòmens d'inundació litoral a la zona litoral del Baix Ter. Segons aquests autors, l'anàlisi de la relació entre les inundacions litorals, els episodis de pluges intenses superiors als 50 mm, i els temporals de mar amb ones de més de 3 m, indica que, amb 37 anys (de 1968 a 2003) s'han produït: **145 inundacions, 116 temporals de mar** i només **47 episodis plujosos** d'aquest nivell. La coincidència pluja intensa/temporal de mar ha coincidit 18 vegades, per tant en un percentatge del 40% sobre les situacions de pluja intensa.

Aquestes dades situen molt millor el context real i la freqüència en què es pot produir un funcionament del riu com el descrit per a l'escenari de cabals extraordinaris. Tal com es desprèn de les dades anteriors, la freqüència és relativament baixa (47 episodis per 37 anys, i probablement no tots acaben suposant una riuada), de manera que l'escenari associat al funcionament extraordinari del riu pot acabar considerant-se, realment , com un episodi excepcional.

Imatge 25. *Segons MARTINOY i PASCUAL (2004), durant el període 1968 a 2003 s'han produït: 145 inundacions, 116 temporals de mar i només 47 episodis plujosos de més de 50 mm. La coincidència pluja intensa/temporal de mar ha coincidit 18 vegades, per tant en un percentatge del 40% sobre les situacions de pluja intensa (Foto: J. Montaner).*

9.1.1.3. Conclusions sobre el funcionament hidrològic del riu

I. en escenaris d'aportacions extraordinàries de cabal, el riu pot tenir efectes significatius sobre la hidrodinàmica litoral de la zona. Són episodis excepcionals i que difícilment poden ser controlats i integrats a la gestió de la hidrodinàmica de la zona. Inicialment és preferible incidir - hi només per tal de garantir la protecció civil i els béns patrimonials que es considerin. D'altra banda, des del punt de vista del funcionament hidrològic, els efectes sobre el medi hidrològic litoral són, normalment, positius.

II. en la resta d'escenaris de funcionament del riu, que són els que es produeixen durant la major part de l'any, s'ha observat que, a banda de mantenir una làmina d'aigua a la llera i un nivell de base a l'aqüífer, la funció bàsica del riu és contenir la falca salina fluvial i descarregar al mar si les condicions de cabal ho permeten.

Durant aquests escenaris de funcionament, els efectes del riu sobre l'aqüífer i sobre la progressió/retrocés de la isolínia 0 msnm costanera són poc determinants, i en tot cas centimètrics, de manera que tampoc no fan variar significativament la posició de la falca estuarina. Aquest fet està motivat per una situació d'efluència del riu que difícilment es pot revertir en escenaris de cabal de règim regular.

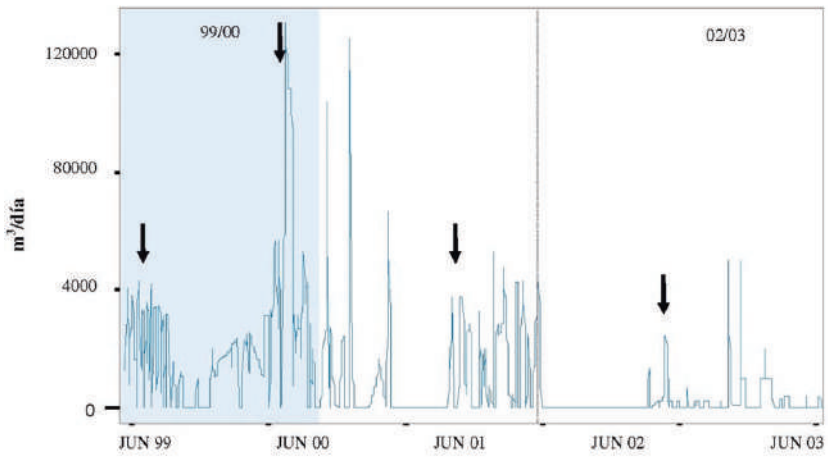
III. atès que en la majoria d'escenaris de funcionament fluvial no es produeix un flux determinant de recàrrega del riu a l'aqüífer, es considera que la resolució dels balanços zonals dels sectors marge dret i esquerre passa a dependre més de la recàrrega/descàrrega local de l'aqüífer i de les aportacions dels cursos superficials secundaris, que no pas del mateix riu.

IV. en règim regular, el riu és clarament efluent i la recàrrega des del riu és poc determinant. En aquest sentit, no sembla del tot obvi que un increment moderat del cabal del riu a l'altura del pont de Torroella pugui acabar generant efectes proporcionalment significatius sobre la progressió de la isolínia 0 msnm de l'aqüífer, ni sobre el consegüent ascens del freàtic a la zona litoral. Altrament, l'augment de cabals del riu sí que es considera productiu per a millorar la contenció de la falca salina litoral i la descàrrega del riu al mar, així com per a mantenir un determinat nivell basal de saturació de l'aqüífer.

V. l'establiment de la relació cabal/posició de la falca salina, així com la possibilitat de detectar variacions centimètriques a l'aqüífer i a les zones humides litorals que puguin ser proporcionalment significatives en relació a determinats canvis del cabal del riu, són dos aspectes a determinar però que requereixen una anàlisi de precisió, amb l'execució de treballs específics de monitoreig d'elevada resolució i/o de simulació del flux i de la salinitat.

9.1.2. Aportacions i descàrrega del rec del Ter Vell

El rec del Ter Vell és un canal de reg agrícola que es desvia del Ter a partir de la resclosa d'Ullà. Recentment es destinava a regar una part dels terrenys agrícoles adjacents als seus respectius marges. També exerceix de col·lector de les aigües d'escolament pluviomètric dels diversos torrents que drenen el vessant meridional del Montgrí, entre Torroella i l'Estartit. La seva funció com a canal de reg agrícola va canviar radicalment a partir dels anys 2001-2002, quan es va reemplaçar el regadiu existent per un nou sistema entubat i a pressió *(Gràfica 5)*.



Gràfica 5. *Cabals circulants pel rec del Ter Vell a l'entrada de les llacunes, abans (99-01) i després (02-03) del canvi del sistema de regadiu (BADOSA et al., 2004).*

Anteriorment als anys 2001-2002 els cabals que circulaven per aquest canal eren molt més elevats, de fins a 0,13 hm^3 / dia en època de reg. Posteriorment al canvi del sistema

de regadiu, aquests cabals van dismi-nuir significativament, fins i tot en determinades èpoques, i assoliren valors inferiors a 0,003 hm^3/dia de mitjana (BADOSA et al., 2004).

La circulació de cabals en el rec del Ter Vell comprèn dos períodes diferenciats, un cicle primavera-estiu amb una circulació de cabals poc important, i el cicle tardor-hivern, on els cabals augmenten com a conseqüència de les precipitacions, però difícilment acaben superant aportacions de l'ordre de 0,05 hm^3/dia (BADOSA et al., 2004).

La dinàmica establerta pel rec del Ter Vell i les dades mitjanes de cabal aportades per (BADOSA et al. 2004) permeten aproximar una valoració de les aportacions anuals d'aquest rec al sistema litoral, que sumarien un volum comprès entre 1 i 1,5 hm^3/any en el període 2002 / 2003.

La descàrrega de les aigües procedents del rec del Ter Vell s'efectua a través de la llacuna del Ter Vell, i des d'aquesta al mar a través d'una obertura de desguàs que travessa la platja i que funciona intermitentment segons els nivells de làmina d'aigua acumulats a la llacuna. Aquesta obertura d'arribada al mar sovint s'obre artificialment per facilitar el drenatge de l'aigua acumulada a la llacuna o bé entre aquesta i la platja. Durant episodis de temporal de mar acaba constituint també un eix preferent d'entrada d'aigües salines a la llacuna.

Imatge 26. *El tram final de l'antic riu acull les llacunes que anomenem del Ter Vell, que es troben situades entre la zona urbana de l'Estartit, al nord, i l'àrea urbanitzada dels Griells. Entre els anys 2001-2003 es va canviar els sistema de regadiu de la zona, es van iniciar nous treballs de neteja i de recuperació de la llacuna, i en el marc del projecte LIFE (1999-2003) es va posar en funcionament un sistema natural de depuració (QUINTANA et al, 2000 i 2002; BADOSA, et al., 2004). Fruit d'aquestes actuacions és l'actual recuperació d'una superfície lacunar de fins a 3 ha i el manteniment del funcionament natural dels terrenys contigus -18 ha de superfície-. com a àrees maresmals d'inundació recurrent (Foto: Bon Vent de l'Empordà).*

9.1.3. Aportacions del rec del Molí de Pals

L'anàlisi del funcionament del rec del Molí de Pals se centra bàsicament en les aportacions que arriben al sector definit com a sector del rec del Molí de Pals *(subapartat 6.2.6.2)*, que es troba dins el subàmbit de les basses d'en Coll i l'Anser *(FIG. 11.5.2)*.

L'anàlisi efectuada permet agrupar els següents eixos d'aportació: el rec del Molí de Pals, els drenatges procedents de la sèquia Massot, les aportacions de la riera Vella, i les de la riera Nova (que és la continuació de la riera de Peratallada). Tots aquests eixos d'aportació conflueixen en el rec del Molí de Pals, i aquest desemboca les seves aigües a l'antic braç del Daró o braç nord de les basses d'en Coll.

No es disposa de dades concretes sobre les entrades del rec del Molí de Pals dins l'àmbit referenciat, però s'han consultat les dades del SAI al punt de derivació de la resclosa de Canet de la Tallada *(subapartat 5.4)*, on s'indica que el valor mitjà dels cabals que es deriven des del riu Ter al rec del Molí de Pals és d' 1,3 m^3/sg, i que aquesta derivació pot presentar valors punta de cabal de fins a 3,04 m^3/sg *(Gràfica 4)*.

L'anàlisi d'aquestes dades indicaria que la mitjana de les aportacions anuals al reg del Molí de Pals, per al període 2002/2007, és d'uns 41 hm^3/any, amb un màxim de 51 hm^3/any durant el període 2004/2005, i un mínim de 34 hm^3/any durant el període 2006/2007. En temporada de reg (maig a setembre), la derivació de cabals comporta un volum mitjà de 26 hm^3, el 63% anual, i fora de temporada de reg, un volum mitjà de 15,5 hm^3 o el 37% anual restant.

El càlcul de requeriments de la Comunitat de Regants del Molí de Pals *(Taula 4)* indica que aquests requeriments a peu de camp sumen a l'entorn d'uns 16 a 18 hm^3. L'aplicació d'una eficiència de reg del 65% incrementaria aquests requeriments a la temporada de reg d'estiu a uns 23 hm^3, que disten poc de la informació del SAI (26 hm^3), però mantenen una certa manca d'ajust quan es comparen amb anys d'aportació màxima en temporada de reg, per exemple la temporada 2003, amb unes aportacions de 28,8 hm^3.

Aquestes dades donen una certa idea del volum de les aportacions del rec del Molí de Pals al llarg de l'any i per a la temporada de reg. Cal matisar, no obstant això, que durant la temporada de reg una part d'aquestes aportacions es deriven: (1) al canal de reg Gualta / Torroella, amb la finalitat de regar els conreus situats entre el riu i el sector del camp de golf de Gualta, i entre el riu i el sector mas Pla; i (2) una altra part es destina al reg de fruiters i alguns camps d'herbacis de la zona de Gualta. La derivació del canal Gualta-Torroella es podria avaluar a partir del SAI de control instal·lat a Gualta, però no funciona.

Prenent en compte totes aquestes variables, es pot acabar considerant que les aportacions mitjanes d'aquest rec al sistema hidrodinàmic del sector anomenat rec del Molí de Pals es troba en un rang comprès entre els 12 i 15 hm^3 per a la temporada de reg, i d'aquest mateix ordre per a la resta de l'any.

9.1.4. Aportacions de la riera Grossa de Pals i rec d'es Coll

El funcionament d'aquest eix d'aportacions presenta dos cicles bàsics que estan condicionats per la temporada de reg i per les aportacions pluviomètriques, principalment de la tardor.

També hi conflueixen, però poc, les aportacions procedents de l'EDAR de Pals a través del rec Rieral, que en la temporada de reg van destinades pràcticament de forma entera a regar els camps de golf de la zona.

L'anàlisi se centra bàsicament en relació al rec d'es Coll, atès que en el cas de la riera Grossa de Pals molt probablement un important percentatge dels cabals circulants acaba infiltrant-se a l'aqüífer aigües amunt de l'estany de Pals, segons s'interpreta de la piezometria de la *FIG. 26.*

La dinàmica de les aportacions del rec d'es Coll s'ha establert a partir de les dades de BADOSA et al. (2006), on s'analitzen les variacions de cabal d'entrada al sistema de les basses d'en Coll. Concretament un dels punts d'anàlisi i control sembla que pot fer referència a cabals procedents del rec d'es Coll. En aquest cas, la interpretació de les dades indicaria que les aportacions anuals al canal nord de les basses d'en Coll a través del rec d'es Coll és d'una mitjana de 0,6 hm^3/any, valor que per la seva baixa magnitud cal prendre amb reserves.

9.1.5. Aportacions dels recs del sector sud de les basses d'en Coll

Sota aquesta denominació s'inclouen les aportacions del rec de les Bassetes i dels Fesols, el conjunt de les aportacions dels quals acaba directament a la llacuna sud de les basses d'en Coll. El rec dels Fesols recull els sobrants de les aigües de reg del camp de golf de Pals, mentre que el rec de les Bassetes fa la funció de canal de distribució i de drenatge del sector dels arrossars adjacent a la banda sud de la llacuna.

Les dades relatives a les aportacions d'aquest conjunt s'han extret de BADOSA et al. (2006) i indiquen que els cabals circulants pel rec de les Bassetes representa el 46,4% de les aportacions que arriben a la llacuna sud de les basses d'en Coll, mentre que en el cas del rec dels Fesols és només el 16,6%.

Tal com en el rec d'es Coll, es diferencien dos cicles lligats a la temporada de reg i a les aportacions pluviomètriques. En el cas del rec dels Fesols, que també recull les aigües d'escolament dels vessants adjacents a la platja de Pals, aquesta diferenciació queda molt ben definida: el 75% dels cabals circulen fora de la temporada de reg i la resta dins la temporada (maig a setembre).

Quant a les aportacions, la interpretació de les dades de BADOSA et al. (2006) suggereix que els cabals circulants pel rec de les Bassetes sumen unes aportacions anuals de 0,9 hm^3/any (el 81% de les quals, durant la temporada de reg), mentre que pel rec dels Fesols, les aportacions anuals serien de 0,3 hm^3/any, valors que cal prendre també amb reserves.

Imatge 27. *El rec del Molí de Pals arriba a les basses d'en Coll. Durant els períodes de reg (foto: juny 2006) les aigües del rec del Molí es barregen amb les aigües de les basses litorals i aquestes es dulcifiquen. Durant aquests períodes es manté més o menys tancada la sortida al mar. Els períodes en què la pressió atmosfèrica es baixa, el mar construeix una barra de sorra que no deixa drenar les aigües del rec (plenes), de manera que cal obrir la gola amb medis mecànics per a evitar la inundació dels camps. (Foto: Bon Vent de l'Empordà).*

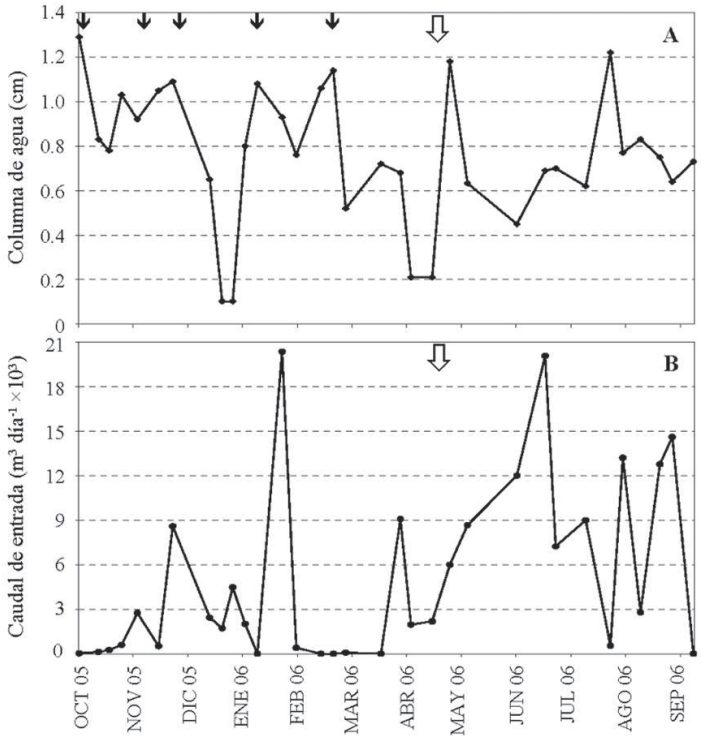
L'anàlisi de les aportacions dels components que intervenen en el funcionament del sector sud de l'àrea litoral (rec del Molí, rec d'es Coll i recs de les Bassetes i Fesols) posa de manifest que, quantitativament, el principal eix d'aportacions a tenir en compte en la gestió de les aigües superficials d'aquest sector és el rec del Molí de Pals. El rec d'es Coll i de les Bassetes estan condicionats pels drenatges dels camps d'arrossars, l'origen de l'aigua de regadiu dels quals prové majoritàriament del rec del Molí de Pals; mentre que el rec dels Fesols quantitativament no és determinant, tot i que presenta un cert interès pel fet de recollir aigües de diferent qualitat procedents dels vessants adjacents a la platja de Pals.

9.1.6. Descàrrega de les basses d'en Coll

La descàrrega de les basses d'en Coll s'efectua a través d'una obertura que travessa la platja i arriba al mar. El funcionament és periòdicament intermitent i s'estableix segons dos comportaments diferents que estan condicionats per les condicions meteorològiques i pels cabals circulants dels recs durant la temporada de reg.

De maig a setembre, malgrat l'elevada aportació de cabals procedents del reg, els nivells mesurats a la llacuna mantenen una certa regularitat a cotes mitjanes de valor 0,76 msnm, cosa que indica que els cabals d'entrada i de sortida són similars *(BADOSA, et al., 2006)*. Aquesta situació genera un funcionament dinàmic de la llacuna, assimilable al d'una llera que desaigua al mar, tal com suggereix també la piezometria de la *FIG. 26* (on la isolínia 0 msnm remet de forma significativa cap al litoral), i la cartografia de salinitat de la *FIG. 30* (on s'aprecia una dulcificació general d'aquest àmbit prop del litoral).

Fora de la temporada de reg, la disminució de cabals *(Gràfica 6)* ocasiona un alentiment del flux superficial i una major acumulació de les aportacions, de manera que els nivells presenten, de mitjana, cotes més elevades (0,9 msnm) que durant l'estadi de regadiu (BADOSA, et al., 2006). En aquest mateix escenari, la circulació de l'aigua pot quedar interrompuda quan es tanca la barra de la platja per causes meteorològiques, la qual cosa provoca un ascens puntual dels nivells i inunda els camps de conreu per retorn de l'aigua, rec amunt. Aquest fenomen, que coincideix amb situació de baixes pressions i tramuntana (BARRIOCANAL, et al., 2006) es coneix amb el nom de "plenes" i sovint obliga els pagesos a obrir la sortida de la platja amb mètodes manuals.



Gràfica 6. *Evolució de la profunditat de la columna d'aigua en les basses d'en Coll (A) i cabal d'entrada en el període 2005-2006 (B). Les "plenes" s'indiquen amb una fletxa negra , i l'inici de la temporada de reg amb una fletxa blanca (BADOSA et al., 2004).*

9.1.7. Aportacions i descàrrega del rec de Sentmenat o Molí de Bellcaire

L'anàlisi de les aportacions del rec de Sentmenat en el sector litoral nord s'ha efectuat indirectament a partir de SAI de Colomers *(Gràfica 3)*. No es disposa de dades de la derivació d'aquest rec a la comporta de mas Duran, lloc on seria molt, molt interessant la instal·lació d'un punt d'aforament d'aquest rec.

En el rec de Sentmenat al pas pel SAI de Colomers es mesuren valors mitjans de cabal de 0,99 m^3/s, i valors punta de fins a 4,14 m^3/s. El valor mitjà de les aportacions anuals és de 31,5 hm^3/any, amb un màxim de 37,7 hm^3/any el període 2003-2004, i un mínim de 25,4 hm^3/any, el període 2006-2007. En temporada de reg (maig a setembre), la derivació de cabals comporta un volum mitjà de 20,6 hm^3, el 66% del total anual, i fora de temporada de reg, un volum mitjà d' 11 hm^3 o el 34% anual restant.

El càlcul de requeriments de la Comunitat de Regants de la presa de Colomers *(Taula 4)* indica que aquests requeriments a peu de camp sumen uns 19,5 hm^3. L'aplicació d'una eficiència de reg del 85% incrementaria aquests requeriments de la temporada de reg a uns 22 hm^3, que disten poc de la informació mitjana del SAI (20,6 hm^3).

El canal de Sentmenat es destina al reg d'unes 1.300 ha de superfície agrícola de la zona litoral nord, que representen aproximadament un 30% de hectàrees que normalment es reguen dins la Comunitat. Tenint en compte aquesta relació es pot considerar que les aportacions del rec de Sentmenat a l'àmbit de Sobrestany podrien ser aproximadament de l'ordre de 6 a 7 hm^3 per la temporada de reg, i d'uns 9 a 10 hm^3/any durant el conjunt de l'any. Les dades per a la temporada de reg també concorden amb el càlcul dels requeriments hídrics d'aquesta zona, que són de l'ordre de 7 hm^3/any.

No s'han calculat en detall les aportacions procedents del subàmbit del torrent Coma Llobera, que acaba drenant les aigües d'escolament de la seva conca a la sèquia Cinyana. Les variables són complexes perquè segurament la major part de les aportacions pluviomètriques acaben infiltrant-se al sistema kàrstic del Montgrí. La resta, que s'ha aproximat en 1 hm^3/any, podria acabar drenant a la sèquia Cinyana, i d'aquesta al rec de Sentmenat.

9.1.8. Aportacions i descàrrega de la sèquia Cinyana

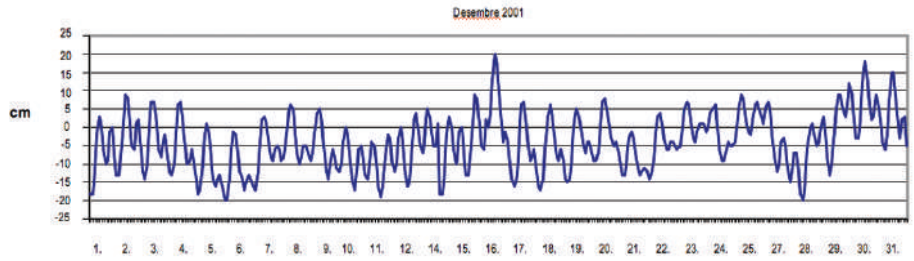
En el subàmbit de la sèquia Cinyana, amb una superfície de 710 ha i on es conreuen unes 70 ha d'arròs, les aportacions d'aigua s'efectuen a través del rec de Sentmenat, la sèquia Cinyana i el rec entubat de Sobrestany. La sèquia Cinyana fa també les funcions de drenatge de tot aquest subàmbit.

L'anàlisi de les aportacions en relació als requeriments hídrics d'aquest subàmbit ens indica que poden ser aproximadament de l'ordre de 3 a 3,5 hm^3/any, volum que suposaria un 50% de les aportacions totals del rec de Sentmenat al sector nord durant la temporada de regadiu.

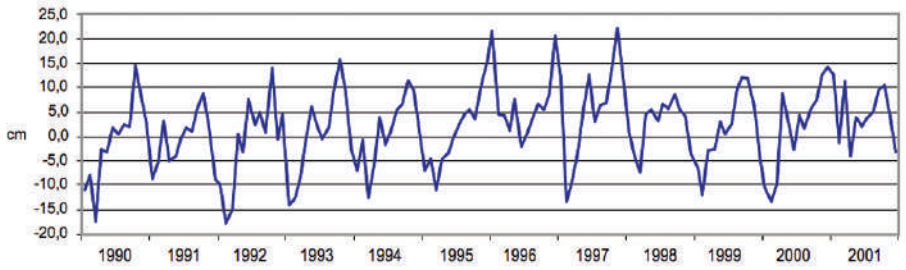
9.2. Variacions del nivell del mar

Les variacions de la hidrodinàmica litoral estan subjectes a factors diversos, que a més poden coincidir també en el temps: riuades, temporals de mar, variacions del nivell del mar, pluges intenses o pluges pausades però continuades.

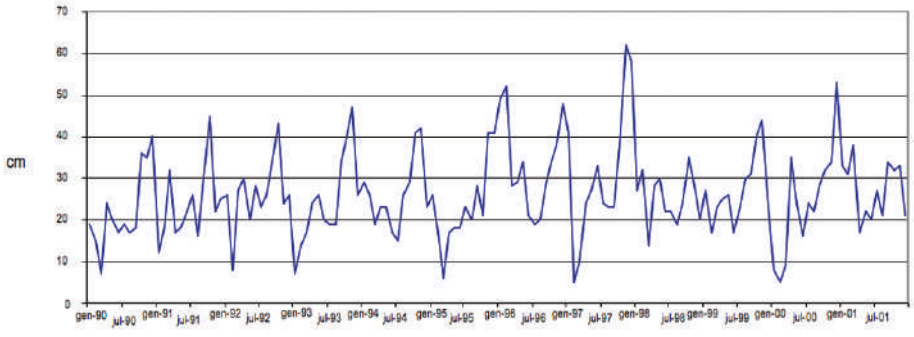
En el cas de les variacions del nivell del mar, s'han analitzat les dades de l'Estació Meteorològica de l'Estartit, amablement cedides per JOSEP PASCUAL, per al període 1990-2001, amb mesures de cada 2 hores. A la *Gràfica 7* s'ha representat, a títol d'exemple, la variació dels nivells del mar durant el mes de desembre de l'any 2001, on s'observa com les oscil·lacions astronòmiques, que tenen un període aproximat de mig dia, assoleixen altures entre 15 i 20 cm, que és el rang de marea normal en aquesta zona de la Mediterrània.



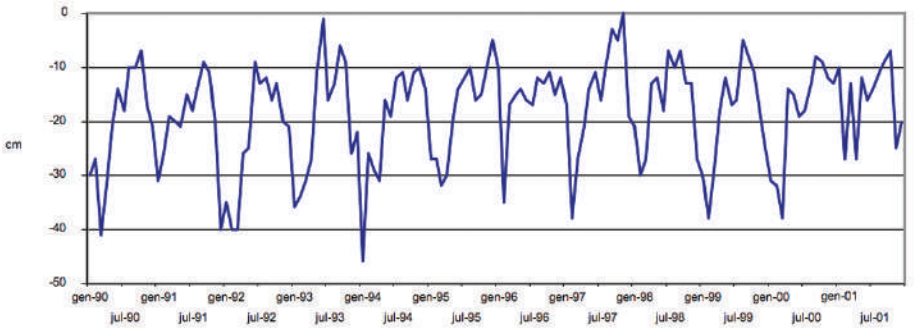
Gràfica 7. *Variacions del nivell del mar el mes de desembre de 2001.*



Gràfica 8. *Variacions mitjanes mensuals del nivell del mar.*



Gràfica 9. *Variacions màximes mensuals del nivell del mar.*



Gràfica 10. *Variacions mínimes mensuals del nivell del mar.*

En determinats casos es poden observar variacions de nivell més grans (entre +20 i -20 cm), que són degudes a la superposició de la marea meteorològica. Aquesta està motivada per variacions de la pressió atmosfèrica i l'anomenat efecte del baròmetre invertit, ja que altes pressions produeixen una davallada del nivell del mar i baixes pressions provoquen un augment d'aquest nivell. També el vent contribueix a les variacions de nivell, ja que vents forts bufant de mar a terra provoquen pujades del nivell del mar i vents bufant de terra a mar produeixen el seu descens. Aquesta qüestió és significativa perquè, tal com s'ha esmentat en anteriors subapartats, el nivell del mar i el cabal són els factors fonamentals que defineixen el grau de penetració de l'aigua salina dintre el riu.

S'han analitzat per mesos els nivells mitjans, el màxims i els mínims. A la *Gràfica 8* es representen els nivells mitjans mensuals, mentre que a la Taula 16 s'han representat per mesos, el valor mitjà, màxim i mínim dels nivells mitjans mensuals del nivell del mar.

L'anàlisi de la *Taula 16* suggereix que durant els mesos que van d'abril a agost i de desembre a

gener, els nivells mitjans són propers a zero (varien entre –1.2 i 4.3 cm). Entre els mesos de setembre i novembre (època de tempestes) els nivells mitjans són relativament alts (van de 6.7 a 8.3 cm). Finalment, entre els mesos de febrer i març, els nivells mitjans es mantenen baixos (entre –7.3 i –6.2 cm).

A la *Gràfica 9* s'han representat els nivells màxims mensuals, i les seves dades s'indiquen a la *Taula 17*.

Observant aquests valors màxims es detecten dues èpoques de comportament diferent al llarg de l'any. Una època va d'octubre a febrer, amb màxims més grans variant entre 45 i 62 cm. L'altra va de març a setembre, amb màxims més moderats (de 29 a 38 cm).

A la *Gràfica 10* es mostren els mínims mensuals del nivell del mar mentre que a la *Taula 18* es poden veure els valors mitjans, màxims i mínims distribuïts per mesos d'aquests mínims mensuals.

MES	MIG	MÀXIM	MÍNIM
Gener	-2.3	21.2	-14.1
Febrer	-7.3	4.8	-17.8
Març	-6.2	11.3	-16.9
Abril	-1.2	8.8	-6.5
Maig	2.1	8.1	-4.4
Juny	2.0	12.7	-2.7
Juliol	2.5	6.4	-0.3
Agost	4.3	10.0	1.1
Setembre	6.7	12.0	0.8
Octubre	10.2	15.5	3.4
Novembre	8.3	21.7	-0.3
Desembre	3.7	20.2	-8.9

Taula 16. *Valors mitjans, màxims i mínims dels nivells mitjos mensuals (cm).*

MES	MIG	MÀXIM	MÍNIM
Gener	25.3	49.0	7.0
Febrer	20.0	52.0	5.0
Març	19.2	38.0	6.0
Abril	24.4	35.0	17.0
Maig	24.0	34.0	18.0
Juny	20.9	33.0	16.0
Juliol	22.0	27.0	15.0
Agost	21.6	30.0	16.0
Setembre	28.5	35.0	18.0
Octubre	36.4	45.0	21.0
Novembre	37.5	62.0	22.0
Desembre	33.7	58.0	20.0

Taula 17. *Valors mitjans, màxims i mínims dels nivells màxims mensuals (cm).*

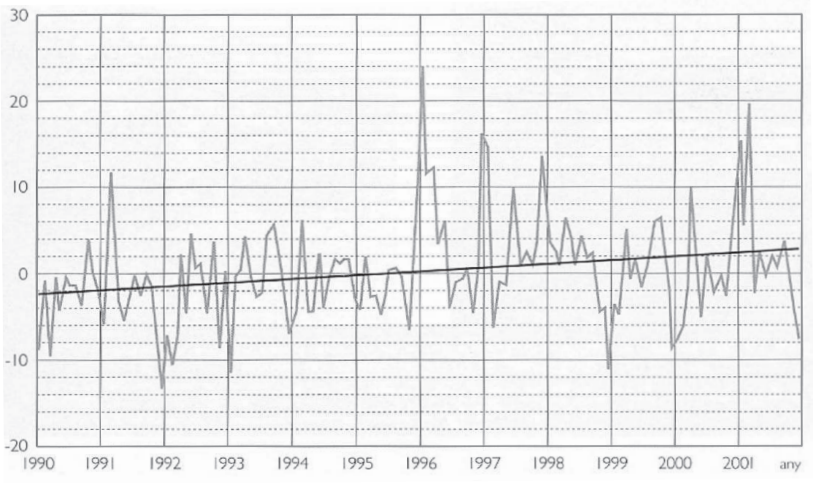
MES	MIG	MÀXIM	MÍNIM
Gener	-27.0	-10.0	-46.0
Febrer	-31.7	-26.0	-40.0
Març	-28.6	-13.0	-41.0
Abril	-22.8	-13.0	-32.0
Maig	-16.0	-11.0	-25.0
Juny	-14.1	-1.0	-19.0
Juliol	-14.8	-7.0	-18.0
Agost	-10.9	-5.0	-14.0
Setembre	-10.1	-3.0	-16.0
Octubre	-10.2	-5.0	-15.0
Novembre	-15.5	0.0	-26.0
Desembre	-19.9	-5.0	-40.0

Taula 18. *Valors mijtans, màxims i mínims dels nivells mínims mensuals (cm).*

De l'anàlisi d'aquests valors es desprèn que en els mesos de juny a octubre el nivell mínim mensual es manté relativament alt (entre -19 i -14 cm), entre els mesos de desembre i març el nivell mínim és molt baix (de -46 a -40 cm) i en els mesos d'abril, maig i novembre el nivell mínim és intermedi (entre -25 i -32 cm).

Les dades del nivell del mar del període analitzat permeten concloure finalment que entre els mesos d'octubre i febrer (tardor i hivern) es produeixen grans oscil·lacions del nivell del mar, amb valors màxims més grans compresos entre 45 i 62 cm; entre els mesos de març i maig (primavera) les oscil·lacions són intermèdies, i finalment a l' estiu (juny a setembre) el nivell del mar presenta variacions més minses.

Finalment, un altre aspecte a considerar és l'evolució anual dels darrers anys i la tendència d'ascens prevista d'aquí en endavant. La *Gràfica 11* (MARTINOY i PASCUAL, 2004) ens indica aquesta tendència per als anys a venir.



Gràfica 11. *Evolució del nivell del mar (1990-2001) en el port de l'Estartit (MARTINOY i PASCUAL, 2004).*

9.3. Aigües subterrànies

Un altre dels aspectes necessaris per a completar el coneixement de la dinàmica hidrològica en l'àmbit litoral és establir la circulació de les aigües subterrànies, així com la seva interrelació amb les extraccions i amb la recàrrega local que es produeixen en aquesta zona; en definitiva, el que es tracta és fer una aproximació del balanç hídric de l'aqüífer superficial.

En el cas del litoral del Baix Ter, les variables que permeten explicar aquest balanç, i per tant, la dinàmica de les aigües subterrànies són: (1) el volum i distribució de les extraccions; (2) els requeriments hídrics agrícoles; (3) la recàrrega neta (infiltració pluviomètrica més retorns de reg); (4) la capacitat d'emmagatzematge (quin volum ocupa l'aqüífer) i el volum emmagatzemat (quanta aigua cap a l'aqüífer); i finalment (5), els recursos renovables (quanta aigua recarrega anualment el sistema).

9.3.1. Extraccions

L'aqüífer litoral proveeix una part de l'aigua necessària per a desenvolupar les activitats pròpies de la zona (agrícoles, ramaderes, domèstiques), a més de contribuir localment al proveïment municipal. En aquesta zona litoral, l'aqüífer lliure superficial presenta un major número de captacions que en el cas del semiconfinat *(FIG. 33)*, però aquest darrer és molt més important a nivell de la quantificació dels volums extrets *(Taula 19)*.

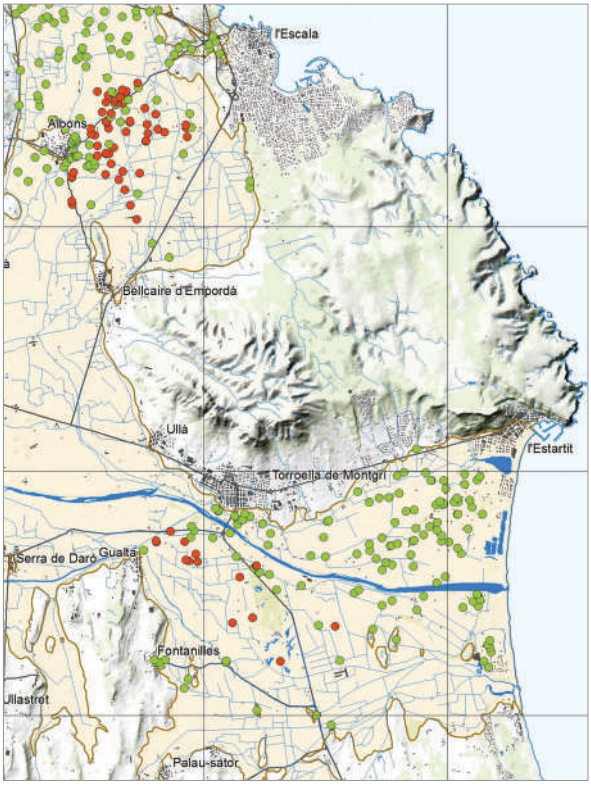


FIG. 33. *Distribució de punts de captació a la zona litoral del Baix Ter, diferenciant-los segons si extreuen aigua de l'aqüífer lliure (color verd) o semiconfinat (color vermell).*

Sobre els valors de la *Taula 19*, cal remarcar que gairebé la totalitat dels **5,6 hm³/any** que s'extreuen de l'aqüífer semiconfinat profund, en el sector sud, es destinen al proveïment municipal de la Mancomunitat de Palafrugell, Pals, Begur, Torrent i Regencós; i aproximadament uns **2,5 hm³/any** dels que es treuen del sector nord van destinats al proveïment de l'Escala i Albons.

EXTRACCIONS EN TIPOLOGIA LLIURE		
	punts	m³/any
ZONA NORD	125	484.783
ZONA SUD	132	585.638
Total lliure	257	1.070.421
EXTRACCIONS EN TIPOLOGIA SEMICONFINADA		
	punts	m³/any
ZONA NORD	53	3.322.267
ZONA SUD	15	5.598.664
Total semiconfinat	68	8.920.931
ÀREA LITORAL	**325**	**9.991.352**
EXTRACCIONS DE L'AQÜÍFER SUPERFICIAL EN EL SECTOR LITORAL		
	punts	m³/any
MARGE DRET	81	263.680
MARGE ESQUERRA	51	321.958
TOTAL SECTOR SUD (Aqüífer lliure)	**132**	**585.638**

Taula 19. *Quantificació de les extraccions (inventariades) de l'aqüífer a la zona litoral del Baix Ter indicant el nombre de pous i els volums d'extracció (en m³/any) corresponents a diversos sectors. Es diferencia la zona nord de l'Escala i la zona sud de l'Estartit, i dins d'aquesta, els pous que podem trobar en el marge dret (Ter Vell) o esquerra del riu.*

L'anàlisi de la variable extraccions se centrarà únicament en la comptabilització de les extraccions corresponents a l'aqüífer lliure o superficial, atès que aquestes tenen més repercussió sobre la dinàmica del flux hidrològic relacionat amb la gestió dels sistemes humits litorals. Les extraccions corresponents a l'aqüífer semiconfinat profund cal tenir-les en compte en motiu de les diverses problemàtiques de salinització que generen, i que ja s'han comentat en el *subapartat 7.6.3.3.* Tanmateix, amb el que sabem ara, no podem justificar que aquestes extraccions generin qualque efecte sobre la dinàmica hidrogeològica més superficial de la zona litoral, de manera que, per a l'anàlisi d'aquesta dinàmica, de moment, en prescindirem.

USOS	LLIURE		SEMICONFINAT		TOTAL	
	Núm.punts	m³/any	Núm.punts	m³/any	Núm.punts	m³/any
AD (domestic)	52	74.099	3	800	55	74.899
AD/H (+hort)	4	5.500	2	1.360	6	6.860
AD/H/J (+jardí)	11	8.530	3	1.735	14	10.265
AD/I (+ indus.)	10	123.931	1	2.800	11	126.731
AD/R (+reg)	14	18.700	2	4.000	16	22.700
AD/RR (+ramd.)	12	35.950	-	-	12	35.950
AD/RR/R (+reg)	1	63.075	-	-	1	63.075
H (horta)	14	33.200	3	5.140	17	38.340
I (indústria)	9	21.849	-		9	21.849
R (regadiu)	111	594.105	42	733.420	153	1.327.525
R/H (+hort)	1	3.500	-	-	1	3.500
R/RR (+ramd.)	1	13.352	-	-	1	13.352
RR (ramader)	8	29.630	2	7.070	10	36.700
AM/FUS (no us)	8		-	-	8	0
AM (municipal)	1	45.000	10	8.164.606	11	8.209.606
TOTAL	**257**	**1.070.421**	**68**	**8.920.931**	**325**	**9.991.352**

Taula 20. *Relació entre el nombre de captacions inventariades, el volum d'extraccions (m³/any) i els usos als què es destina l'aigua subterrània a la zona litoral del Baix Ter.*

Els tipus d'ús a què es destinen les extraccions d'aigua de l'aqüífer superficial en la zona litoral es detalla en la *Taula 20* i la distribució geogràfica de les diverses magnituds d'extracció es representa en la *FIG. 34*.

Les captacions inventariades dins l'aqüífer lliure superficial a la plana litoral del Baix Ter sumen un volum aproximat d'extracció de 1 hm³/any, el 45% del qual s'extreu del sector nord, i el 55 restant del sector sud *(Taula 19)*. Dins el sector sud, les extraccions anuals en el marge esquerra del riu representen el 55% del sector, mentre que les del marge dret són el restant 45%.

Sobre la tipologia d'us a què es destinen les aigües subterrànies de l'aqüífer superficial, les dades indiquen que el 68% es destina a reg agrícola, el 14% a usos industrials i serveis, el 8% a usos domèstics diversos, el 6% a ramaderia, i únicament un 4% es destina a proveïment municipal (pou de proveïment de Peratallada, ja molt allunyat del litoral, però que, per just, entrà dins els límits utilitzats per a la valoració de la dinàmica subterrània d'aquesta zona).

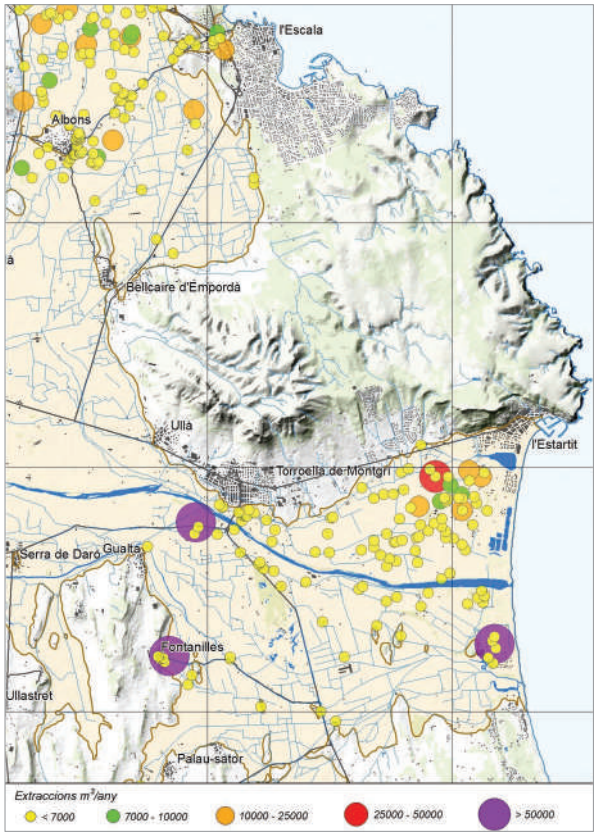


FIG. 34. Distribució i magnitud (m³/any) de les extraccions d'aigua subterrània a l'aqüífer superficial de la zona litoral del Baix Ter.

9.3.2. Requeriments hídrics agrícoles

Conèixer els requeriments hídrics derivats de la utilització agrícola de l'aigua és important perquè ens permet: (1) avaluar els volums d'aigua que es necessiten per a regar la zona litoral, (2) conèixer els volums d'aigua de reg en funció de la seva procedència, és a dir, si provenen d'aportacions superficials o subterrànies, (3) determinar la pressió motivada per la demanda agrícola sobre l'aqüífer i sobre les aigües superficials de la zona, i finalment (4) avaluar els volums sobrants o de retorn del reg que acaben incorporant-se a l'aqüífer, i per tant, que cal comptabilitzar com a part de la recàrrega neta de la zona.

Per al càlcul dels requeriments de reg s'han establert, de forma apriorística, unes dotacions teòriques de reg per a cada tipus de conreu de la zona. Sobre aquestes dotacions s'han aplicat coeficients de correcció a propòsit de l'eficiència de les diverses tipologies de reg (a manta, microaspersió, goteig...). En el cas del conreu de l'arròs, per exemple, s'ha establert una eficiència del 65%, i per la resta de conreus, un 85%.

Requeriments hídrics (hm³/any) + EFICIÈNCIA				
TIPUS CONREU	SECTOR NORD	SECTOR SUD		
	TOTAL NORD	Marge esquerre	Marge dret	TOTAL SUD
Herbacis reg	6,47	2,78	4,67	7,45
Freatòfits	0,01	0,17	0,05	0,22
Arrossars	0,72	0,00	9,15	9,15
Fruiters	0,33	0,63	1,33	1,97
Hortes	0,11	0,14	0,16	0,30
TOTALS	**7,64**	**3,73**	**15,36**	**19,09**

***Taula 21.** Requeriments hídrics agrícoles (en hm³/any) calculats en funció de les dotacions teòriques de reg i de les superfícies atribuïbles als diferents conreus de la zona litoral. El càlcul incorpora l'eficiència de reg. Aquests valors no incorporen els volums d'aigua necessaris per a la inundació del conreu de l'arròs amb finalitats ambientals, fora de la temporada de reg.*

A la *Taula 21* s'indica l'estimació dels valors del requeriment hídric agrícola corresponent als diferents conreus i a la superfície que aquests ocupen dins la zona litoral del Baix Ter. La distribució geogràfica d'aquests requeriments s'ha representat a la *FIG. 35 (a)*, on s'expressen els requeriments en unitats de volum i superfície (m³/ha/any), de manera que es dóna una idea de la distribució de les necessitats agrícoles

d'aigua a la zona litoral. Els valors de la *Taula 21* ens indiquen que durant la temporada de reg, els conreus del sector nord tenen unes necessitats totals d'uns 7,6 hm^3, xifra que concorda força amb l'avaluació efectuada dels cabals circulants pel rec del Molí de Bellcaire en època de reg *(subapartat 9.1.7)* i per aquest sector.

En el cas del sector sud, marge dret del riu Ter, els requeriments són aproximadament d'uns 15 hm^3 per a la temporada de reg, que segons l'anàlisi de cabals efectuada en relació al funcionament del rec del Molí de Pals *(subapartat 9.1.3)*, quedarien àmpliament coberts per les aportacions d'aquest rec.

En el cas del sector sud_marge esquerra, els requeriments agrícoles són d'uns 3,7 hm^3 per a la temporada de reg. Les aportacions del Ter Vell, que a partir dels treballs de BADOSA et al. (2004) s'han estimat en uns 1 a 1,5 hm^3/any, més les aportacions de l'EDAR de Torroella de Montgrí que s'han xifrat en uns 0,12 hm^3/any, i les aportacions del regadiu soterrat del Mas Duran, sembla que cobririen sobradament els requeriments d'aquest sector.

Per a quantificar amb més exactitud els volums i la procedència de l'aigua d'ús agrícola és important establir quina part d'aquests requeriments se satisfan amb aigües de l'aqüífer i quina part, per tant, caldria satisfer amb aigües de procedència superficial (recs). A la *FIG. 35 (b)* es mostra la distribució de les parcel·les agrícoles de la zona litoral que es reguen amb aigües superficials i les que es reguen amb aigües subterrànies, mentre que a la *Taula 22* s'ha efectuat una valoració dels volums de reg que provindrien d'una o altra font.

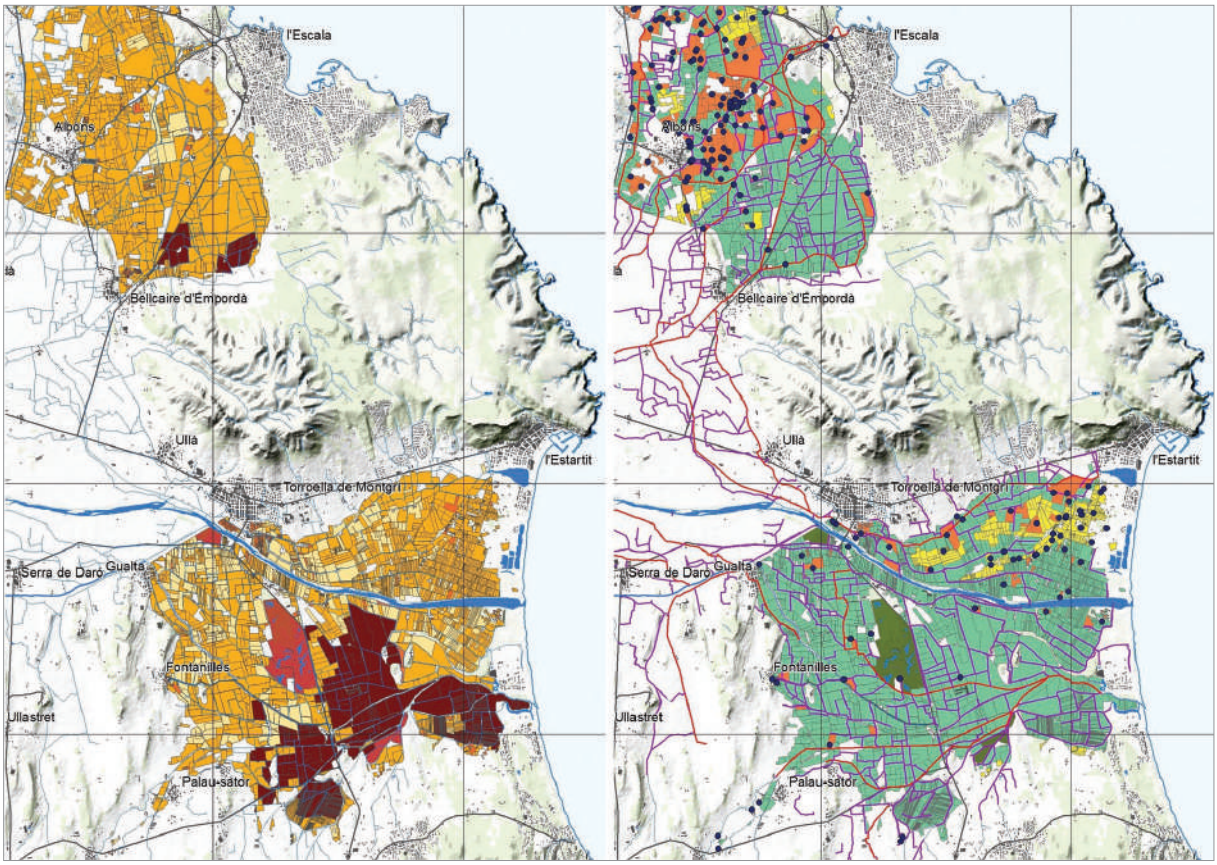


FIG. 35. *(a) Distribució dels requeriments hídrics per a regadiu (m^3/ha/any), considerant dotacions teòriques i l'aplicació de coeficients d'eficiència pel diferent conreu de l'àrea. (b) Distribució de les parcel·les agrícoles que es reguen amb aigües superficials (color verd), amb aigües subterrànies (color taronja), o bé amb aigües de procedència mixta (color groc).*

En el sector nord, les aportacions a reg agrícola procedents de l'aqüífer satisfan aproximadament el 12% dels requeriments hídrics d'aquest sector, mentre que en el sector sud aquest percentatge és aproximadament del 4%.

Requeriments hídrics (hm³/any)+eficiència					
Procedència	TOTAL ZONA LITORAL BAIX TER	SECTOR NORD	SECTOR SUD		
		TOTAL NORD	Marge esquerre	Marge dret	TOTAL SUD
Superficials	24,88	6,50	3,53	14,85	18,38
Subterrànies	1,85	1,14	0,20	0,51	0,71
TOTALS	**26,73**	**7,64**	**3,73**	**15,36**	**19,09**

Taula 22. *Relació entre els volums de requeriment hídric agrícola (hm³/any) de la zona litoral del Baix Ter, i les fonts i volums teòrics de procedència de l'aigua de reg.*

9.3.3. Recàrrega neta

La recàrrega neta és la suma de la infiltració anual procedent de la pluja i de la infiltració procedent dels retorns de reg agrícola. A la plana litoral del Baix Ter, aquest paràmetre té un paper determinant sobre la dinàmica de les aigües subterrànies atès que:

USOS DEL SÒL	Zona Nord	Zona Sud ME	Zona Sud MD
	hm³/any	hm³/any	hm³/any
Herbacis regadiu	2,35	0,88	0,89
Herbacis secà	0,24	0,08	0,10
Fruiters	0,12	0,19	0,21
Horta	0,03	0,04	0,03
Arrossars	0,11	-	1,17
Plàtans i pollancres	0,01	-	0,02
Pastures	0,09	0,05	0,05
Improductius i illes	0,04	0,03	0,03
Forestal	-	0,01	-
Platja	-	0,04	0,04
Aiguamolls	-	0,01	0,01
Camps de golf	-	-	0,09
Zona urbana, edificacions i vials	0,01	0,01	0,01
Càmpings		**0,01**	**0,01**
TOTAL	**3,00**	**1,35**	**2,66**

Taula 23. *Valors de la recàrrega neta calculats a partir de la distribució i tipologia dels usos del sòl, la infiltració pluviomètrica i els retorns de reg.*

(a) en el sector sud, per exemple, ja s'ha comentat que les relacions riu/aqüífer estan dominades per un caràcter marcadament efluent del riu, que dificulta fortament la possibilitat d'una recàrrega fluida des del riu a l'aqüífer *(subapartat 7.6.3.1)*. En motiu d'aquest defecte de les aportacions del riu a l'aqüífer, les aportacions procedents de la recàrrega neta acaben prenent un major protagonisme dins els percentatges del balanç hídric local de la zona, i una major rellevància com a component de la dinàmica hidrogeològica.

(b) en el sector nord, la manca d'un eix fluvial queda parcialment substituïda per la traça del rec del Molí de Bellcaire. Ara bé, els valors de recàrrega procedents d'aquest rec, probablement amb un valor mitjà de 0,5 hm³/any, són inferiors al 15% dels recursos renovables *(subapartat 9.3.6.1)*. En aquest sentit, la recàrrega neta contínua mantenint-se com un component bàsic del balanç de l'aqüífer en aquest sector.

A la *Taula 23* s'han estimat els valors de la recàrrega neta calculats a l'àmbit dels dos sectors litorals del Baix Ter, i per a les diverses tipologies de conreus i usos del sòl *(FIG. 36, apartat 11.1).*

Aquestes dades indiquen que els volums de recàrrega neta en el sector nord són de l'ordre de **3 hm³/any.** Per a tenir una referència del que representen aquests valors es poden comparar amb els valors d'extracció anual, que en aquest sector nord es trobarien situats entre valors mínims de 0,48 hm³/any *(Taula 19)* i un màxim teòric calculat en base als requeriments agrícoles *(Taula 22)* de 1,14 hm³/any.

En el cas del marge dret del riu Ter, els valors de recàrrega neta sumen **2,66 hm³/any**, que són significativament superiors respecte d'unes extraccions amb valors mínims de 0,26 hm³/any *(Taula 19)* i màxims teòrics de 0,51 hm³/any *(Taula 22)*. Finalment, en el subsector del marge esquerra del riu Ter, s'ha valorat una recàrrega neta de 1,35 hm³/any, contra unes extraccions de 0,32 hm³/any.

Sobre els valors anteriors cal remarcar que en els sectors amb conreus d'arròs probablement s'ha sobreestimat lleugerament el valor de la recàrrega neta, atès que en aquestes zones existeixen múltiples sèquies de drenatge (Cinyana, Massot) que possiblement drenen part dels retorns de reg compatibilitzats en aquesta component; d'altra banda, el valor de la capacitat d'infiltració dels sòls amb conreus d'arròs és baix.

9.3.4. Capacitat d'emmagatzematge i volum d'aigua emmagatzemat

La capacitat d'emmagatzematge i el volum emmagatzemat són altres components de caire rellevant que ens permeten establir comparatives relatives al funcionament de l'aqüífer i la seva relació amb les aportacions d'aigua superficial al sistema.

ZONA SUD		Capacitat d'emmagatzematge (hm³)	porositat A (%)	porositat B (%)	Volum emmagatzemat cas A (hm³)	Volum emmagatzemat cas B (hm³)
PROG_K2	Marge esquerre	23,73	15	20	3,56	4,75
	Marge dret	15,02	15	20	2,25	3,00
PROG_K1	Marge esquerre	12,52	8	12	1,00	1,50
	Marge dret	13,99	8	12	1,12	1,68
ZONA NORD		**Capacitat d'emmagatzematge (hm³)**	**porositat A (%)**	**porositat B (%)**	**Volum emmagatzemat cas A (hm³)**	**Volum emmagatzemat cas B (hm³)**
PROG_K2		35,6	8	12	2,85	4,27
PROG_K1		73,47	10	15	7,35	11,02

Taula 24. *Valors de la capacitat d'emmagatzematge i dels volums d'aigua emmagatzemats a l'aqüífer superficial de la zona litoral del Baix Ter (en hm³).*

La **capacitat d'emmagatzematge** és el volum de les unitats litològiques que conformen l'aqüífer, i s'ha calculat: (a) a partir de les cartografies de gruix d'aquestes unitats litològiques *(FIG. 24)*; i (b), prenent com a límit superior de referència, el nivell de saturació o nivell freàtic representat a la piezometria de la *FIG. 26*.

El volum resultant s'ha combinat posteriorment amb uns determinats valors de la porositat segons dues opcions, A o B *(Taula 24)*, que s'han assignat d'acord amb la presència i distribució d'unitats de major o menor permeabilitat dins l'aqüífer *(subapartat 7.6.1)*. Els valors obtinguts són el **volum d'aigua emmagatzemat** a l'aqüífer, i s'indiquen a la *Taula 24* per a cadascun dels sectors i subsectors de la plana litoral.

Els valors obtinguts suggereixen que, davant d'un escenari piezomètric com el representat en la *FIG. 26*, el volum d'aigua continguda a l'aqüífer superficial del litoral del Baix Ter presenta un valor comprès entre els 10 i 15 hm³, en el cas del sector nord, i de 8 a 11 hm³ en el sector sud. Dins aquest darrer sector, l'aqüífer del marge esquerra del riu emmagatzemaria un volum de 4,5 a 6 hm³, i en el marge dret, de 3,3 a 5 hm³.

Si en aquesta quantificació incorporem el fet que una part de l'aigua emmagatzemada es troba afectada per salinitat, tal com s'ha explicat i representat en el *subapartat 7.6.4* i a les *FIGs 30 i 31*, els valors d'aigua emmagatzemada exempta de concentracions anòmales de salinitat serien els següents: de 4,5 a 7 hm³ en el sector nord i de 5 a 7 hm³ en el sector sud. Tant en el marge esquerra com en dret del riu Ter, els volums d'emmagatzematge d'aigua dolça serien aproximadament d'uns 2,5 a 3,5 hm³.

9.3.5. Recursos renovables

Els recursos renovables representen la recàrrega total anual de l'aqüífer, és a dir, el volum d'aigua que entra en el sistema durant un any. El càlcul d'aquest component del balanç és metodològicament complicat perquè, a part de les entrades per infiltració pluviomètrica i els retorns de reg, que ja han estat calculats en el *subapartat 9.3.3*, també cal establir les entrades per aportacions fluvials, les recàrregues laterals i les entrades a través de recs i sèquies.

Un dels aspectes útils per a avaluar els recursos hídrics renovables ha consistit a observar l'evolució dels piezòmetres superficials de la zona, ja comentada en el *subapartat 7.6.3.2*, on es denoten dues qüestions rellevants: una, que la ciclicitat de la recàrrega i la descàrrega de l'aqüífer coincideix clarament amb la alternança estacional dels períodes humits i d'estiatge; i l'altra, que l'evolució del nivell freàtic a llarg termini és molt estable *(FIG. 27)*, qüestió que permet considerar un balanç local equilibrat.

28a

La ciclicitat mesurada en els piezòmetres ens permet observar també que la magnitud de l'ascens/descens del nivell freàtic dins un cicle hidrològic anual presenta una notable rellevància respecte el gruix saturat de l'aqüífer, i per tant, respecte el volum total d'aigua emmagatzemat. En aquest sentit s'ha resolt considerar, com a premissa de càlcul, i després de diversos assajos per a determinar-ne la coherència, que el percentatge de renovació hídrica anual de l'aqüífer a la zona litoral és elevat, i que podria representar un valor mitjà aproximat del 60% dels volums d'aigua emmagatzemats a l'aqüífer.

28b

Imatges 28a i 28b. *Fa dècades que els pouaires de la zona executen artesanalment i amb saviesa l'art de la percussió per mitjà de cable. Amb molts jornals de feina s'ha aconseguit aprofitar, en la majoria dels casos de forma sostinguda, la riquesa hídrica continguda en el subsòl. En algunes zones del Baix Ter, aquests recursos donen avui dia una autonomia hidrològica impagable (Foto: J. Safont).*

Prenent en consideració les hipòtesis anteriors, la quantificació dels recursos renovables anuals donaria els valors següents: (a) sector nord, entre **2,7 i 4,2 hm³/any**; sector sud, entre **3,0 i 4,2 hm³/any**; i dins d'aquest darrer, els recursos renovables tant del marge dret com esquerra del riu Ter serien aproximadament de **1,5 a 2,1 hm³/any.**

9.3.6. Balanç hídric de l'aqüífer litoral superficial del Baix Ter

El balanç hídric posa en ordre els valors calculats dels diferents paràmetres a què hem fet referència, i permet aproximar el grau de participació que aquests tenen en la dinàmica i el funcionament hidrogeològic de l'aqüífer. Com a punt de partida, o pas previ a la determinació del balanç, és interessant establir comparacions entre els diversos valors estimats de cada paràmetre, tal com es fa a continuació.

9.3.6.1. Comparació entre recursos renovables i recàrrega neta

(1) respecte **al sector nord** s'han calculat uns recursos renovables de 2,7 a 4,2 hm^3/any. Una bona part d'aquests recursos corresponen a la recàrrega neta, que aproximadament s'ha estimat entre 2,5 i 3 hm^3/any. La diferència que separa ambdós components és un valor mitjà comprès entre els 0,45 i els 0,95 hm^3/any, volum que, en el balanç, fàcilment podria quedar compensat per les aportacions laterals dels vessants de la conca de la Coma Llobera i per una possible infiltració de cabals des del rec del Molí de Bellcaire.

(2) en el **marge esquerra del riu Ter,** els recursos renovables s'han estimat en un volum de 1,5 a 2 hm^3/any, que pràcticament poden assimilar-se als volums de la recàrrega neta calculats en aquest subsector (1,35 hm^3/any) La possible diferència entre ambdós paràmetres és d'un volum mitjà d'uns 0,45 hm^3/any, que fàcilment es podria consignar a una infiltració de cabals procedents dels vessants laterals del Montgrí, durant períodes de pluja, o a una infiltració de cabal del rec del Ter Vell.

(3) en el **marge dret del Ter**, el càlcul dels recursos renovables ha donat valors compresos entre 1,5 i 2,1 hm^3/any, i la recàrrega neta s'ha estimat en 2,66 hm^3/any. En aquest cas existeix un desajust significatiu entre ambdós components, que tal com s'ha dit, podria ser deguda a la sobreestimació del retorns de reg del conreu de l'arròs, molt arrelat a la zona. Pel que fa al balanç s'ha considerat el valor de 2,66 hm^3/any, de manera que s'han equiparat els valors de la recàrrega neta i dels recursos renovables.

9.3.6.2. Comparació entre recursos renovables i extraccions

La comparació entre els recursos renovables i les extraccions de l'aqüífer superficial ens orienta sobre quins són els volums diferencials que resten entre entrades i sortides del balanç, sobre els quals es poden fer les següents consideracions:

(1) en **el sector nord,** els recursos renovables de l'aqüífer litoral s'han avaluat entre 2,7 i 4,2 hm^3/any, mentre que les extraccions s'han establert en un rang de valors comprès entre 0,48 hm^3/any i un màxim de 1,14 hm^3/any. Prenent en consideració valors mitjans, les extraccions representen al voltant del 24% dels recursos renovables d'aquest sector. El valor del percentatge restant s'atribueix a diversos components del balanç: la contenció de la falca salina litoral, el drenatge parcial dels retorns de reg del conreu d'arròs a través d ela sèquia Cinyana, i la variació anual de la reserva.

(2) en el **marge esquerra del Ter,** els recursos renovables de l'aqüífer s'han avaluat entre 1,5 i 2,1 hm^3/any, mentre que les extraccions en 0,32 hm^3/any. Prenent de referència aquests valors, les extraccions representen entre el 15% i el 20% dels recursos renovables d'aquest subsector. La diferència entre ambdós components

s'atribueix a l'efluència de l'aqüífer al riu, a la contenció de la falca salina litoral (subterrània), i a la variació anual de les reserves de l'aqüífer.

(3) en el **marge dret del Ter** s'han equiparat els recursos renovables al valor de la recàrrega neta, que en aquest subsector s'ha avaluat en 2,66 hm^3/any. Tal com ja s'ha comentat, aquest valor pot estar lleugerament sobreestimat per les estimacions de retorns de reg del conreu d'arròs. Aquesta sobreestimació podria quedar més o menys compensada si es considera que en aquest valor s'integren també les aportacions subterrànies procedents de les rieres Grossa de Pals i de Peratallada.

Les extraccions en aquest subsector s'han avaluat en un valor comprès entre 0,26 i 0,51 hm^3/any, que representa un valor mitjà percentual del 15% dels recursos renovables. La diferència entre ambdós components s'atribueix a l'efluència de l'aqüífer al riu, el drenatge de retorns de reg a través de la sèquia Massot, entre altres, a la contenció de la falca salina litoral (subterrània), i a la variació anual de les reserves de l'aqüífer.

9.3.6.3. Tancament del balanç hídric

Les diferències detectades entre els valors de recursos renovables i d'extraccions queden compensades pels components a què ens acabem de referir en el darrer subapartat. La reflexió que es planteja sobre aquesta qüestió és la següent:

(1) en tots dos sectors del litoral, l'aqüífer presenta una falca de salinitat considerable, amb variacions en la seva distribució, però mantenint-se més o menys estable dins un determinat llindar de progressió *(FIGs. 30 i 31)*. Aquesta qüestió suggereix que un dels components que també intervé en el balanç és la resultant del flux de sortida d'aigua dolça i d'entrada d'aigua salada, que en definitiva ens determina l'abast de la contenció/progressió de la falca salina litoral. La quantificació volumètrica d'aquesta resultant s'ha deixat com a una incògnita de la resolució del balanç *(Taula 25)*.

(2) una altre component d'interès per a tancar el balanç hidrogeològic són els cabals d'efluència riu/aqüífer que afecten gairebé tot el tram de riu comprès entre el pont de Torroella i la gola del Ter *(FIG. 26)*. L'avaluació

SECTORS I SUBSECTORS DE LA PLANA LITORAL DEL BAIX TER	Rang RECURSOS RENOVABLES (hm^3/any)	ENTRADES (hm^3/any)		SORTIDES (hm^3/any)			RESULTANT DE L'EQUILIBRI DE CONTENCIÓ DE LA FALCA SALINA LITORAL + VARIACIÓ DE LA RESERVA (hm^3/any)
		RECÀRREGA NETA	INFILTRACIÓ RECS+ENTRADES LATERALS	EXTRACCIONS	EFLUÈNCIA RIU/AQÜÍFER	EFLUÈNCIA A SÈQUIES DE DRENATGE	
SECTOR NORD	2,7 a 4,2 (3,45)	2,5 a 3,0	0,45 a 0,95	0,48 a 1,14 (0,81)	-	0,30 a 0,40 (0,35)	2,29
SECTOR SUD Marge dret del riu	1,5 a 2,1 (2,66)	2,66	(integrat en recàrrega neta)	0,26 a 0,51 (0,39)	(0,6)	(0,4)	1,27
SECTOR SUD Marge esquerra del riu	1,5 a 2,1 (1,8)	1,35	0,15 a 0,75	(0,32)	(0,6)	-	0,58 a 1,18 (0,88)
TOTALS BALANÇ	7,91	6,76	1,15	1,52	1,20	0,75	4,44

Taula 25. *Quantificació dels diversos components que intervenen en el balanç hídric de l'aqüífer superficial de la zona litoral del Baix Ter. Entre parèntesi s'indiquen els valors mitjans que s'han pres de referència en el tancament del balanç.*

i càlcul hidrogeològic d'aquest component ens ha portat a aproximar un valor de sortides de l'aqüífer al riu que, en cada un dels dos marges riberencs, estaria comprès entre 0,5 a 0,6 hm^3/any.

En el cas del marge esquerra, aquestes sortides al riu suposarien al voltant del 30% dels recursos renovables anuals; mentre que en el marge dret, aquesta relació seria del 20%.

(3) en els sector amb conreu d'arròs (sector nord i marge dret del riu), una altre dels components que poden entrar en el balanç és el paper de les sèquies de drenatge, principalment la Cinyana a l'àrea de Sobrestany, i el Massot a l'àrea de Pals. En aquest sentit s'ha acordat considerar que una part de la recàrrega neta de l'aqüífer, és a dir, dels retorns de reg i la infiltració pluviomètrica, podria quedar drenada per la xarxa de sèquies, i que el valor corresponent podria situar-se al voltant del 15% de la recàrrega neta *(Taula 25)*. La seva aplicació al sector nord i al marge dret del Ter ha donat un valor mitjà, per a cada cas, d'uns 0,4 hm^3/any.

(4) prenent de referència les anteriors consideracions s'han establert els valors dels diversos components, deixant com a incògnita per al tancament del balanç, el valor de la resultant de l'equilibri de la falca salina litoral, i el valor de l'increment/decrement de la variació de la reserva de l'aqüífer.

El càlcul d'aquestes dues incògnites ha donat els valors següents: (a) en el sector nord, un volum de **2,29 hm^3/any**; (b) en el sector sud_marge esquerra del riu, un volum anual mitjà de **0,88 hm^3/any**; i (c) en el marge dret, un volum mitjà de **1,27 hm^3/any** *(Taula 25)*.

Pressions, vulnerabilitat i risc

10. INTRODUCCIÓ

Per a la gestió dels sistemes hídrics de les planes litorals és interessant l'aportació d'eines basades en informació detallada de les característiques del medi físic, especialment del medi hídric, que permetin abordar els grans reptes de la preservació, ús i manteniment de la funcionalitat dels seus recursos.

En aquest línia, una de les iniciatives d'interès que poden contribuir a millorar la gestió hídrica d'una determinada zona és la confecció d'eines aplicables a la protecció dels seus recursos. Un exemple és el Pla de Protecció del Subsòl del Baix Ter, que s'exposa en el darrer bloc d'aquesta publicació, on s'aborda la qüestió de la gestió dels recursos hídrics des del punt de vista de la seva vinculació amb l'ordenació urbanística. Un altre exemple, del que només se'n ofereix un tast en el present capítol, és la confecció de cartografies de distribució de la vulnerabilitat dels aqüífers i del risc d'afecció al què poden estar sotmesos.

La generació de cartografies de vulnerabilitat i de risc hidrogeològic requereix la realització de treballs basats en la traducció cartogràfica de dades i hipòtesis hidrològiques i hidrogeològiques, tals com les exposades en la present contribució. En el cas del Baix Ter, el procés metodològic utilitzat s'ha inspirat en el sistema aplicat per ALLER et al (1987), per a l'avaluació de la vulnerabilitat hidrogeològica, mentre que per a l'avaluació del risc s'ha elaborat una metodologia pròpia adequada a l'especificitat de la zona.

Amb la finalitat d'abreujar l'exposició sobre aquesta part de la contribució no s'explicitarà el mètode ni la discussió de criteris emprats, sinó que s'exposaran únicament els resultats obtinguts, que es presentaran en els apartats que segueixen a continuació i amb l'ordre en què s'ha anat desenvolupant el procés metodològic.

11. PRESSIONS, VULNERABILITAT I RISC

11.1. Pressions

Els treballs de cartografia de l'ús del sòl i de les activitats que es desenvolupen en el territori han permès identificar i avaluar les principals pressions existents en la zona litoral, i incidir en la qualificació d'aquelles que representen major pressió sobre la quantitat i la qualitat dels recursos hídrics.

En la *Taula 26* s'indica la distribució dels usos del sòl en la zona litoral del Baix Ter, mentre que la seva distribució es representa en la *FIG. 36 (a)*.

De les dades anteriors es desprèn que, en la zona litoral, el sector agrari té una incidència molt rellevant, amb una ocupació superior al 80% del territori. Els conreus de regadiu (herbacis de regadiu, arrossars, fruiters i horta) representen una determinada pressió sobre els recursos hídrics, tant pel que fa a la demanda d'aigua, com per a les possibles alteracions de la qualitat derivades del propi desenvolupament agrari. D'altra banda, constitueixen també un element bàsic per al manteniment dels cursos d'aigua superficials, l'aportació laminada d'aigües al sistema

Principals usos del sòl	Sector nord (ha)	Sector sud (ha)	TOTAL SECTOR LITORAL (ha)	TOTAL SECTOR LITORAL (%)
Arrossars	69,16	672,27	741,43	11,73
Càmpings	-	60,68	60,68	0,96
Camps de golf	-	149,85	149,85	2,37
Conreus herbacis regadiu	1439,86	1444,14	2884	45,64
Conreus herbacis secà	248,34	334,21	582,55	9,22
Corrents, cursos i masses d'aigua	19,41	153,93	173,34	2,74
Forestal	20,82	54,16	74,98	1,19
Fruiters	108,32	580,86	689,18	10,91
Hortes	18,52	43,45	61,97	0,98
Improductiu	53,42	104,44	157,86	2,50
Oliveres	0,86	2,07	2,93	0,05
Pastius	6,92	25,34	32,26	0,51
Pastures arbrades	3,01	1,82	4,83	0,08
Pastures arbustives	102,64	180,47	283,11	4,48
Plàtans	5,23	18,33	23,56	0,37
Platja	0	55,29	55,29	0,87
Pollancredes	1,58	8,98	10,56	0,17
Vegetació d'aiguamolls	-	-	-	-
Vials	40,79	88,19	128,98	2,04
Vinyes	0,12	1,10	1,22	0,02
Zona urbana / Industrial / EDAR	63,53	136,83	200,36	3,17

Taula 26. *Superfície en ha, dels principals usos del sòl i de les activitats presents en els dos sectors, nord i sud, de la plana litoral del Baix Ter.*

(per retorn de reg), i el manteniment d'espais humits intermitents circumdant els ecosistemes, com és el cas del conreu de l'arròs.

Les zones urbanes i industrials, així com les activitats de càmping i camps de golf, tot i presentar una ocupació del territori poc significativa en percentatge (6,5%), tenen també una determinada incidència sobre els recursos hídrics del territori, tant pel que fa a la demanda d'aigua, com per l'alteració de la seva qualitat.

En la *FIG. 36 (b)* es mostra la distribució territorial de la potencial incidència del usos i activitats sobre medi hidrogeològic. Cal tenir en compte, no obstant, que aquesta avaluació de la potencialitat cal considerar-la només des d'un nivell qualitatiu, doncs existeixen nombroses variables i aspectes locals que no s'han tingut en compte, i que caldria discutir i internalitzar dins l'assignació efectuada.

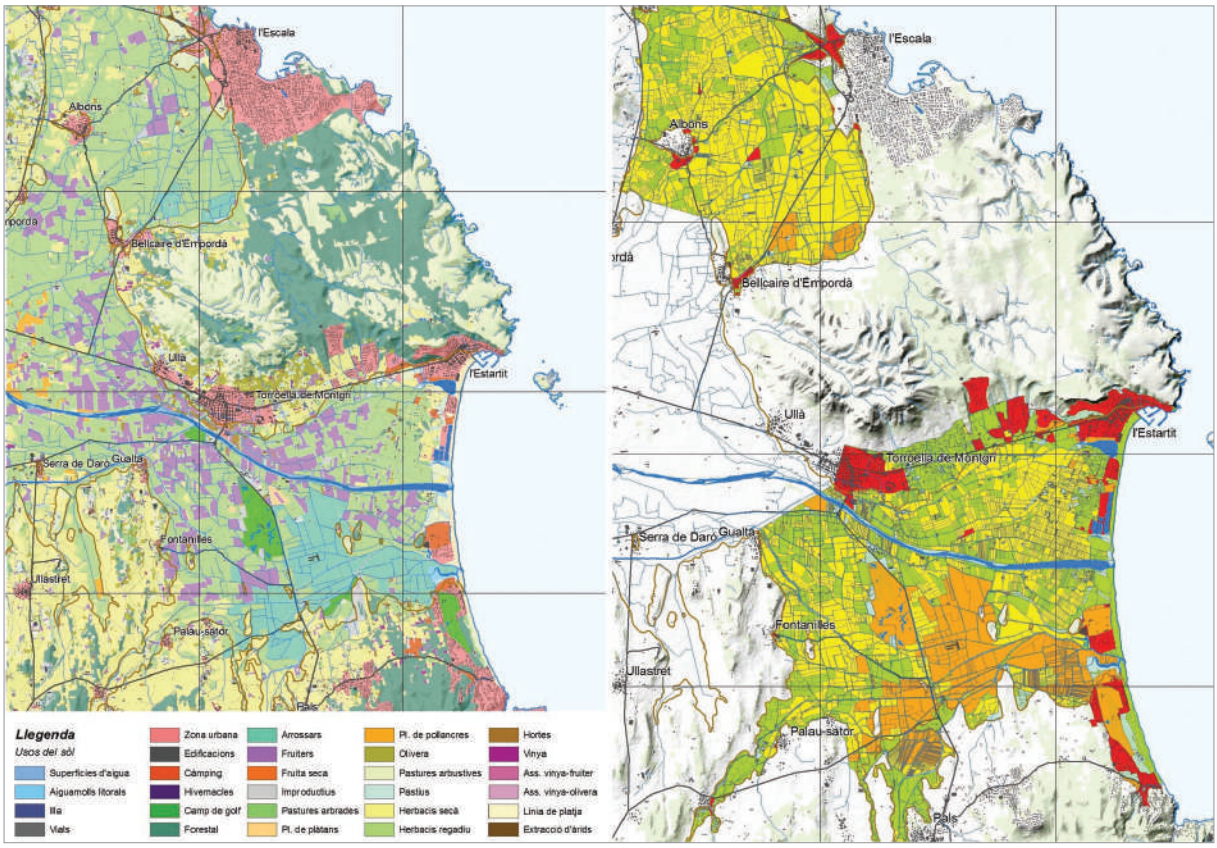


FIG. 36 *(a) Distribució dels usos i activitats presents en el sector litoral de la plana del Baix Ter; (b) Qualificació dels usos i activitats segons la seva potencialitat d'incidència sobre la quantitat i la qualitat dels recursos hídrics de la zona litoral. El grau de potencialitat va de molt Alta i alta (en colors vermell i taronja), ;moderada (en color groc); i baixa a molt baixa (en colors verd i blau clar).*

11.2. Vulnerabilitat

11.2.1. Paràmetres condicionants de la vulnerabilitat

La vulnerabilitat hidrogeològica és una propietat intrínseca del medi hidrogeològic que determina la seva predisposició o facilitat a ser afectat. L'assignació de la vulnerabilitat s'estableix en base a l'avaluació de diversos paràmetres definitoris del medi hidrogeològic, les característiques dels quals ens indiquen si poden tenir una major o menor influència sobre la component de vulnerabilitat.

Els paràmetres condicionants que hem utilitzat per a l'avaluació de la vulnerabilitat a la plana litoral del Baix Ter són: la profunditat del nivell freàtic, la recàrrega neta, la litologia de l'aqüífer, la textura del sòl, la capacitat de drenatge del sòl, el pendent topogràfic, la capacitat de dispersió del terreny i el gruix de la zona saturada.

L'avaluació d'aquests paràmetres s'ha efectuat a partir de diversos criteris, sobre els què no ens estendrem en aquesta contribució, i es representa gràficament en la *FIG. 37*, on es mostren les cartografies específiques de cada paràmetre i la distribució de les àrees amb major o menor incidència sobre la vulnerabilitat hidrogeològica.

11.2.2. Distribució de la vulnerabilitat hidrogeològica a la plana litoral del Baix Ter

En la *Taula 27* es mostren els valors de ponderació aplicats a cada paràmetre definitori de la vulnerabilitat *(Taula 27)*. La combinació dels valors assignats a cada paràmetre s'ha efectuat a nivell cartogràfic mitjançant la utilització de mètodes SIG, i ha donat com a resultat la cartografia de vulnerabilitat de l'aqüífer superficial de la plana litoral del Baix Ter que es mostra en la *FIG. 38*.

Els resultats obtinguts es resumeixen numèricament en la *Taula 28*, on s'indica el valor percentual de la superfície afectada per diversos graus de vulnerabilitat.

En el sector nord, les àrees de major vulnerabilitat hidrogeològica es troben situades en l'àmbit de Sobrestany, i en l'enllaç d'aquest àmbit amb la zona del Fluvià Vell, a través del pla de Vilanera i Cinc-claus. En el marge dret del Ter, la major vulnerabilitat es localitza en l'àmbit palustre i els estanys de Pals i en les dunes interiors de mas Fuster i mas Mirones, així com en tot el sector fluvial i litoral. En el marge esquerra del riu, les zones de major vulnerabilitat es troben situades en els àmbits de Ter Vell i la Pletera.

PARÀMETRE DEFINITORI DE LA VULNERABILITAT	VALOR EN LA PONDERACIÓ
D: Profunditat del nivell freàtic	(5)
R: Recàrrega neta	(3)
A: Litologia de l'aqüífer	(1)
S1: Textura del sòl	(2)
S2: Capacitat de drenatge del sòl	(2)
T: Pendent topogràfica	(1)
I: Capacitat de dispersió	(3)
C: Gruix de la zona saturada	(1)

Taula 27. *Ponderació dels diversos paràmetres definitoris de la vulnerabilitat. El valor assignat a cada paràmetre indica el seu pes sobre el càlcul dels valors de la vulnerabilitat. La gradació de 5 a 1 quantifica, de major a menor, la incidència del paràmetre sobre la vulnerabilitat.*

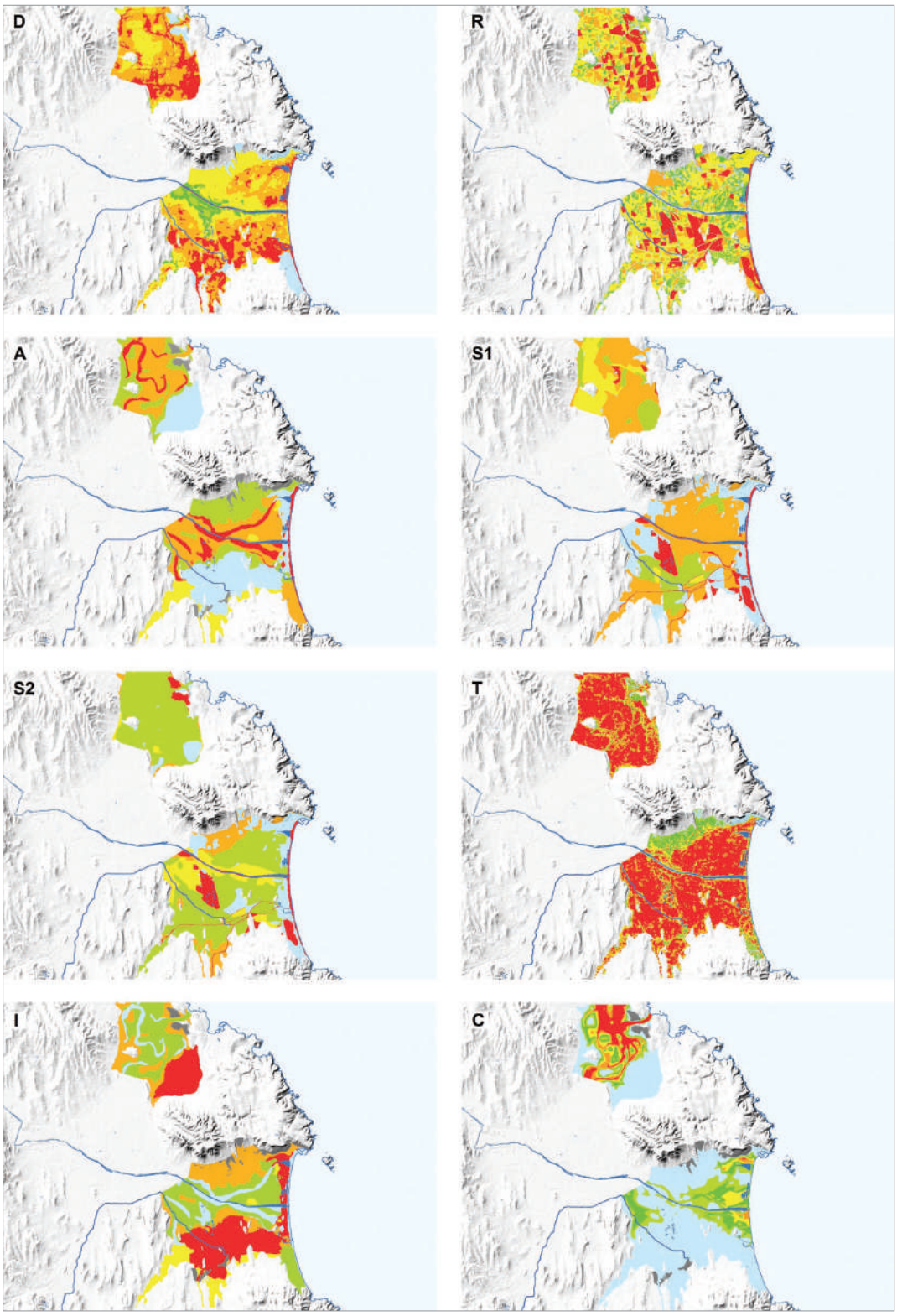


FIG. 37. *Cartografies específiques dels paràmetres utilitzats per a la determinació de la vulnerabilitat hidrogeològica de la plana litoral del Baix Ter: (D) profunditat del nivell freàtic, (R) recàrrega neta, (A) litologia de l'aqüífer, (S1) textura del sòl, (S2) capacitat de drenatge del sòl, (T) pendent topogràfica, (I) capacitat de dispersió del terreny i (C) gruix de la zona saturada. En general, la gradació de colors (vermell, taronja, groc, verd i blau clar) indica també una gradació de major a menor incidència del paràmetre sobre la vulnerabilitat.*

Distribució territorial de la vulnerabilitat hidrològica en la plana litoral del Baix Ter		
Zones	**Vulnerabilitat**	**Superfície (%)**
Sector nord	alta	44,2
	moderada	43,8
	baixa	12,0
Sector sud	alta	32,8
	moderada	40,3
	baixa	27,0
Total plana litoral	alta	36,3
	moderada	41,3
	baixa	22,4

Taula 28. *Anàlisi percentual de l'avaluació de la vulnerabilitat hidrogeològica en la plana litoral del Baix Ter.*

11.3. Riscos

11.3.1 Anàlisi i distribució del risc hidrogeològic a la plana litoral del Baix Ter

L'anàlisi del risc hidrogeològic existent sobre l'aqüífer superficial de la zona litoral del Baix Ter integra les dades resultants de la cartografia de potencial incidència dels usos i activitats presents en el territori *(FIG. 36 b)*, i les dades obtingudes de la cartografia de vulnerabilitat de la *FIG. 38*.

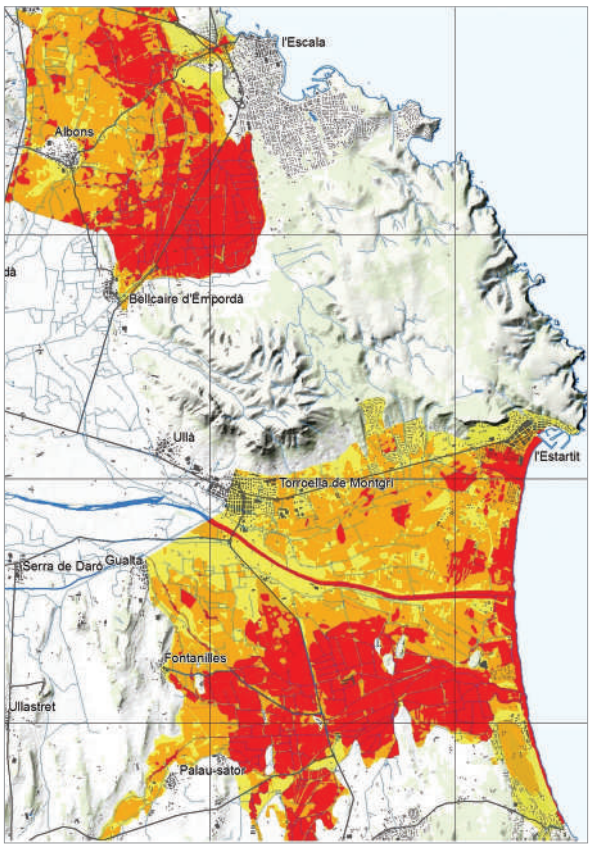


FIG. 38. *Cartografia de la distribució de la vulnerabilitat hidrogeològica de la plana litoral del Baix. La gradació de color (de vermell a taronja i groc) indica l'assignació d'un major a menor valor de la vulnerabilitat.*

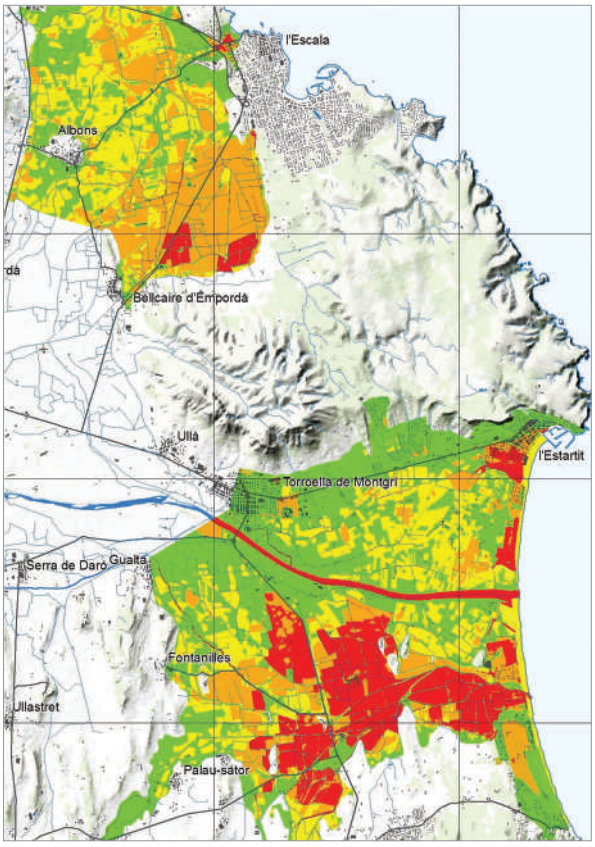


FIG. 39. *Cartografia de la distribució del risc hidrogeològic a la plana litoral del Baix Ter. La gradació de color (vermell, taronja, groc i verd) indica l'assignació d'un major a menor valor del risc d'afecció per l'aqüífer.*

El resultat és la cartografia de risc d'afecció de l'aqüífer que es mostra en la *FIG. 39*, on s'estableix la gradació d'àrees del litoral del Baix Ter on hi ha present un major o menor risc d'afectació de l'aqüífer superficial

En el sector nord, només un 4% de la superfície s'ha avaluat amb un risc alt, mentre que en la resta del sector, el risc es distribueix pràcticament a parts iguals: moderat (37%), baix (33%) i molt baix (26%). El risc alt es concentra en les àrees ocupades per arrossars i en els cursos i masses d'aigua on, d'altra banda, és lògica la pràctica de criteris de gestió més afinats.

En el sector sud, el 19% de la superfície s'ha avaluat amb un risc alt, el 14% amb un risc moderat, el 24% amb un risc baix, mentre que el 43% restant s'ha qualificat amb un risc molt baix. En aquesta zona el risc alt es concentra també en les àrees ocupades per arrossars, els cursos i masses d'aigua, i el sectors amb camps de golf.

En l'àmbit de la plana litoral delimitat dins el Parc Natural, el 36% de la superfície s'ha avaluat amb un risc alt, el 29% amb un risc moderat, el 15% amb un risc baix i el 20% restant amb un risc molt baix. El risc alt es concentra en les àrees ocupades per arrossars i en els cursos i masses d'aigua, on ja s'ha comentat la lògica de practicar criteris de gestió més detallats.

Diagnosi i línies bàsiques de la gestió hidrològica

12. PROPÒSIT

La contribució es tanca fent reflexió i diagnosi sobre les qüestions significatives del funcionament hidrològic de la zona litoral, intentant particularitzar els cas de determinats àmbits específics d'especial interès. S'anoten també algunes idees i línies bàsiques de gestió resultants del procés de caracterització i diagnosi realitzada, amb l'objectiu de confrontar-les amb d'altres posicionaments i camps d'estudi i, si és el cas, adoptar-les com a aportacions a la gestió hidrològica de la zona.

En aquest conjunt es plantegen també mesures d'actuació destinades a ordenar i precisar millor l'actual comportament dels diversos components del flux, de manera que es consolidin les idees sobre el que hauria de ser un funcionament hidrològic acceptable, coherent amb els objectius que fonamenten l'ús dels recursos i la preservació dels valors naturals del litoral.

13. DIAGNOSI SOBRE LA DINÀMICA HIDROLÒGICA LITORAL DEL BAIX TER

La plana litoral del Baix Ter presenta una estructura hidrològica concreta en què intervenen diversos components hidrològics, alguns relatius a aigües superficials, i d'altres a aigües subterrànies. Des de la caracterització realitzada en aquesta contribució s'han intentat descriure aquests components, amb les seves variacions i interaccions, per tal de situar-los en una jerarquia determinada segons el seu major o menor grau d'intervenció hidrològica en el sistema. Els components bàsics que intervenen en la hidrodinàmica litoral del Baix Ter són: el riu, els recs, l'aqüífer superficial i el mar. Secundàriament també mereixen atenció les aportacions hídriques procedents dels vessants de la plana.

13.1. Dinàmica del riu Ter

13.1.1 Sobre el cabal circulant i les funcions del riu a la zona litoral

El riu i el seu cabal circulant és un dels components primordials del sistema hidrològic. La caracterització de la seva dinàmica ha posat de manifest dos estadis de funcionament: (a) un **estadi de cabals regulars**, que és l'estadi habitual de funcionament, on s'engloba un ampli rang de cabals circulants, i (b) un **estadi de cabals extraordinaris**, que correspon bàsicament a un escenari poc freqüent en el temps, i fins i tot excepcional quan va associat a riuada i a la consegüent inundació de la zona litoral.

L'estadi regular engloba situacions de cabal del riu molt diverses, de manera que en aquest cas les línies de gestió no seran úniques, sinó que implicaran variacions de criteri; mentre que l'estadi de cabals extraordinaris es una situació hidrològica concreta que també caldrà saber gestionar, però en la què probablement s'aplicaran uns criteris uniformes i generalment invariables.

Amb un o altre estadi de funcionament, la dinàmica del riu Ter en el tram litoral destaca per unes determinades funcions hidrològiques: (a) el manteniment d'un nivell de base més o menys regular, que entre altres efectes possibilita també el manteniment d'un nivell de saturació regular a l'aqüífer *(FIGs 27a, 27b)*, (b) la recàrrega de l'aqüífer, (c) la recepció de cabals de drenatge des de l'aqüífer, (d) la contenció de la falca salina/estuarina litoral, (e) la descàrrega d'aigua al mar, i (f) la inundació litoral. Totes aquestes funcions depenen d'unes determinades condicions de flux i cabal que marcaran el major pes d'una funció sobre l'altra. Un dels principals objectius d'aquest treball ha estat, precisament, l'anàlisi i caracterització d'aquestes funcions i determinar com són les condicions de flux i cabal relatives a cada funció.

Dins el context del riu actual, és a dir, amb totes les modificacions ja introduïdes per l'antropització, les condicions recomanables de cabal regular haurien de venir únicament imposades meteorològicament. Se sap que aquesta és una condició que, en el cas del Ter, presenta dos importants topalls que necessàriament acaben intervenint:

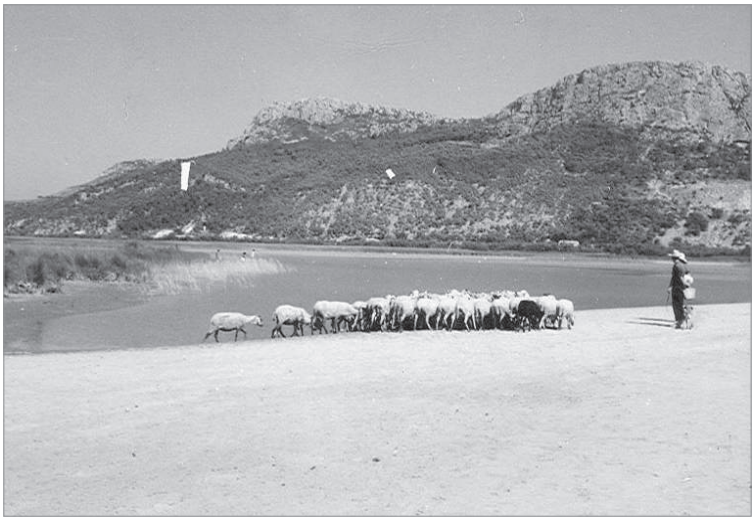
(a) l'un, reversible en part, és la regulació del desembassament, que modifica els cicles naturals d'aportació de cabals al litoral; i

(b) l'altre, difícilment reversible, i a més a més determinant pel que fa a la modificació del funcionament del riu, és la intervenció mecànica que s'ha efectuat sobre la llera i les riberes en múltiples actuacions de tot tipus, però principalment, aquelles que han acabat comportant un encaixament del riu, la progressiva pèrdua de nivell de base, i la consegüent disminució de la seva funció de recàrrega.

13.1.2. Sobre la incidència del riu en el balanç hidrogeològic litoral

El darrer punt comentat és una realitat constatable quan s'observa, per exemple, la dinàmica de la relació riu/aqüífer en el tram fluvial litoral *(FIG. 26)* Les dades obtingudes estableixen que, des del pont de Torroella de Montgrí fins aproximadament el mas Ferrer, el riu presenta un comportament clar d'efluència, és a dir, el riu es manté com a puntal del nivell de base de l'aqüífer però la seva làmina d'aigua no té cota suficient per a generar flux de recàrrega cap a l'aqüífer. Sota condicions meteorològiques regulars és l'aqüífer qui drena la seva aigua al riu.

Aquesta efluència fluvial en el tram litoral del riu és un escenari de funcionament que, pel cap baix, es reprodueix per totes aquelles situacions en què el cabal regular mitjà que circula al pas del pont de Torroella, presenta valors iguals o inferiors a 3,40 m^3/sg, que és el cabal mitjà relatiu al període d'observació (agost 2006-gener 2007). Per anys de moderadament secs a secs, aquest escenari representa el 70% dels dies de l'any.



Imatge 29. *L'ambient i el paisatge del Ter Vell a la primera meitat del s.XX (Foto: CdD del Montgrí, les Illes Medes i el Baix Ter).*

La observació d'aquest fenomen d'efluència és bàsica perquè permet establir com interactuen les diverses funcions del riu a què s'ha fet referència anteriorment i quina és la seva intervenció i pes en el balanç hidrogeològic litoral, i en aquest sentit, introdueix els següents elements de diagnosi:

(a) l'escenari d'efluència comporta que la funció hidrològica predominant del riu serà la de contenir la falca salina/estuarina litoral i descarregar aigua al mar si les condicions de cabal ho permeten.

(b) s'assumeix, així doncs, que les aportacions o entrades superficials procedents del riu a l'alçada del pont de Torroella són equiparables al cabal que es destina a l'aiguabarreig i contenció superficial de la falca salina/estuarina litoral, i si les condicions ho permeten, a la part de cabal que descarrega al mar.

(c) sota escenaris de règim fluvial regular, que representen el 70% dels dies d'un any meteorològicament moderat o moderat a sec, el cabal del riu no intervé en el balanç hidrogeològic de la zona litoral.

13.1.3. Sobre el coneixement de les relacions riu/aqüífer i de la falca estuarina litoral

Tal com s'ha comentat, la dinàmica fluvial del Ter en el tram litoral està notablement condicionada per l'encaixament de la llera i per la incidència de la regulació antròpica del riu o desembassament.

Malgrat que la qüestió de l'encaixament del riu és, en gran part, irreversible, cal intentar que aquest aspecte millori amb la introducció d'actuacions sobre la geomorfologia del riu -*sobre el seu perfil d'equilibri*- i sobre la dinàmica de la llera aigües amunt del pont de Torroella. Sobre aquest aspecte és important incidir en els elements i actuacions que intervenen en l'evolució de la morfodinàmica de la llera, per exemple: accions sobre la ordenació de les extraccions d'àrids *(tant a dintre com a fora del riu)*, una major definició de les tasques de neteja de la vegetació del riu i de l'anivellament de les barres fluvials, l'anàlisi de la eficàcia i funcionalitat de determinades infraestructures dins el riu, o la conveniència d'instal·lar sistemes tous de retenció de sediment, entre altres.

Respecte la incidència de la regulació del riu sobre el cabal fluvial del tram litoral, una de les primeres reflexions que ens cal fer és sobre la necessitat que tenim encara d'obtenir major precisió a propòsit de les relacions del cabal vers l'efluència de l'aqüífer, i del cabal vers la posició de la falca salina-estuarina litoral.

En la present contribució, les relacions entre el cabal del riu, l'efluència de l'aqüífer i la falca estuarina superficial s'han establert pel cabal mitjà del període agost 2006-gener 2007, que va ser de 3,40 m^3/sg,. Amb aquest cabal, el riu té un comportament netament efluent, mentre que la falca estuarina queda situada a uns 2,3 km terra endins.

És evident que aquest valor de cabal no és un llindar únic ni una referència invariable, i per tant, no hi ha dubte de la necessitat de disposar d'una major perspectiva. Una possibilitat en aquest sentit és la utilització de corbes o funcions que ens representin les relacions del cabal amb l'efluència de l'aqüífer i del cabal respecte l'evolució de la falca salina litoral. Aquestes funcions ens permetrien reproduir, per exemple, si un determinat increment del cabal del riu a l'alçada del pont de Torroella podria ser suficientment rellevant per a reduir, aigües avall, l'àmbit i la magnitud de l'efluència, o en quanta longitud de riu es podria remetre la falca estuarina litoral. Per assolir aquestes funcions, el plantejament passa per un monitoreig basat en una elevada resolució topogràfica i per l'aplicació de programes de simulació que integrin el flux del riu i de l'aqüífer, amb la salinitat litoral.

13.1.4. Sobre la dinàmica del riu en règim de cabals extraordinaris

Els treballs consultats sobre dades meteorològiques de la zona litoral (MARTINOY i PASCUAL, 2004) i l'anàlisi de les dades de cabal del riu ens indiquen que, al llarg dels darrers 37 anys, s'han produït 47 episodis que es podrien catalogar de règim fluvial de cabals extraordinaris amb inundació del litoral.

El funcionament del riu en règim de cabals extraordinaris es caracteritza per un ascens important de la làmina d'aigua en la llera, que alhora pot motivar el consegüent ascens temporal del nivell freàtic en l'aqüífer i, fins i tot, la inversió parcial de la efluència a què ens referíem en altres subapartats. Durant aquest tipus d'escenari, el riu recarrega temporalment l'aqüífer, de manera que les isolínies piezomètriques o de nivell freàtic progressen des de l'interior cap a la costa fins a instal·lar-se prop de la ratlla litoral, on provoquen la inundació de les àrees topogràficament més deprimides. La zona litoral queda totalment amarada d'aigua en motiu de l'ascens del freàtic i per la incapacitat de drenatge dels cursos superficials; en el mateix procés, quan coincideix amb temporal de mar es magnifica encara més l'efecte de la inundació litoral.

Aquesta situació extrema de cabals en règim extraordinari esdevé, per la seva freqüència i característiques, un escenari hidrològic molt interessant per a la funcionalitat dels sistemes hídrics litorals. Una vegada establertes les mesures de protecció civil adients, cal considerar l'avinguda com un episodi convenient per a la zona litoral, i pel que fa als aspectes de la seva gestió és important subratllar les consideracions ja efectuades en les documents inicials de creació del Parc, on es recomana, respecte aquesta situació: ...*"garantir la lliure circulació de l'aigua superficial del riu i del mar a la maresma durant els temporals, així com la lliure distribució de les zones d'excavació o d'acumulació de material sorrenc que aquests temporals originin. Cal facilitar l'expansió (i concentració) de la superfície d'inundació a les llacunes de la maresma"*...

13.2. Dinàmica dels recs

La dinàmica dels recs està condicionada a l'estacionalitat de la temporada de reg i a les condicions meteorològiques. Els recs són importants dins el funcionament hidrològic del sistema litoral per diversos motius: (a) aporten els cabals que requereix la demanda agrícola, (b) ajuden a controlar la falca salina litoral d'alguns dels àmbits rellevants, del corredor del Molí de l'Escala, de les basses d'en Coll i del Ter Vell, (c) generen flux actiu en els sistemes naturals associats als recs, és a dir, substitueixen, en part, la funció fluvial de les lleres antigues que antigament arribaven al litoral (Daró Vell, Ter a l'Escala, Ter Vell), i (d) contribueixen a mantenir una determinada làmina d'aigua en algunes de les llacunes litorals (Ter Vell i sistema de les basses d'en Coll).

Pel que fa a l'aspecte de la seva participació en el balanç hídric de la zona litoral, els recs presenten un comportament similar al descrit pel cas del riu Ter, doncs, en general, les entrades procedents dels canals de rec són equiparables a les sortides, o derivacions al mar i al riu. Sobre aquesta situació pot haver una excepció en el cas del rec del Molí de Bellcaire, al seu pas pel sector nord, on entre un 6% i un 7% de l'aigua circulant podria acabar recarregant l'aqüífer.

Els principals recs que interactuen en el funcionament hidrològic de la zona litoral són el rec del Molí de Pals i el rec de Sentmenat. En direcció a l'Escala, aquest darrer el coneixem amb el nom de rec del Moli de Bellcaire, i en direcció a Torroella, com a rec del mas Duran. També tenen un determinat interès el rec del Ter Vell, a la zona de l'Estartit, i localment, els recs d'es Coll i de les Bassetes en el sector de Pals.

13.2.1. Sobre el rec del Molí de Pals

El funcionament hidrològic del marge dret del riu Ter depèn fonamentalment de les aportacions del rec del Molí de Pals, i de la recàrrega neta a l'aqüífer. No es tenen dades exactes sobre el volum de les aportacions que acaben arribant fins aquest sector litoral; no obstant, si ens referim a les dades de l'estació SAI ubicada a la reclosa de Canet *(Gràfica 04)*, es pot interpretar que les aportacions que arriben a aquest àmbit són suficients per a satisfer els requeriments agrícoles teòrics calculats en la *Taula 21*, i que sumen un valor comprès entre 15 i 16 Hm^3 per a la temporada estival de reg. Sobre aquesta mateixa qüestió cal remarcar, fins i tot, que per a determinats anys hidrològics la relació entre les aportacions del rec del Molí i els requeriments agrícoles teòrics presenta diferències de volum sobrant.

Els efectes generals de l'aportació d'aigües per a reg agrícola sobre la dinàmica del marge dret del Ter es manifesten, principalment, en el retrocés de la falca salina litoral associada al sistema de les basses d'en Coll, i en el manteniment estival d'una làmina d'aigua que, just a les basses, assoleix una cota aproximada de 0,75 msnm segons BADOSA et al., 2006. Durant aquest estadi de funcionament, el comportament del rec del Molí de Pals es pot equiparar al d'una llera fluvial que desaigua al mar a través del sistema de les basses d'en Coll.

Així doncs, les aportacions del rec del Molí de Pals destinades a reg agrícola s'han considerat únicament com a base per a contrastar el volum dels retorns de reg que acaben infiltrant-se a l'aqüífer, i que es consideren com una part del component de la recàrrega neta del sector. D'altra banda, pel que fa a la qüestió del balanç hidrogeològic d'aquest sector, s'ha establert que les aigües del rec del Moli que no s destinen al reg agrícola, tenen per funció predominant remetre superficialment la falca salina litoral i desaiguar a mar quan els cabals d'arribada són suficients.

El funcionament a què fem referència genera una sobreaportació d'aigua dolça, en estiatge, sobre el sistema lacunar, precisament quan la dinàmica natural seria la inversa. Aquesta sobreaportació ajuda a contenir la falca de salinitat però també dulcifica excessivament el sistema de les basses d'en Coll. Si l'estat actual es compara en relació a unes hipotètiques condicions hidrològiques de règim natural, és evident que aquest àmbit presentaria uns valors de salinitat més elevats.

La intervenció sobre aquesta situació és complexa i cal definir si el manteniment de la dinàmica actual ja s'ha consolidat ecològicament i si és prou interessant la diversitat actual com a producte d'un funcionament hidrològic antropitzat. En aquest cas, només equilibrant una mica millor la relació aportacions/requeriments i introduint petites recomanacions de maneig sobre determinades pràctiques (no només agrícoles), ben segur que es podria assolir sense cap temença un funcionament hidrològic compatible amb els usos agrícoles, i alhora, amb la preservació de les condicions ecològiques actuals d'aquest sector litoral.

13.2.2. Sobre el rec del Ter Vell

La dinàmica actual del Ter Vell no comporta excessius inconvenients pel que fa a plantejar uns principis per a la seva gestió. La modificació del sistema de regadiu antic, amb el soterrament del regadiu procedent del rec del mas Duran, ha introduït molt més marge de control en la gestió de les aportacions d'aigua al sistema litoral,

concretament a la llacuna del Ter Vell. En aquest àmbit, destaca també l'existència del sistema lacunar de depuració, introduït amb l'objectiu de controlar les entrades de cabal i de nutrients a la llacuna del Ter Vell.

En aquest escenari, la funció del rec del Ter Vell caldria orientar-la cap a la recuperació del seu paper com a eix fluvial d'aquest sector, amb uns objectius concrets que haurien d'anar dirigits fonamentalment a: (a) millorar el control sobre la regulació de cabals superficials i nutrients a l'entrada de la llacuna del Ter Vell; (b) millorar la seva capacitat per a recarregar l'aqüífer d'aquest sector; i (c), millorar la seva capacitat de drenatge sobre les aigües d'escolament superficial.

Segons les dades obtingudes, les entrades laterals i la infiltració del Ter Vell representen de valor mitjà un 25% dels recursos renovables de l'aqüífer del marge esquerra del Ter.

El desplegament de les funcions a què acabem de fer referència podria comportar (a) un major control de les condicions estacionals de làmina d'aigua i qualitat a la llacuna del Ter vell; (b) l'augment del flux subterrani, i per tant, una major arribada d'aigües dolces al sistema litoral, però en règim de flux natural laminat; (c) un major control sobre la contenció de la falca salina litoral; i (c) un augment de la disponibilitat de recursos.

El plantejament hauria de desenvolupar-se amb el parer d'altres disciplines, atès que la funció del rec com a eix fluvial hauria de respectar sobretot l'equilibri qualitatiu de les llacunes del Ter Vell, evitant per exemple, l'entrada incontrolada de cabals i nutrients. En aquest sentit, alguns aspectes determinants d'aquest plantejament són: el control precís del punt de derivació, la posta a punt de sistemes tous de retenció i laminació dins la llera, la millora dels sistemes de regulació dels cabals d'entrada a les llacunes. Pel que fa a la funció del rec com a eix de recàrrega, és important orientar les actuacions en els sectors on s'ha reconegut l'existència de paleocanals.

13.2.3. Sobre el rec de Sentmenat

La incidència d'aquest rec sobre el funcionament hidrològic de la zona litoral és transcendent sobretot en el sector litoral nord, atès que en el sector sud funciona entubat i parcialment a pressió. No es tenen dades concretes sobre les aportacions reals que es deriven cap a aquest sector nord a través del rec del Molí de Bellcaire; no obstant, per referència amb les dades del SAI de Colomers, aquestes aportacions s'han xifrat en uns 6 a 7 hm^3 per a la temporada de reg, i en uns 9 a 10 Hm^3 durant la resta de l'any *(subapartat 9.1.7)*. Els volums corresponent a la temporada de reg coincideixen força amb els requeriments agrícoles teòrics calculats per aquest sector litoral *(Taula 21)*.

En general és important destacar l'efecte hidrològic positiu de les aportacions d'aquest rec sobre el sector nord, bàsicament perquè: (a) ajuden a controlar la posició de la falca salina litoral *(FIG. 31)*, impulsant el seu retrocés en la zona del corredor de la platja del Molí; (b) aporten flux actiu a un sector desvinculat del riu, on l'aportació d'aigua possibilita la implantació de conreus que, com l'arròs, s'adeqüen perfectament a la tipologia dels sòls d'aquesta zona; i (c) recarrega parcialment l'aqüífer, millorant així la disponibilitat dels recursos explotables d'aquesta zona.

13.3. Dinàmica de l'aqüífer superficial

Les condicions de flux efluent que es donen entre el riu i l'aqüífer, aigües avall del pont de Torroella, situen l'aqüífer i els seus components associats com un dels element clau del funcionament hidrològic d'aquest sector litoral. El balanç realitzat *(Taula 25)* sintetitza i integra els trets bàsics de la hidrodinàmica de l'aqüífer superficial, els components principals del qual a la plana litoral del Baix Ter són:

(a) la recàrrega neta, és un component d'entrada del balanç i constitueix la suma de la infiltració pluviomètrica i els retorns de reg agrícola. A l'aqüífer superficial de la plana litoral del Baix Ter (sectors nord i sud) s'ha avaluat en un volum mitjà de 6,76 hm^3/any, que representa el 85% dels recursos renovables de l'aqüífer litoral.

(b) la infiltració a través dels recs i les entrades laterals, que bàsicament provenen dels vessants de la plana litoral, són altres components d'entrada en el balanç. En conjunt sumen un volum anual de 1,15 hm^3/any, que aproximadament representa un 15% dels recursos renovables de l'aqüífer litoral. En aquest sentit, també és important tenir-los en consideració pel que fa a l'establiment de criteris de gestió hidrològica.

(c) les extraccions de l'aqüífer superficial són un component de sortida del balanç. Dins els límits considerats per a la plana litoral les extraccions presenten valors compresos entre un mínim d'1 hm^3/any i un màxim de 2 hm^3/any. En general, el major gruix de les extraccions es destinen a usos agrícoles, aproximadament el 70%, on s'hi comptabilitzen també les extraccions per a reg d'horts i d'ús ramader. En aquest sector de la plana litoral l'aqüífer superficial no presenta captacions de proveïment municipal.

(d) l'efluència de l'aqüífer al riu és una altre component de sortida del balanç, i representa el flux de drenatge subterrani del riu a l'aqüífer. S'ha avaluat en un volum de 0,6 hm^3/any per a cadascun dels marges dret i esquerra del riu Ter. El volum d'efluència és una aigua que, procedent de la recàrrega de l'aqüífer, drena al riu. El valor calculat representaria que el 15% dels recursos renovables de l'aqüífer litoral del Baix Ter van a parar al riu.

(e) el drenatge de l'aqüífer a través de les sèquies de drenatge existents en àrees amb conreu d'arròs també és un component de sortida del balanç hidrogeològic. S'ha avaluat en uns 0,75 hm^3/any, a partir de la consideració que representa un 15% de la suma dels retorns de reg i de la infiltració pluviomètrica.

(f) l'equilibri de contenció de la falca salina litoral i la variació de la reserva en l'aqüífer són els components reservats com a incògnita del balanç hidrogeològic. La suma d'ambdós components compensa el valor diferencial del balanç entre les entrades i les sortides. En el conjunt del litoral del Baix Ter s'ha obtingut un valor mitjà de 4,44 hm^3/any, que aproximadament representa el 50% dels recursos renovables de l'aqüífer litoral del Baix Ter.

L'equilibri de contenció de la falca salina litoral (subterrània) incorpora la resultant del balanç particular existent entre les sortides subterrànies al mar i les entrades subterrànies d'aigua de mar. Aquesta zona d'equilibri s'indica en les cartografies de salinitat litoral *(FIGs. 30 i 31)*.

D'altra banda, la variació de la reserva anual es refereix a la suma (amb els signes corresponents segons si són entrades o sortides) de tots els components anteriors. La resultant ens indica l'increment o decrement anual de les reserves de l'aqüífer.

13.3.1. Sobre la dinàmica hidrogeològica del sector Nord

En el sector nord, la dinàmica de l'aqüífer superficial està condicionada fonamentalment per la pluviometria, el conreu de l'arròs, el rec del Molí de Bellcaire, i la influència lateral del subàmbit de drenatge del torrent de la Coma Llobera. Els recursos anualment renovables s'han catalogat dins un rang comprès entre **2,7 i 4,2 hm³/any.**

Una part important d'aquests recursos és la recàrrega neta, que s'ha estimat en 2,5 a 3 hm³/any, i que prové tant de la infiltració pluviomètrica com dels retorns de reg. En el cas dels retorns de reg, la presència de conreus d'arròs pot haver motivar una lectura sobreestimada del seu valor, que en part, s'ha redreçat introduint en el balanç el component de drenatge de la sèquia Cinyana.

L'entrada de cabals procedents de la infiltració del recs existents en aquest sector i les aportacions de vessants laterals s'ha avaluat en un rang comprès entre 0,45 i 0,95 hm³/any . A grans números, ja s'ha comentat que aproximadament el 15% dels recursos renovables podrien provenir de les infiltracions del rec del Molí. És una contribució relativa, però quan s'integra amb els efectes que el rec genera sobre el retrocés de la falca salina en la zona litoral *(FIG. 31)* es reforça la idea que aquest rec està exercint actualment una part de les funcions dels antics eixos fluvials del corredor d'Albons *(FIG. 3)*.

Les extraccions del sector nord se situen en un rang comprès entre els 0,48 i 1,14 hm³/any, i el drenatge de l'aqüífer a la sèquia Cinyana s'ha estimat en un valor mitjà de 0,35 hm³/any.

La diferència de les sortides amb els recursos renovables del sector nord deixa una diferència parcial de balanç de **2,29 hm³/any**, que atès la hidrodinàmica del sector es poden atribuir fonamentalment al flux subterrani de contenció de la falca salina litoral.

13.3.2. Sobre la dinàmica hidrogeològica del marge esquerra del riu Ter

En l'aqüífer superficial del marge esquerra del riu Ter, els recursos renovables presenten un rang de valors comprès entre **1,5 i 2,1 hm³/any**, dels quals aproximadament un 75% corresponen a la recàrrega neta. El 25% restant, que és un valor mitjà de 0,45 hm³/any, s'ha atribuït a les aportacions dels vessants laterals del Montgrí i a la recàrrega procedent del rec del Ter Vell.

Les extraccions en aquest sector es mouen al voltant dels 0,32 hm³/any, de manera que, respecte les entrades a l'aqüífer queda una diferència parcial de valor mitjà 1,48 hm³/any,. Aquest volum s'ha consignat: (a) al flux d'efluència riu/aqüífer que afecta el tram de riu comprès entre el pont de Torroella i el mas Ferrer, i que en el cas del marge esquerra del riu s'ha avaluat en un volum de 0,5 a 0,6 Hm³/any; i (b) al flux de contenció subterrània de la falca salina litoral, que s'ha avaluat per diferència en un valor mitjà de **0,88 hm³/any**.

13.3.3. Sobre la dinàmica hidrogeològica del marge dret del riu Ter

En el marge dret del Ter, els recursos renovables de l'aqüífer litoral s'han equiparat a la recàrrega neta, que presenta un volum anual de 2,66 hm³/any. Aproximadament un 20% d'aquests recursos flueix al riu des de

l'aqüífer, i un altre 15% descarrega a les sèquies de drenatge, principalment a la sèquia Massot. Les extraccions presenten valors mitjans de 0,39 hm^3/any.

La diferència entre entrades i sortides deixa una diferència de tancament de balanç de 1,27 hm^3/any, que s'equilibra amb la resultant del flux de contenció subterrània de la falca salina litoral, i possiblement amb una mínima variació de les reserves.

Entre altres coses, el funcionament de l'aqüífer ens indica la seva rellevant contribució en el control de la falca salina litoral, amb l'aportació d'un flux d'aigua dolça als sistemes litorals que es pot considerar rellevant no tant per la volumetria, sinó també per la regularitat amb què hi arriba. Aquest flux s'ha avaluat en 2,29 hm^3/any en el cas del sector nord i en un valor mitjà de 2,15 hm^3/any en el sector litoral sud. Cal tenir-lo en compte en les actuacions i plans de gestió del sistema litoral.

14. LÍNIES DE BASE PER A LA GESTIÓ D'ACTUACIONS HIDROLÒGIQUES

Per acabar es presenta un llistat de propostes derivades de la caracterització i la diagnosi realitzada, i que es poden prendre com a recomanacions a aplicar en la gestió hídrica de la zona litoral, o com a mesures d'actuació a desenvolupar a més curt o llarg termini. S'exposen de forma resumida atès que en la majoria dels casos ja s'han anat desenvolupant i argumentant a mesura que es redactava aquest document. Algunes coincideixen amb objectius ja referenciats per altres disciplines d'estudi del litoral (QUINTANA_LIFE, 1999-2003) però se'ls ha volgut incloure perquè entronquen molt bé amb una part de les exposicions fetes en aquesta contribució.

Alguns principis a internalitzar en la gestió del litoral del Baix Ter són:

(1) la circulació d'aigua pels recs i canals d'alimentació que arriben a llacunes litorals ha d'estar regulada per la meteorologia i les seves variacions, amb màxims a l'hivern i mínim a l'estiu.

(2) s'ha de garantir la lliure circulació de l'aigua de mar a la maresma durant els temporals, així com la lliure distribució de les zones d'excavació o d'acumulació de material sorrenc que aquests temporals originin. Cal facilitar l'expansió de la superfície d'inundació de les llacunes de la maresma i la seva delimitació als àmbits maresmals.

(3) s'ha d'alentir l'escolament superficial dels vessants adjacents, intentant incorporar aquest aigua a l'aqüífer mitjançant la inundació de petites àrees de la plana, o fent-la arribar escalonadament a les llacunes litorals.

(4) cal impulsar les pràctiques que afavoreixen la recàrrega de l'aqüífer, principalment en el sector nord i en el marge esquerra del riu Ter.

(5) cal revisar les fonts responsables de l'entrada de nitrats al sector del Ter Vell, i actuar en conseqüència.

(6) és recomanable establir un monitoreig per a determinar amb precisió els escenaris de relació cabal del riu/efluència i cabal del riu/posició de la falca salina litoral, amb l'objectiu de determinar la proporcionalitat entre un determinat augment de cabal i els efectes derivats relatius tant a l'efluència com a la progressió de la falca salina dins el riu.

(7) cal ordenar i ampliar el monitoreig actual de l'aqüífer, instal·lant nous piezòmetres en àrees representatives de la dinàmica subterrània, tant del sector sud com nord de l'àrea litoral, preferiblement a les zones properes al riu i en els sectors dels principals paleocanals.

(8) cal delimitar millor els àmbits dels paleocanals i la seva relació amb les llacunes litorals. D'aquesta manera es podrà concretar: (a) els tipus de mesures preferents de protecció que caldria aplicar contra la contaminació per nitrats, i (b) com enfocar els projectes de millora de la recàrrega d'aquests àmbits i de manteniment de la progressió salina litoral als àmbits maresmals.

(9) cal actualitzar les concessions dels pous existents a la zona i instar la legalització dels pous il·legals.

(10) cal millorar el coneixement del flux subsuperficial que drena els vessants dels relleus adjacents a la plana, com els vessants del Montgrí, les dunes de Pals, la riera Grossa de Pals, entre altres, i incorporar aquesta informació al balanç hidrogeològic de l'aqüífer litoral.

(11) és recomanable fer una anàlisi i un seguiment de les causes concretes que generen les anomalies piezomètriques detectades a l'aqüífer superficial prop de la zona del pont de Torroella marge dret.

(12) cal reduir l'efluència del tram litoral del Ter, estudiant accions de millora de l'actual recàrrega o accions que puguin repercutir en un augment de la làmina de l'aigua del riu.

(13) cal mantenir i protegir la funció que fa el rec del Molí de Bellcaire en relació a la recàrrega de l'aqüífer i la contenció de la falca de salinitat de la zona de l'Escala.

(14) cal estudiar la necessitat i possibilitat de recuperar, com a zona humida, la zona més endorreica (topogràficament més baixa) de l'estany de Bellcaire.

(15) cal avaluar les possibilitats de recarregar els sectors més salins de la zona litoral nord, reservant per aquestes actuacions una part dels volums regenerats de l'EDAR de l'Escala.

(16) cal programar la realització d'estudis específics de simulació del flux superficial, subterrani i de la salinitat, per tal d'establir les relacions cabal del riu/salinitat, i cabal del riu/efluència.

(17) cal impulsar una certa recuperació de la funcionalitat del rec Ter Vell, adaptant-la i programant-la , si pot ser en exclusiva, als requeriments hidroecològics del sistemes litorals associats (Ter Vell, Pletera).

(18) cal potenciar la recàrrega de l'aqüífer superficial aigües amunt de Torroella, en els trams de riu influents, de manera que això pugui repercutir positivament sobre el balanç hidrogeològic aigües avall del pont de Torroella.

(19) cal un sistema de control de les aportacions del rec del Moli de Pals a l'entrada de la zona litoral (aigües avall de Gualta) i una millor regulació i ajust d'aquestes aportacions en relació als requeriments agrícoles.

(20) pot ser interessant estudiar la procedència de les aigües dels estanyols de Pals, i caracteritzar millor la hidrogeologia i hidroquímica dels aqüífers terciaris d'aquella zona, bàsicament per la significació que poden tenir en relació a l'aportació d'aigües oligotròfiques als sistemes hídrics de la zona.

(21) cal ajustar lleugerament el balanç hídric de l'aqüífer a una situació en què millorin els components relatius a l'aportació de cabals destinats a la contenció salina i a la reducció de l'efluència del riu. Respecte a les extraccions és convenient regular les noves autoritzacions en funció dels recursos renovables calculats a cada subsector.

(22) cal mantenir i si pot ser millorar els valors de recàrrega neta a l'aqüífer, perquè suposen un percentatge elevat dels recursos renovables hídrics subterranis del sistema. En aquest sentit, el manteniment dels conreus de regadiu i fins i tot la seva potenciació basada en l'aplicació de criteris de bones pràctiques agrícoles, pot contribuir a incrementar els recursos renovables locals de l'aqüífer en determinades zones, per exemple, del sector litoral nord, i alhora, a reduir les anomalies de salinitat detectades en aquest lloc.

(23) seria convenient estudiar alguns punts concrets d'extracció que possiblement generen l'expansió local del plomall de salinitat litoral, per exemple el cas del sector comprés entre el mas Pi i el mas de l'Arbre, i actuar en conseqüència si és el cas.

(24) les recomanacions es tanquen en aquest punt, però no és un punt i final: els plantejaments exposats en aquesta contribució volen ser una invitació a la posta en comú amb tècnics i investigadors d'altres disciplines, responsables de la gestió, i usuaris del medi físic i hidrològic d'aquesta encara formidable plana, amb la finalitat de treure el màxim profit d'allò exposat i complaure uns i altres.

Bibliografia

ACA / GEOSERVEI (2008) *Caracterització addicional de la massa d'aigua subterrània 33 (Massa 33). Fluviodeltaic del Baix Ter*. Agència Catalana de l'Aigua, 55 p, 217 plànols, inèdit.

ALBERTÍ, P., PALLÍ, LL. (1983). *Nota sobre la surgencia de Cinc-Claus, l'Escala (Girona).* Ann. Sec. Ciènc. Col. Univ. Girona, 9: pp. 31-36.

BADOSA, A., QUINTANA, X., BOIX, D., MARTINOY, M., GIFRE, J., BRUCET, S., LÓPEZ-FLORES, R. (2004). *Seguimiento de la hidrología y la calidad del agua en la laguna del Ter Vell*. Proyecto de restauración y ordenación de las lagunas y sistemas costeros del Baix Ter (LIFE 99 NAT/E/006386). Universitat de Girona, març 2004.

BADOSA, A., C. BARRIOCANAL, J. COMPTE, R. LÓPEZ-FLORES & XAVIER D. QUINTANA (2006). *Balance hídrico y de nutrientes y evaluación de la calidad del agua de la laguna "Les Basses d'en Coll"*. Informe de Seguimiento Científico del proyecto Life: Recuperación del hábitat de anfibios y *Emys orbicularis* en el Baix Ter (LIFE 04 NAT/ES/000059). 30 p.

BARRIOCANAL, C., CROUS, A., VARGA, D., VILA, J., (2006). *Preliminary assessment of factors responsable for* periodic river mouth closure, river Daró, (Costa Brava, Girona). Journal of Coastal Research SI 48, 16-20.

BOIXADERA, J., HERRERO, C., DANÉS, R. (1990). *Mapa de sòls detallat (E 1:25000) dels T.M. de Sant Pere Pescador, Vilamacolum, Ventalló, L'Armentera i Torroella de Fluvià, Alt Empordà*. Secció de Sòls i Fertilizants Departament d'Agricultura, Ramaderia i Pesca.

CONSORCI COSTA BRAVA (2007). http://www.ccbgi.org/reutilitzacio.php.

DARP / GEOSERVEI (1989) *Estudi de la qualitat agronòmica de l´aigua de reg al Baix Ter*. Servei d´Agricultura. Informe inèdit. DARP Generalitat de Catalunya.

DMAH-DIRECCIÓ GENERAL DE MEDI NATURAL-ÀREA DE MEDI NATURAL DELS SERVEIS TERRITORIALS DE GIRONA / GEOSERVEI (2008). *Caracterització del flux hidrològic en l'àmbit del futur Parc Natural del Montgrí-Medes-Baix Ter.* Informe inèdit. 48 p, 86 plànols.

GEOSERVEI (2008) *Proposta de Pla de Protecció del Subsòl del Baix Ter*. Agenda 21 del Baix Ter. Ajuntaments (21) del Baix Ter i Diputació de Girona, inèdit.

GOT, H. (1973). *Étude des correlations téctonique-sedimentation aux cours de l'histoire quaternaire du precontinent pyreneo-catalan*. Th. Doctoral. Univ. Scienc. Tec. Languedoc. Centre Univ. Perpignan, 294 pp.

IGME (1987). *Estudio hidrogeológico de los acuíferos del Ampurdán (Girona): Subsistemas 71.1 "Baix Fluvià-Muga" y 71.2 "Bajo Ter"*. Instituto Geológico y Minero de España. Madrid.

MACAU, F. (1965). *Determinación de los niveles freáticos en un macizo calcáreo a partir de una previa exploración submarina. Informaciones y Estudios. Boletín núm. 23 del Servicio Geológico de Obras Públicas. Madrid. Abril 1965.*

MARGARIT, J., MUÑOZ, P., USÓN, A., BOIXADERA, J., (1993). *Mapa de sòls detallat E 1:25.000 del marge esquerre del Baix Ter*. Secció de Sòls i Fertilizants Departament d'Agricultura, Ramaderia i Pesca.

MARTINEZ GIL, F.J. (1972). *Estudio hidrogeológico del Bajo Ampurdán*. Mem. del IGME, tomo 84, 2 vol. Madrid.

MARTINOY, M., PASCUAL, J. (2004). *Les inundacions als aiguamolls de l'Empordà i principals causes que les determinen*. A: Aiguamolls del Baix Ter. Quintana, X. Marí, M. (eds). Papers del Montgrí, 23. Torroella de Montgrí, pp.27-38.

MAS, J., PALLÍ, LL., BACH, J. (1989). *Geologia de la plana del Baix Empordà*. Estudis del Baix Empordà. vol. 8. pàg.5-43.

MAS, J., BACH, J., MONTANER, J. (1998). *Distribución de la concentración de nitratos en el sistema hidrogeológico Baix Ter – Pregavarres (Girona)*. En: Asociación Internacional de Hidrogeológos-GE.. Jornadas sobre "La contaminación de las aguas subterráneas: un problema pendiente".

MAS, J., BACH, J., LINARES, R., MONTANER, J., TRILLA. J. I PALLÍ, L. (1999). *Aportación a la cronología del Cuaternario de la depresión del Baix Empordà (Girona)*. A: Pallí, L. i Roqué, C. (ed.). Avances en el estudio del Cuaternario español. Universitat de Girona. Girona, 107-112.

MAS, J., MONTANER, J., SOLÀ, J. (1999). *Groundwater resources and quality variations due to gravel mining in coastal streams*. Journal of Hidrology, 216 (3/4): 197-213.

MONTANER, J., VIÑALS, E. (1990). *Contribució al coneixement dels aqüífers kàrstics del massís del Montgrí i el seu comportament hidrogeològic*. I Jornades sobre el Montgrí. Torroella de Montgrí, maig 1990.

MONTANER, J., CHIODO, P. (1991). *Hidrogeologia del Baix Ter*. XXV Curso Internacional de Hidrologia Subterránea. 1991. Barcelona CIHS-UPC.

MONTANER, J.; TEIXIDOR, N. (1993). *Avaluació de la qualitat agronòmica de l´aigua de reg a Torroella de Montgrí. 1993*. DARP. 82 pàg., 9 mapes. Inèdit.

MONTANER, J., SOLÀ, J. I TEIXIDOR, N. (1995). *La captación de las aguas subterráneas en el Baix Ter: efectos sobre el medio acuífero y la calidad agronómica de las aguas de riego*. Tecnología del Agua, 135: 46-50.

MONTANER, J., SOLÀ, J., MAS, J., (1995). *Aportació al coneixement de l'evolució geològica recent de la plana del Ter (Baix Empordà)*. Institut d'Estudis del Baix Empordà, vol. 14, pp. 1-9.

MONTANER, J.; SOLÀ, J., MAS, J. (1995). *Pol.lució de nitrats a l´aqüífer de l´Alt Empordà. Estudi d´una tecnologia de restauració de la qualitat de les aigües subterrànies*. Inèdit. Departament de Medi Ambient. Generalitat de Catalunya.

MONTANER, J., SOLÀ, J., MAS, J., TEIXIDOR, N., BOIXADERA, J. (1996). *Diagnóstico hidrogeológico sintético de los acuíferos aluviales del Baix Ter y Baix Fluvià*. En: Asoc. Int. Hidrog-GE. pp.429-435. Lleida.

MONTANER, J., SOLÀ, J., MAS, J., TEIXIDOR, N., BOIXADERA, J. (1996). *Distribució de les zones amb pérdua de potencial hidràulic i pèrdua de qualitat en els aqüífers del Baix Ter i del Baix Fluvià*. Publicacions Fundació Mas Badia-IRTA.

MONTANER, J. (1996). *La plana del Baix Ter: evolució geològica d'una antiga vall*. Revista de Girona, 177. pp.62-65 juliol-agost, 1996.

MONTANER, J., SOLÀ, J., MAS, J., TEIXIDOR, N., BOIXADERA, J. (1997). *Salinización y pérdida de potencial hidráulico en las aguas subterráneas de los acuíferos del Baix Ter y del Baix Fluvià*. XV Congreso Nacional de Riegos y Drenajes. Ass. Esp. De Riegos y Drenajes. Lleida, juny 1997.

MONTANER, J., TEIXIDOR, N., BOIXADERA, J., SIÓ, J., MAS, J., PÉREZ, M. (1999). *Presència i distribució espacial de concentracions anormals d'ió nitrat a les aigües subterrànies dels aqüífers del Baix Fluvià (Alt Empordà).* Dossiers Agraris, 5 (1999). Inst. Estudis Catalans. (p. 115-130).

MONTANER, J., SOLÀ, J. I MAS, J. (1999). *El relleno pleistoceno i holoceno de la llanura aluvial del río Daró (Baix Empordà).* Avances en el estudio del Cuaternario español. Universitat de Girona. Girona, 113-117.

MONTANER, J., SOLÀ, J. (2004). *Reconstrucció d'estadis paleogeogràfics recents a la plana del Baix Ter*. A: Aiguamolls del Baix Ter. Quintana, X. Marí, M. (eds). Papers del Montgrí, 23. Torroella de Montgrí, 8-26.

PASCUAL, J., MARTINOY, M. (2006). *Seguiment continu del nivell del mar a l'Estartit i a les zones humides de la gola del Fluvià,el Ter Vell i les basses d'en Coll. Anivellació topogràfica de la cota de l'aigua amb finalitats comparatives*. Ajuntament de Torroella de Montgrí. Inèdit.

PICART, J., SOLÀ, J., MONTANER, J., MATÓ, E., LLENAS, M., LOSANTOS, M., BERÁSTEGUI, X., I AGUSTÍ, J. (1996) *La sedimentación neógena en los márgenes de la cuenca del Empordà*, Geogaceta, 20(1): 84-87.

QUINTANA, X., COMÍN, F.A., (1989). *Introducció a l'estudi limnològic de la llacuna costanera de Ter Vell*. Butlletí de la Institució Catalana d'Història Natural 57, 23-34.

QUINTANA, X., GESTI, J., BADOSA, A., MARTINOY, M., PASCUAL, J., MORENO, R. (2000). *Proyecto LIFE NATURALEZA (LIFE 99 NAT/E/00 6386). Restauración y ordenación de las lagunas y de los sistemas costeros del Baix Ter. Resumen de resultados y propuestas de actuación*. Unió Europea. Novembre de 2000.

QUINTANA, X., BADOSA, A. GESTI, J., MARTINOY, M., GIFRE, J. (2002). *La restauració dels aiguamolls del Baix Ter. Els projectes LIFE*. A: Proceedings of the mediterranean symposium on marine and coastal protected areas (Roses-l'Estartit, 2002): 399-407.

QUINTANA, X., GESTI, J., BADOSA, A. (2004). *Restauración y ordenación de las lagunas y sistemas costeros del Baix Ter*. Proyecto Life Naturaleza BA – 3200/1999/006386. Informe final de actividad.

QUINTANA, X. & M. MARÍ (eds.). (2004). *Els aiguamolls del Baix Ter*. A: *Papers del Montgrí*, 23. Centre Cultural de la Mediterrània, Girona.

QUINTANA, X. (2006) *Actuacions i reptes en la conservació dels aiguamolls del Baix Ter*. Papers del Montgrí, 30 (2009).

ROQUÉ C., PALLÍ, LL., DÍAZ DEL OLMO, F. (2001). *El Holoceno medio palustre de la llanura litoral del río Ter (Baix Empordá, Girona)*. *Rev. C. & G.*, 15 (1-2), 87-101 SEG. AEQUA Geoformas Ediciones.

SAURÍ, D., RIBAS, A., ROSET, D., SORRIBAS, E. (1993). *Inundacions i societat al Baix Ter*. Premi a Treballs de Recerca concedit pel Consorci de la Costa Brava, convocatòria 1992. Girona, 1993, 118 pp.

SCHUMM, S.A. (1977). *The Fluvial System*. Wiley, NY, 388 pp.

SGOP (1965). *Informe geológico acerca del estudio de los recursos hidráulicos de la Costa Brava, zona del macizo montañoso comprendido entre El Estartit y La Escala (província de Gerona)*. Servicio Geológico del Ministerio de Obras Públicas. Madrid. Junio 1965.

SOLÀ, J., MONTANER, J., BERÁSTEGUI, X. I LOSANTOS, M. (1994). *Methodology for geological cartography at alluvial plains. The example of the Baix Ter plain*. First Europ. Mett. On Reg. Geol. Cart. And Information Systems, vol. 5, workshop 1. Bolonia, Italia.

SOLÀ, J., MONTANER, J., PICART. J., BERÁSTEGUI, X., LOSANTOS, M. (1996). *Correlación estratigráfica entre los depósitos aluviales de los ríos Terri y Ter. Interpretación de su edad y de su relación con los depósitos carnonatados del Pla de Mata (Baix Empordà-Pla de l'Estany, Girona)*. Geogaceta, 20 (1), pp.92-95.

HIDROGEOLOGIA

DEL MASSÍS DEL MONTGRÍ

Montaner J. (*), Viñals E. (**)

(*) Geoservei, Projectes i Gestió Ambiental, S.L.

(**) Gesmin, Oficina de Gestió Minera

Índex

RESUM 185

1. ANTECEDENTS 185

2. ASPECTES GEOLÒGICS 187

3. COMPORTAMENT HIDROGEOLÒGIC DELS MASSISSOS CÀRSTICS 190

4. HIDROGEOLOGIA DEL MASSÍS DEL MONTGRÍ 192

4.1. Balanç hídric 192
4.2. Piezometria 193
4.3. Hidrogeoquímica 195

5. HIPÒTESIS SOBRE L'ORIGEN DE LES AIGÜES SALINITZADES 197

BIBLIOGRAFIA 200

RESUM

Es proposa una visió general sobre la hidrogeologia del massís càrstic del Montgrí, fent una incidència especial sobre l'origen de les aigües salobres que saturen bona part dels materials calcaris d'aquesta unitat hidrogeològica. En concret es proposen diverses hipòtesis per a explicar l'existència de nivells de salinització relativament elevats per sota d'una massa d'aigües de baixa salinitat, amb una relació d'equilibri molt inestable en el temps i en l'espai. Les poques referències existents sobre la hidrogeologia de la zona esmenten de forma superficial aquest fenomen, atribuint-lo a un problema d'intrusió marina, és a dir, la invasió dels nivells aqüífers del massís per les aigües marines a través dels conductes i esquerdes d'un carst obert al mar, el que implicaria un comportament hidrogeològic isòtrop i homogeni en quant a l'alimentació i drenatge de la massa calcària.

Els autors consideren que aquesta és una visió simplista de la qüestió, doncs en els fenòmens de la intrusió hi juguen molts factors, sovint d'una gran complexitat, que s'intenten discutir en aquesta contribució, com poden ser, entre altres: l'estructura complexa del massís, amb successius apilaments d'escates i fronts d'encavalcament sobreposats al materials al·lòctons; la presència de diversos nivells de guixos i margues guixoses intercalats i pinçats entre les masses de calcàries encavalcades; la xarxa de falles, fractures, esquerdes i diàclasis, que compartimenten en blocs tota l'estructura del massís; la probable existència d'aigües fòssils hipersalines atrapades durant la "*mise en place*" intraeocena del complex al·lòcton del Montgrí; les oscil·lacions del nivell del mar, neògenes i quaternàries, reflectides en les plataformes d'abrasió del Montplà i les Medes, que impliquen llargs períodes d'infiltració d'aigües marines en una gran part del conjunt calcari del massís.

1. ANTECEDENTS

El Montgrí forma part dels massissos càrstics de la vora mediterrània, amb unes característiques ben diferenciades de les unitats o formacions detrítiques permeables de les planes al·luvials que l'envolten *(FIG. 1)*. Amb el Garraf constitueixen les dues úniques mostres de carst costaner a Catalunya, i el Montgrí n'és el més septentrional i l'únic de les comarques gironines.

El complex al·lòcton del massís del Montgrí es caracteritza hidrogeològicament per la presència d'un carst ben desenvolupat, format per una xarxa d'esquerdes, conductes, dolines i cavernes, perfectament cartografiable en superfície *(FIG. 1).*

El punt de vista hidrogeològic va ser documentat per MACAU (1965), en motiu d'un estudi geològic realitzat pel SGOP (*Servicio Geológico de Obras Públicas*) que comprenia 28 sondatges d'exploració hidrogeològica, amb un total de 1.503 m de perforació *(FIG. 3)*, i una sèrie d'immersions submarines per a la recerca de les surgències de descàrrega *(FIG. 4)*. L'objectiu dels treballs era la localització de nivells d'aigua dolça per al proveïment del nucli de l'Escala, quan encara no s'havia explorat el corredor d'Albons com a font potencial de recursos hídrics subterranis. La síntesi dels resultats dels treballs exposats a MACAU (1965) és la següent:

- *l'aqüífer del massís del Montgrí s'alimenta de les entrades que es produeixen en el front litoral est, atès la directa comunicació entre aquest massís i el mar, per sota del nivell freàtic marí.*
- *l'aqüífer es disposa en capes d'aigua de diferent densitat. En profunditat, l'aqüífer roman impermeabilitzat per la presència d'un potent nivell margo-argilós intercalat entre les calcàries.*

- *l'aigua dolça, objecte de les captacions que es preveien en el massís, té el seu origen en l'aigua de pluja que s'infiltra per l'aparell carstificat i en les aportacions dels aqüífers al·luvials del Ter i el Fluvià, que limiten la major part del massís. L'aigua dolça es disposa, per diferència de densitats, damunt els nivells d'aigua salina, que provenen de la intrusió marina.*
- *la localització de nivells d'aigua dolça depèn, segons MACAU, de l'estructura litològica del massís i de l'existència de zones impermeables, nivells margosos i argilosos, que puguin actuar com a barrera hidrogeològica en profunditat.*

Els resultats del projecte del SGOP van ser recollits per MARTÍNEZ GIL (1972) en la seva Tesi Doctoral, on descriu el Montgrí com:

- *una massa calcària que es continua en alguns punts sobre els 300 a 400 m per sota el nivell del mar, i*

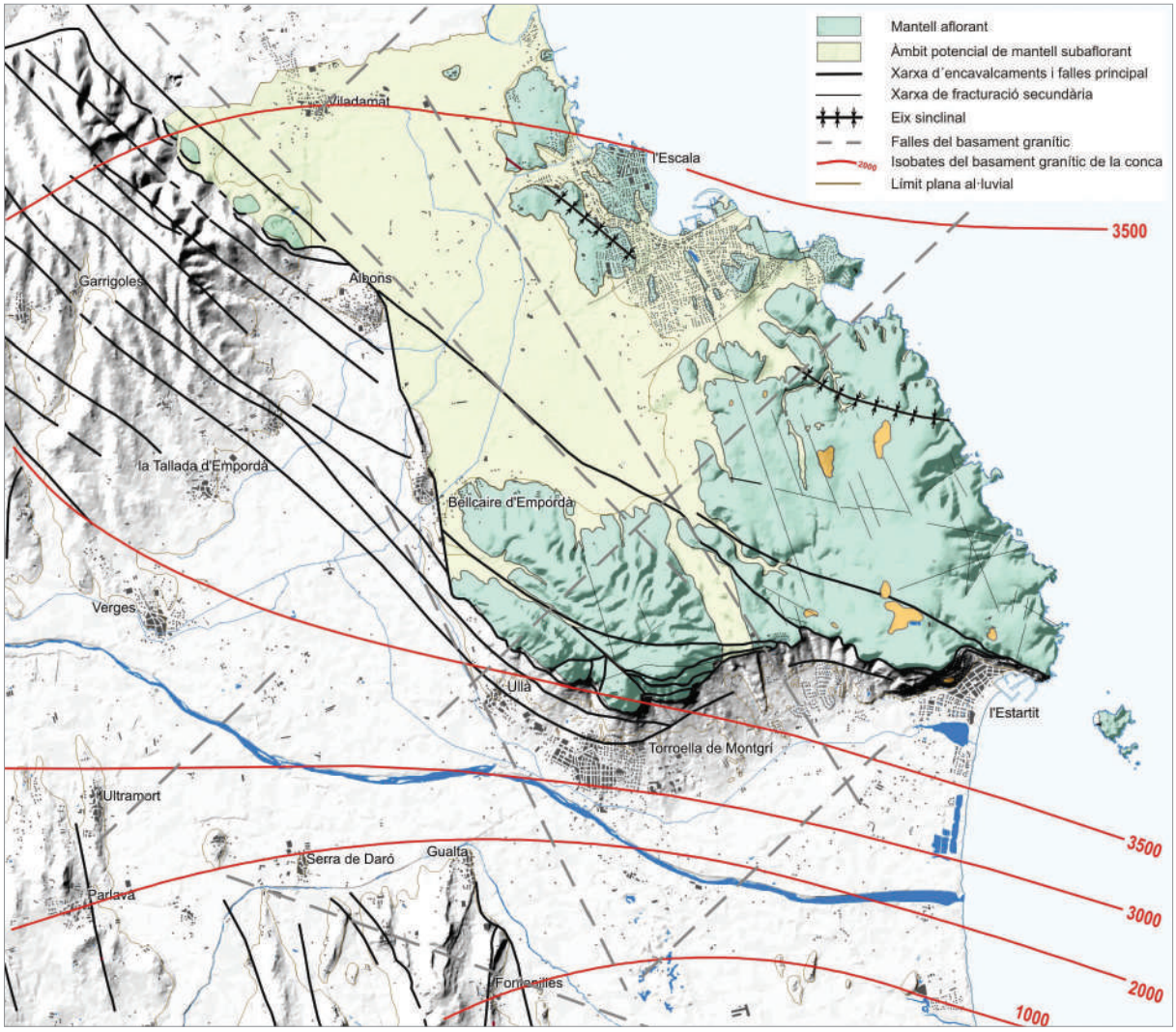


FIG. 1. *Esquema estructural del massís del Montgrí i isòbates del basament granític de la conca. Amb color verd pujat s'indica l'àmbit dels afloraments de les unitats calcàries del Montgrí, mentre que amb color verd clar s'indica l'àmbit subaflorant del massís. Amb color marró es marca la ubicació de les zones de dolina. Complementat a partir de la cartografia geològica 1:25.000 del Institut Geològic de Catalunya, fulls de Torroella de Montgrí, l'Escala, l'Estartit i Cala Montgó (IGC, 1994-1995), i de LLOMPART et al. (1982). Les isòbates i la xarxa de fracturació del basament provenen de la geofísica petrolera (1962-1981).*

que la seva diferent composició litològica i estructura complexa són d'importància secundària pel que fa referència al seu comportament hidrogeològic. Amb això, i gràcies a la xarxa de conductes i esquerdes del carst, el conjunt calcari es comporta com a una massa homogènia en contacte amb el mar a través del front penya-segat que va des de l'Escala a l'Estartit. L'aigua de mar penetra pel front i travessa lliurament tot el massís.

2. ASPECTES GEOLÒGICS

Per a una millor comprensió del comportament hidrogeològic del massís del Montgrí, s'ha hagut de recórrer a la recopilació i interpretació de les dades resultants d'una sèrie de treballs realitzats entre 1962 i 1981, entre els quals destaquen per la seva aportació sobre l'estructura profunda del Montgrí i la conca sedimentària de l'Empordà, els corresponents a la geofísica petrolera (gravimetria, aeromagnetometria i sísmica de reflexió). També s'han consultat el treballs de diverses companyies d'estudis i sondeigs realitzats per l'antic *Instituto Nacional de Colonización*, després IRYDA, i, sobretot, pel *Servicio Geológico de Obras Públicas* (SGOP), recopilats a MARTINEZ GIL (1972).

Els treballs de recerca petrolera realitzats dins l'àmbit sedimentari de la conca de l'Empordà varen posar de manifest la presència de tres relleus clarament diferenciats:

- un **relleu primitiu**, modelat sobre el basament de la conca, quartejat per un sistema de falles profundes de component WNW–ESE, que afecta majoritàriament al sector NE de la conca i ha provocat l'aparició de diferents manifestacions volcàniques fossilitzades en gran part per sediments més recents, d'edat Neogen.

- un **relleu intermedi**, modelat sobre la sèrie paleozoica i paleògena autòctona, fins l'Eocè Superior, fossilitzat per les formacions mesozoiques al·lòctones i terciàries post-orogèniques.

- un **relleu recent**, que correspon als sediments paleògens (bàsicament d'edat Oligocè), neògens i quaternaris de la conca post-tectònica neoautòctona empordanesa, relativament calma i poc deformada, oberta al mar i modelada al damunt del substrat que comprèn la sèrie paleògena autòctona i mesozoica al·lòctona.

Aquests relleus s'han modelat sobre formacions que han estat afectades per tectòniques de tres estils clarament diferents:

- una **tectònica de fons**, que ha originat la subsidència de la conca, formant una depressió tectònica de 25-30 km d'amplada i allargada en direcció W-E, entre la zona axial pirinenca i el marge continental meridional, format per les serralades de les Guilleries i les Gavarres.

- una **tectònica tangencial**, deguda a esforços compressius i gravitatoris que han afectat fins i tot al basament i paleozoic del marge Nord de la conca amb el desplaçament N-S de l'eix pirinenc, encavalcant les formacions paleògenes de la conca.

- una **tectònica extensional**, responsable de l'afectació de la Mediterrània occidental durant el Neogen i el Quaternari. Aquesta tectònica va originar un sistema de falles normals d'orientació NW-SE, que alhora es van superposar a les estructures pirinenques i de la conca autòctona, construint un relleu de blocs emergits i depressions, tals com la fossa de l'Empordà.

El massís del Montgrí forma part del mantell de l'Empordà (SAN MIGUEL DE LA CÁMARA et al., 1933; SOLÉ SABARÍS, 1933, SOLÉ SABARÍS, et al., 1956) i representa la darrera manifestació d'aquesta tectònica tangencial, amb un desplaçament important de l'ordre de desenes de quilòmetres (TASSONE et al., 1994) i la "*mise en place*" de formacions calcàries mesozoiques (juràssiques i cretàciques) lliscant al damunt de les margues guixoses del Keuper, que han actuat com a lubricant.

Imatge 1. *La conca hidrològica del massís del Montgrí ocupa una superfície de 46 km² que corresponen a l'extensió ocupada pels afloraments de materials calcaris carstificats (Foto: CdD del Montgrí, les Illes Medes i el Baix Ter).*

El front d'encavalcament el forma la superposició de dues làmines cavalcants imbricades i vergents cap el SW (MATÓ, et al., 1996), i ressegueix la línia formada per l'Estartit, Torroella de Montgrí, Bellcaire d'Empordà, Albons, Ventalló, Sant Mori i Garrigàs *(FIG. 1)*, fins connectar amb els afloraments més septentrionals de Figueres, Llers i Cistella. D'altra banda, també és possible l'existència d'una prolongació més al SW d'aquest front, tal com indicarien les estructures de la cartografia de la *FIG.1*, i segons es podria deduir d'alguns sondatges realitzats a Tor i Saus, que han penetrat en aquestes formacions mesozoiques al·lòctones, i de la geologia petrolera realitzada (sísmica de reflexió 1962-1972), que revela l'existència en profunditat de diverses estructures que podrien correspondre a les formacions al·lòctones.

Com a resultat del règim tectònic extensional que va afectar la Mediterrània occidental durant el Neogen, el mantell de l'Empordà va quedar fragmentat i fracturat Aquesta fracturació va afectar els materials mesozoics, amb una xarxa orientada en tres direccions preferents: NNW-SSE, WNW-ESE i NE-SW *(FIG. 1)*, que ha condicionat el posterior desenvolupament del carst sobre aquests materials, dins els quals, la formació de dolines n'és la més espectacular expressió.

Gairebé totes les dolines cartografiades es disposen al damunt d'aquesta xarxa de fracturació. La que té més superfície és la de Torra Ponsa, amb 1,6 ha de superfície, situada al NW de l'Estartit i desenvolupada damunt una massa guixosa del Keuper, pinçada entre dues escates de calcàries. Altres àrees, com cala Montgó, i el mateix pla de Sobrestany, poden estar afectades també per un procés de formació de dolines. Aquesta darrera podria ser de dimensions més grans. Una anomalia gravimètrica negativa, indicadora d'una absència de massa d'igual densitat a la dels materials del seu entorn, centrada al damunt d'aquesta àrea *(FIG. 2)*, i les columnes litològiques d'uns quants sondatges perforats en aquest indret *(FIG. 3)* permeten plantejar aquesta hipòtesi.

Les falles del basament granític de la conca, deduïdes per la geofísica, segueixen també tres direccions preferents: NW-SE, NE-SW, WNW-ESE *(FIG. 1)*, que gairebé són coincidents amb la xarxa estructural del Montgrí. Resulta evident que aquesta és un reflex d'aquella i està condicionada pels moviments d'enfonsament. Aquest basament es troba a quasi 4 km de profunditat sota el Montgrí *(FIG. 1)*, segons la interpretació d'una campanya de geofísica per aeromagnetometria (1971). Atès la seva morfologia, sembla que podria haver-hi també una continuïtat

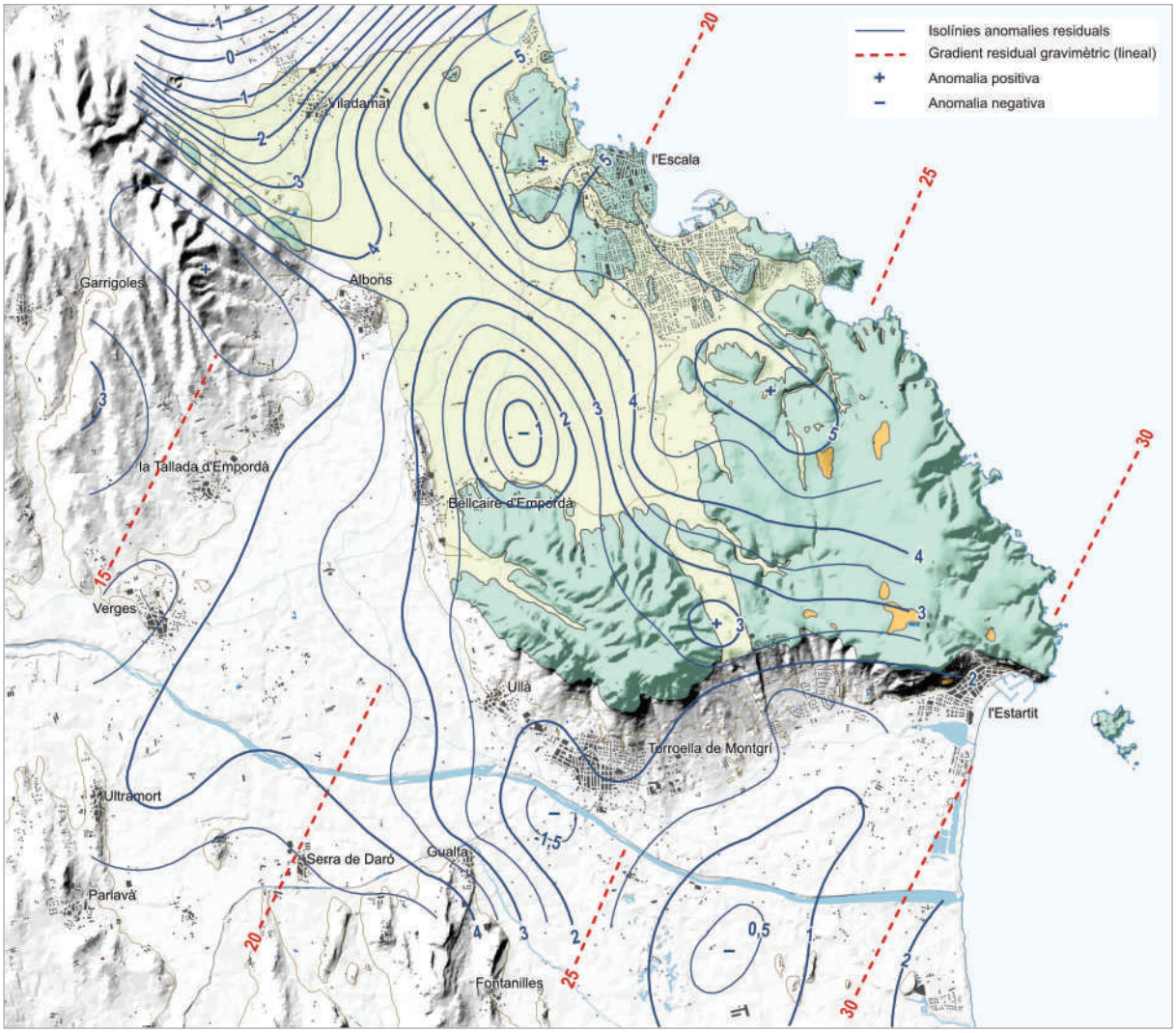


FIG. 2. *Mapa gravimètric del massís del Montgrí i del Baix Ter. L'anomalia gravimètrica del sector de Sobrestany és indicativa d'una absència de massa d'igual densitat que la dels materials del seu entorn, qüestió que, juntament amb la informació de sondatges, suggereix la hipòtesi que es pogués tractar d'una gran dolina.*

en el temps en la relació entre els mantells de corriment i l'evolució de la morfologia del basament (CLAVELL, et al., 1988).

Les unitats mesozoiques de les làmines cavalcants que formen el massís del Montgrí tenen un espessor d'aproximadament 3.000 m., incloent la part basal de guixos i lutites de facies Keuper i el tram margocalcari d'edat Juràssic (SAULA, et al., 1994). Segons les dades de reflectors sísmics, sembla ser que, mar endins, el mantell del Montgrí es prolongaria sota la plataforma continental actual, fins a uns 13 quilòmetres des de la línia de costa (TASSONE, et al., 1994).

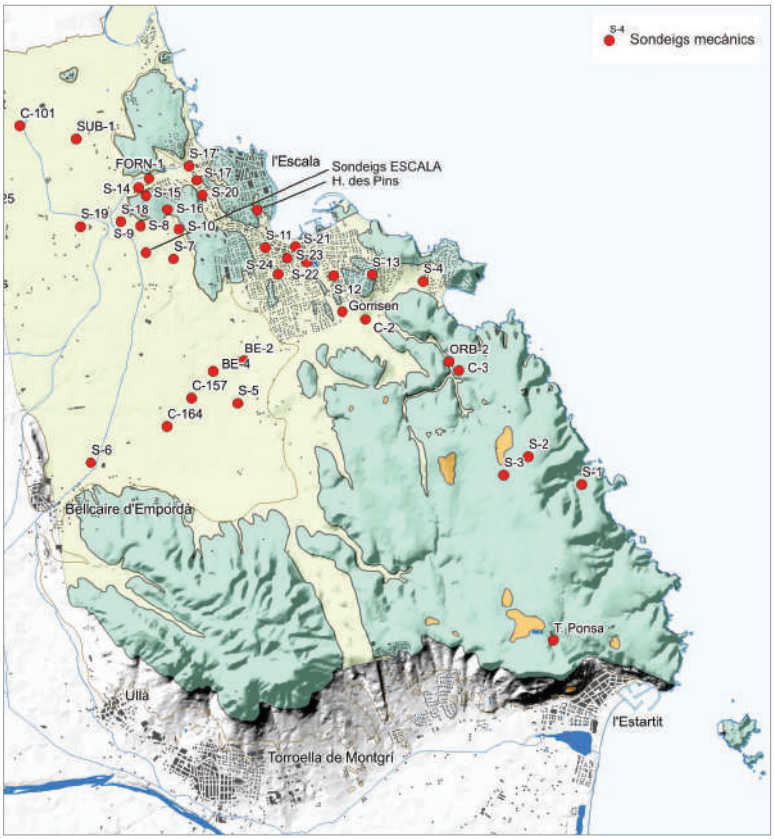


FIG.3. Situació dels sondeigs i dels punts de captació que es refereixen en el text.

3. COMPORTAMENT HIDROGEOLÒGIC DELS MASSISSOS CÀRSTICS

L'esquema del funcionament hidrogeològic dels aqüífers en formacions calcàries càrstiques, com la del massís del Montgrí, es gairebé sempre el mateix:

una **àrea de recollida** de les aigües de pluja, o conca hidrològica *(FIG. 4).*

unes **zones d'infiltració**, localitzades sobretot a les àrees més fissurades i/o carstificades.

un **espai per a l'emmagatzematge**, a on la seva capacitat i direcció del flux depenen quasi totalment del desenvolupament i direcció de la xarxa de fissuració i/o carstificació.

una **descàrrega cap al mar**, gairebé tota ella en forma d'emissions o surgències submarines *(FIG. 4).*

L'anisotropia d'aquests aqüífers condiciona la seva alimentació o recàrrega i el drenatge, o circulació i descàrrega, degut a les nombroses discontinuïtats i conductes que afecten al massís rocós: fractures, superfícies erosives, complexitat estructural, etc.

Les característiques més comunes d'aquestes unitats hidrogeològiques, són: topografia irregular, carst superficial (extern), zones no saturades amb cavernes, conductes i esquerdes, zona saturada de poca potència, reducció i anul·lació de la permeabilitat amb l'increment de la profunditat.

La zona càrstica on es produeix amb més freqüència la infiltració de l'aigua es caracteritza normalment per estar formada per blocs decamètrics i hectomètrics on la microfissuració té l'efecte de dipòsit, i les fractures marcades i els conductes són el medi o vehicle de drenatge.

Aquest model sol ser mixt, és a dir, hi ha una zona superior, típicament càrstica, on predomina la permeabilitat vertical, i la porositat eficaç és petita, mentre que, en la zona inferior, hi ha una reducció de permeabilitat, amb poca permeabilitat, amb poca circulació, i amb una més gran porositat eficaç, degut a la progressiva disminució de la carstificació de les fissures.

En les zones on el drenatge és directe al mar, la piezometria delimita dues zones separades pel canvi de gradient hidràulic, que es suavitza prop de la costa i, per tant, implica un augment de la permeabilitat del medi. Això fa que les extraccions en aquest indret, quan n'hi ha, provoquin amb més facilitat la formació de cons salins durant el bombeig.

En el cas del Montgrí, la conca hidrològica correspon a tota la superfície ocupada pels afloraments de materials calcaris carstificats, és a dir, uns 46 km^2. D'altra banda, aquest concepte i superfície són discutibles en aquest

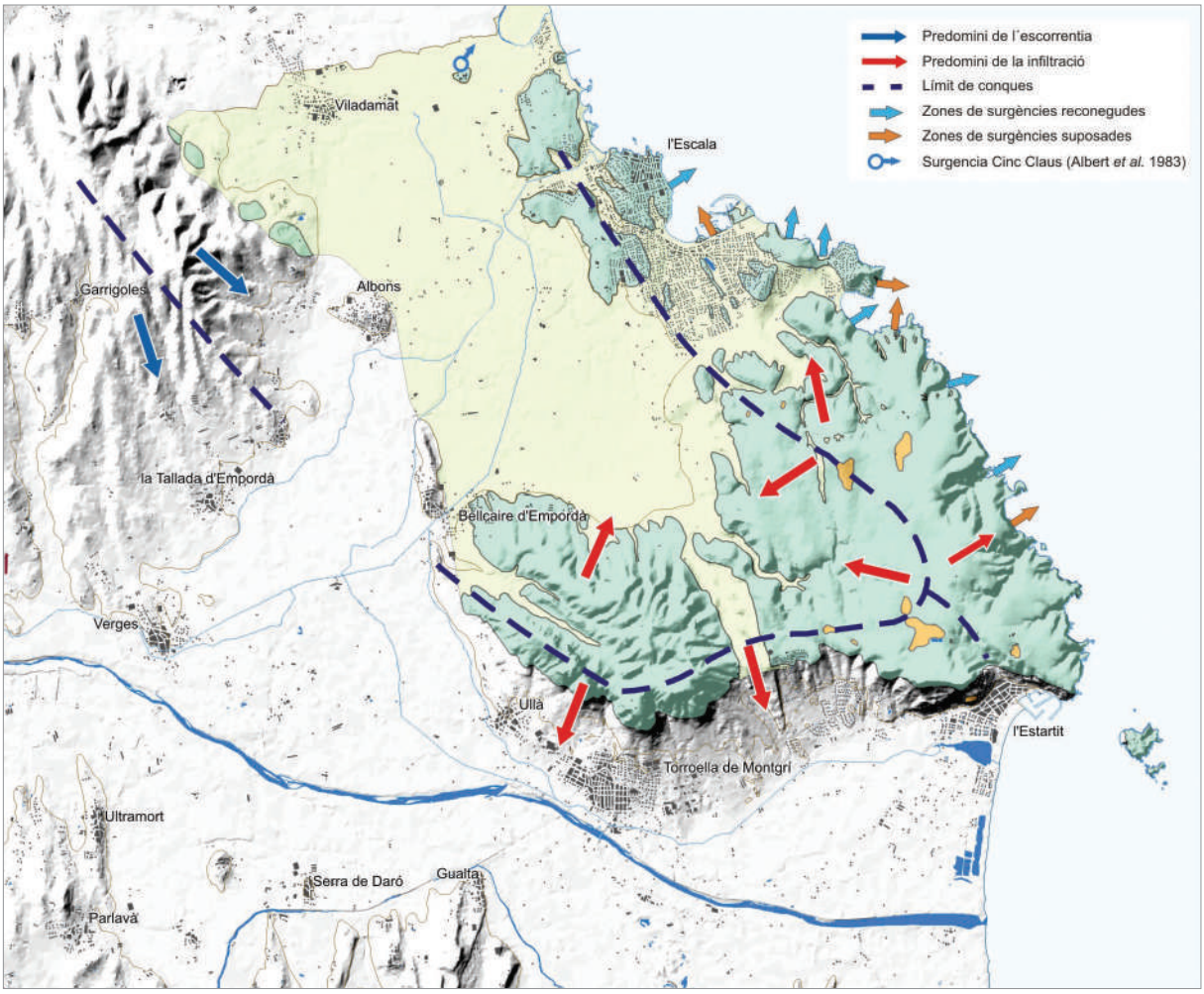


FIG. 4. Distribució de les conques hidrogràfiques i dels trams del litoral amb surgències submarines.

cas, doncs l'alimentació o recàrrega pot venir també d'àrees més allunyades i d'unitats hidrogeològiques de diferent naturalesa, com la plana al·luvial que envolta el massís càrstic. El mateix succeeix amb la descàrrega, que no tota s'ha de produir cap al mar, doncs una part d'aquesta vessa cap a l'interior, sobretot cap a la plana del corredor d'Albons *(FIG. 4)*. Com a cas singular es pot esmentar el de l'antic brollador de LA FORNACA, a la vora del rec del Molí *(FIG. 3)*, que fins i tot havia proveït d'aigua el municipi de l'Escala, amb cabals de 30 l/sg i extraccions de 0,8 hm^3/any.

Pel que fa a les zones d'infiltració, l'emmagatzematge, la direcció del flux i la descàrrega, es pot dir que venen condicionades per l'estructura del massís, que presenta una sèrie d'accidents tectònics complexes i li confereix un comportament hidrogeològic singular dins el model general que s'acaba d'exposar.

4. HIDROGEOLOGIA DEL MASSÍS DEL MONTGRÍ

4.1. Balanç hídric

Per a realitzar el balanç hídric d'una conca es requereix una sèrie de dades meteorològiques i mesurements de tipus hidrològic i hidrogeològic que no es poden assolir en el cas del massís del Montgrí per manca de les estacions d'observació necessàries. L'extensió i objectius d'aquesta contribució tampoc permeten fer-hi massa incidència, d'altra banda, i pot ser l'aspecte més important a considerar, no hi ha activitats ni poblacions que requereixen, per a satisfer la seva demanda d'aigua, d'un coneixement afinat dels recursos hidràulics d'aquest unitat hidrogeològica. Això no obstant, es poden apuntar unes mínimes dades a nivell informatiu que permeten orientar el lector sobre la potencialitat de la zona pel que fa als seus recursos hídrics.

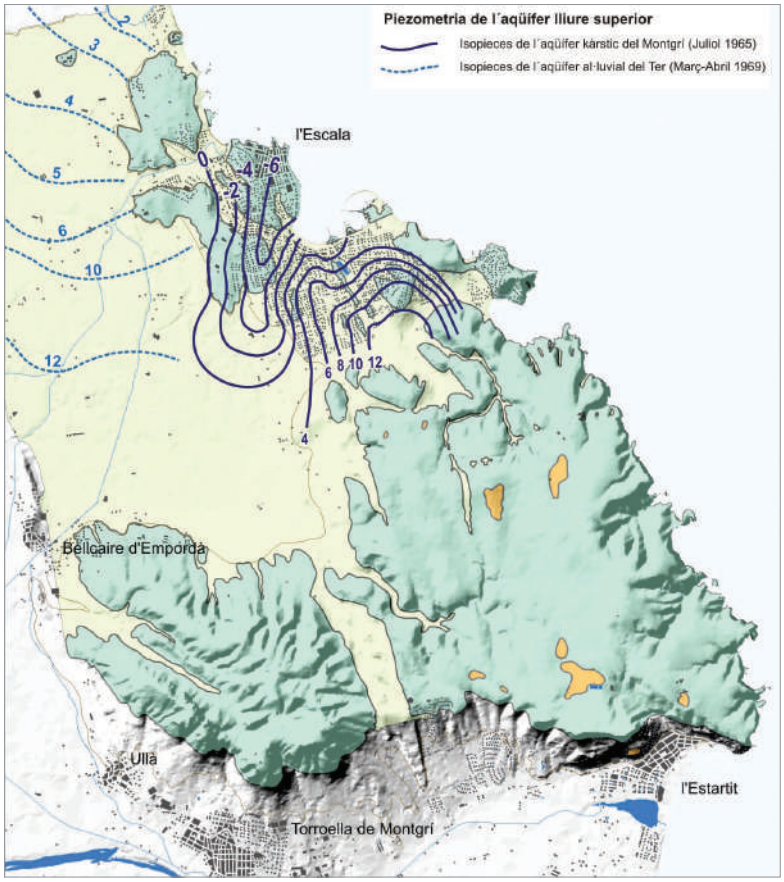


FIG. 5. *Piezometria de l'aqüífer càrstic superior del Montgrí. Sector septentrional. Juliol 1.965.*

Amb una pluviometria mitjana de 650 mm, una evapotranspiració potencial de 550 mm i una retenció del sòl considerada a 25 mm, la pluja útil disponible per a l'escolament i la infiltració pot assolir uns valors mitjans de 75 mm/any. Per a una superfície considerada de 46 km^2, això representaria uns recursos anuals de l'ordre de 3,45 hm^3/any.

4.2. Piezometria

Els esquemes piezomètrics que s'exposen a les *FIGs. 5, 6 i 7* corresponen a la situació dels nivells mesurats l'any 1965, després de la campanya de sondatges del SGOP, complementada amb alguna dada addicional. Quasi bé tota la informació es concentra en la meitat septentrional del massís, a la rodalia de l'Escala.

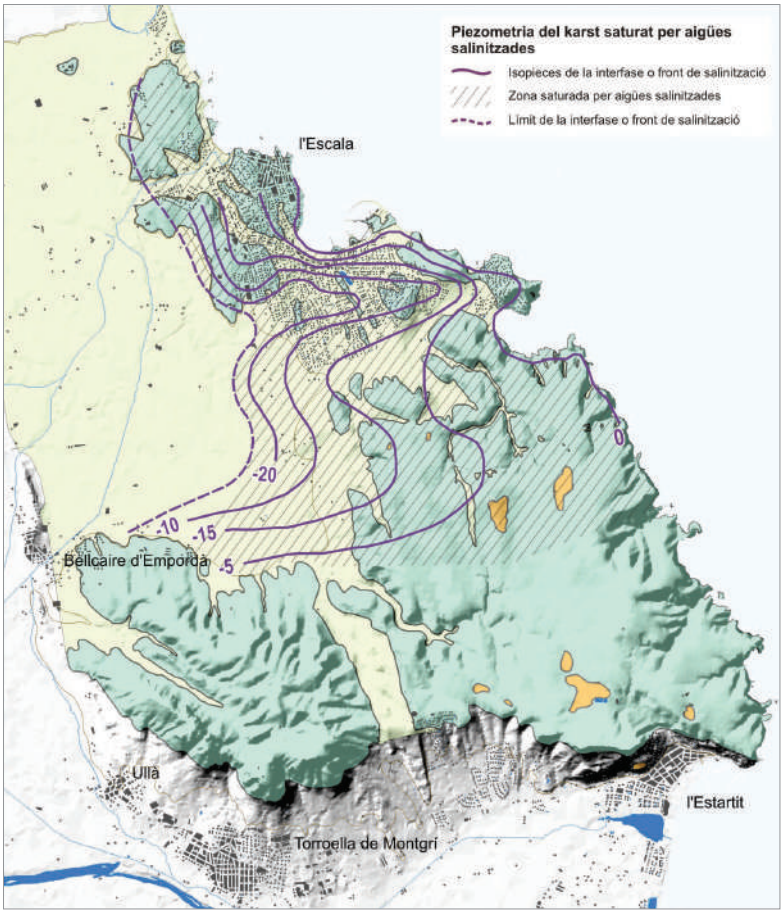


FIG. 6. *Piezometria del carst saturat per aigües salinitzades i límit de la interfase o front de salinització.*

Aquestes piezometries presenten una sèrie d'anomalies i irregularitats, tant pel que fa a la posició dels nivells d'aigües dolces (menys profundes i poc o gens salinitzades), com a la interfase de les aigües salines, que no permeten una interpretació quantitativa de la hidrodinàmica de la recàrrega-descàrrega del medi permeable, considerant-lo com a una sola unitat hidrogeològica. Això revela un aspecte fonamental del funcionament d'aquest medi: no hi ha una bona connexió hidràulica entre les diferents zonacions permeables que el formen. L'anisotropia i la heterogeneïtat d'aquest medi són, així doncs, evidents, i contrasta amb la teoria d'un sol aqüífer homogeni, ben connectat i comunicat amb el front marí.

Els perfils de la *FIG. 7* ressalten, a primer cop d'ull, una topografia molt ondulada de la superfície piezomètrica de les aigües, que no obeeix a la clàssica pendent general suau (gradient hidràulic feble) que li correspondria a un medi molt més permeable i ben connectat hidràulicament amb el mar. Fins i tot hi ha superfícies amb nivells deprimits uns 6 a 8 m sota el nivell del mar. La superfície de la interfase aigua dolça-salada també oscil·la sense cap mena de regularitat ni lògica aparent. Només en unes quantes zones segueix el perfil d'equilibri que li escau. L'àrea controlada no suporta cap mena de sobreexplotació, doncs només hi ha uns quants pous a la zona de Riells i cala Montgó, amb extraccions petites que no justifiquen, aparentment, aquestes oscil·lacions dels nivells.

Totes aquestes qüestions condueixen a la probable hipòtesi d'una estructura compartimentada en blocs aïllats i sense cap mena de connexió entre sí. L'erupció d'aigua a alta pressió, ocorreguda durant la perforació d'un sondeig a Bellcaire d'Empordà, molt allunyat del mar i prop de l'encavalcament, permet suposar també l'existència de nivells d'aigua aïllats i sotmesos a geopressió, relacionats amb els moviments tectònics i la seva "*mise en place*".

La profunda depressió de la superfície piezomètrica que es configura al sud de l'Escala, amb un mínim de -6 msnm *(FIG. 5)*, contrasta amb la posició alta dels nivells dels seus costats més immediats: a l'est, un màxim de

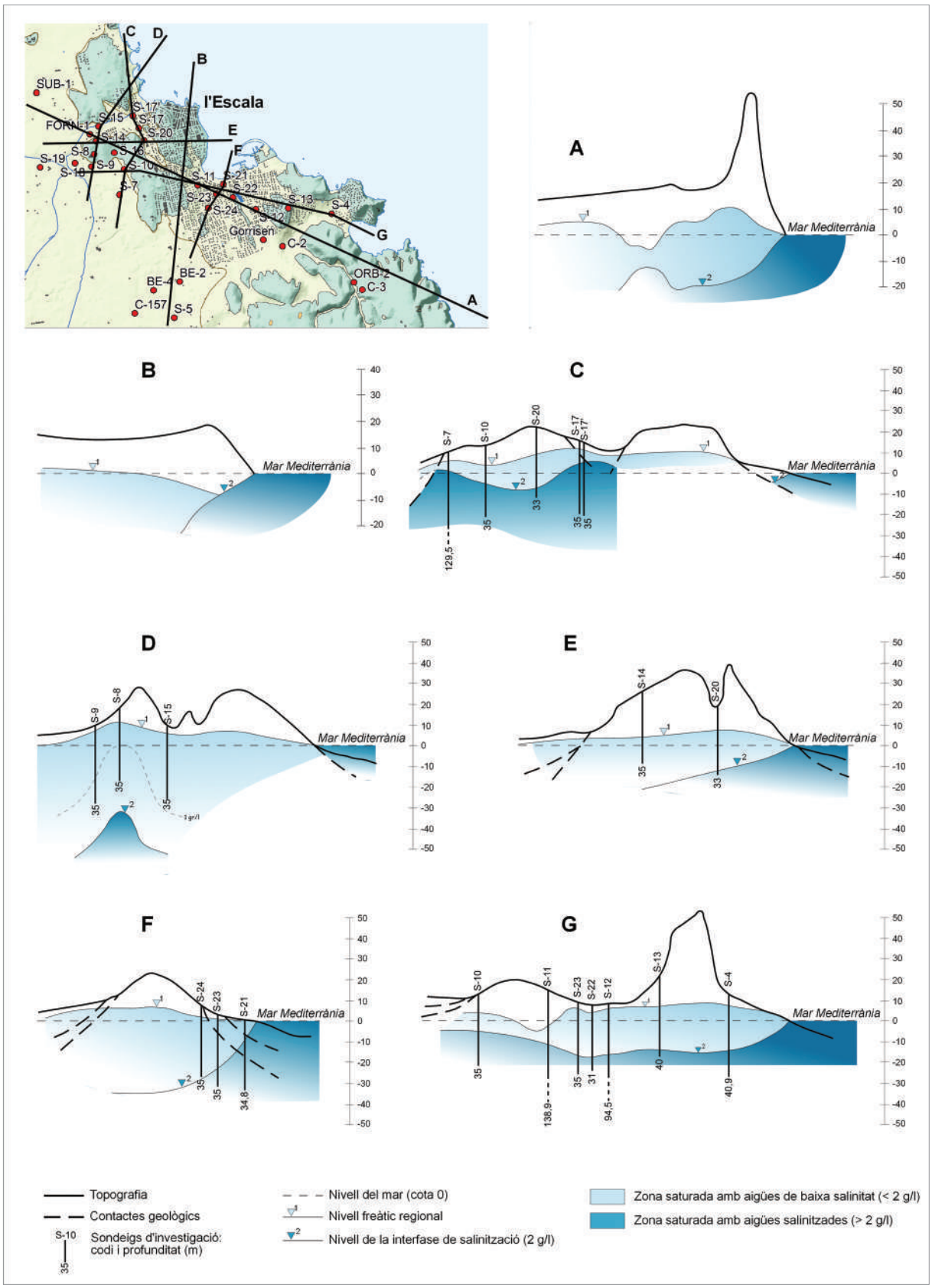


FIG. 7. Perfils hidrogeològics del carst del massís del Montgrí amb indicació del nivell freàtic regional i la posició del nivell de la interfase de salinització.

+12 msnm a la zona de Riells-Montgó; i a l'oest, fora ja dels aqüífers càrstics del Montgrí i dintre l'aqüífer al·luvial del Ter, un màxim de +10 a +12 msnm, altre cop. Evidentment, amb absència de problemes de sobreexplotació, aquesta piezometria no és representativa d'un mateix medi permeable.

Una cosa semblant succeeix amb la interfase de salinització representada a la *FIG. 6*, on es pot observar una depressió que penetra profundament en forma de falca de direcció W-E, des del SW de l'Escala fins a prop de cala Montgó. Això permet suposar l'existència d'una discontinuïtat molt localitzada, que podria correspondre a una falla i que actua com a barrera impermeable. Les dues anomalies de les *FIGs. 5 i 6* se superposen perfectament, encara que amb direccions perpendiculars entre sí, fet que corrobora aquesta hipòtesi.

4.3. Hidrogeoquímica

Per a un millor coneixement dels aqüífers del massís del Montgrí en el sector septentrional s'han estudiat les dades analítiques de les mostres d'aigua captada a diferents profunditats després de l'execució dels sondatges del SGOP i durant l'any 1965.

La *FIG. 8a* representa l'evolució de la concentració en clorurs d'aquestes mostres. Les isolínies d'igual concentració mostren la penetració de la salinització cap a l'interior del massís disposant-se en dues falques de direcció E-W i N-S, al sud de l'Escala i fins a cotes de -10 msnm. A partir d'aquesta profunditat, i a cotes de -15 i -20 msnm s'agrupen en una sola falca que pren una direcció NE-SW. A l'extrem SE (zona de Riells-Montgó), les concentracions milloren en profunditat, qüestió que només es pot justificar per una sobtada reducció de la permeabilitat a valors pràcticament nuls.

La inestabilitat entre les fases dolça i salada que separa la línia o superfície d'interfase de la salinització és tant acusada que el més feble desequilibri altera tot el sistema, produint una ràpida ascensió de les aigües salinitzades. Aquesta situació es va fer palesa en un pou de l'Escala (*H. DES PINS*), perforat a les calcàries carstificades fins a 19 m de profunditat. El nivell piezomètric es disposava a 9,5 m de profunditat (octubre 1970), i a cota -1,5 msnm, trobant-se el pou *(FIG. 3)* dins l'àrea piezomètricament deprimida a què s'ha fet referència *(FIG.5)*. Amb el bombeig d'un cabal de 25 m^3/h, el nivell davallava fins a 18 m de profunditat. L'aigua tenia inicialment una concentració en clorurs de 92 mg/l. Després de l'extracció discontinua de 9.000 m^3 d'aigua fins el juny de 1971, la concentració en clorurs es va incrementar fins a 3.516 mg/l. Aquesta evolució es pot seguir a la *FIG. 8b*, amb la comparació dels diagrames de STIFF modificats de les dues aigües. Un pou situat a 250 m de distància i amb les mateixes condicions, bombejant un cabal de 3 m^3/h, i amb una concentració inicial de 107 mg/l de clorurs, no va experimentar cap mena de variació en la qualitat inicial. Casos semblants s'han produït en tota aquesta àrea, en la què l'explotació ha arribar a ser particularment significativa atès el creixement urbanístic de l'Escala.

D'altra banda, les aigües que saturen el massís càrstic del Montgrí presenten una composició físico-química molt semblant entre les diferents mostres analitzades, que pertanyen a diversos pous perforats en aquesta unitat hidrogeològica. La *FIG. 9* expressa en forma gràfica la seva concentració aniònica i catiònica. Aquest procediment, que permet agrupar totes les mostres dins una mateixa família de qualitat, ajuda a interpretar si existeix un origen comú per a totes elles. Aquest fet adquireix una gran rellevància en constatar similituds en dues mostres corresponents a sondeigs (BE#2 i BE#4) situats a Bellcaire d'Empordà, concretament al pla de Sobrestany, dues més de pous (FOR#1 i *H. des Pins/b*) situats al SE i a prop de l'Escala, un sondeig (SUB#1)

situat a prop de Cinc Claus i, el que és més significatiu, una altre sondeig, el GEOT#1, situat a Vilamacolum, a 12 km al NW de distància dels afloraments més septentrionals del massís del Montgrí. Aquest darrer sondeig va travessar 1.020 m de materials neògens abans de penetrar a les calcàries mesozoiques al·lòctones, amb baixes permeabilitats per fissuració, que varen produir petits cabals artesians (surgents) d'aigües salinitzades. La qualitat físico-química d'aquestes aigües és assimilable amb claredat a la qualitat de la resta de mostres a

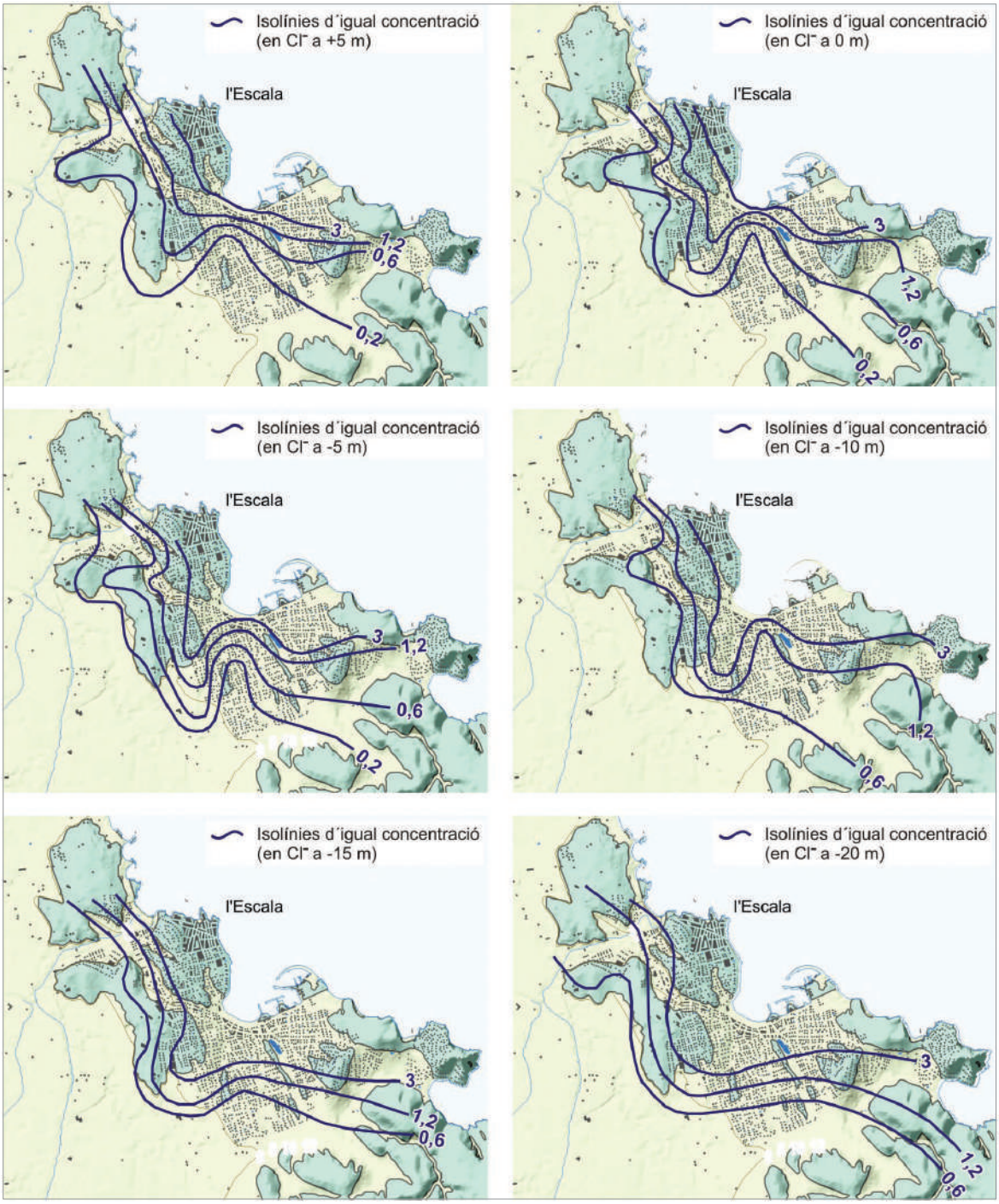


FIG. 8a. *Evolució en profunditat de les isolínies d'igual valor de la concentració de clorurs en el carst del Montgrí.*

què acabem de fer referència. Finalment, hi ha dues mostres més (*H. DES PINS/a*, i *GORRISEN*) que pertanyen a pous que exploten nivells aqüífers superiors, sense haver alterat -encara- l'estat d'equilibri de la interfase del front salinitzat.

Les sis primeres mostres es poden incloure en la classificació d'aigües clorurades sòdiques, mentre que les dues darreres es poden classificar com aigües bicarbonatades sòdiques. Així doncs, la ruptura de l'equilibri entre les dues fases -o masses d'aigua- de diferents salinitat, comporta una alteració de la composició físico-química d'aquestes aigües, amb un bescanvi de continguts aniònics de bicarbonats per clorurs, acompanyat d'un clar increment de la concentració iònica dels altres elements.

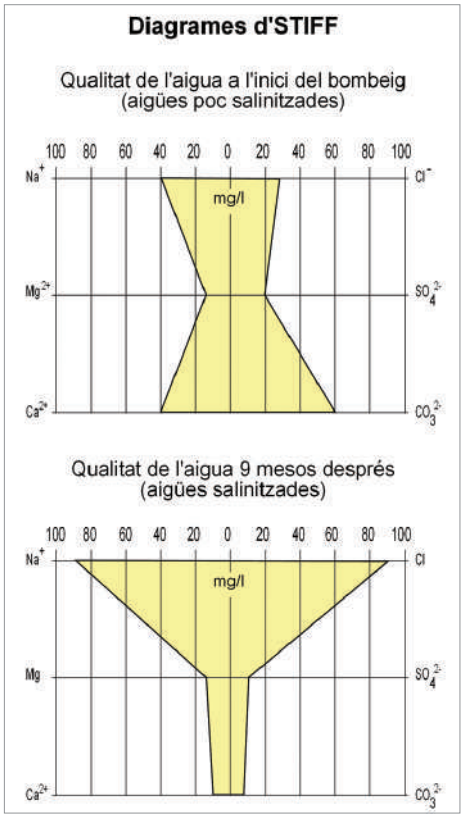


FIG. 8b. *Diagrames de STIFF modificats del pou H. des Pins (FIG. 3).*

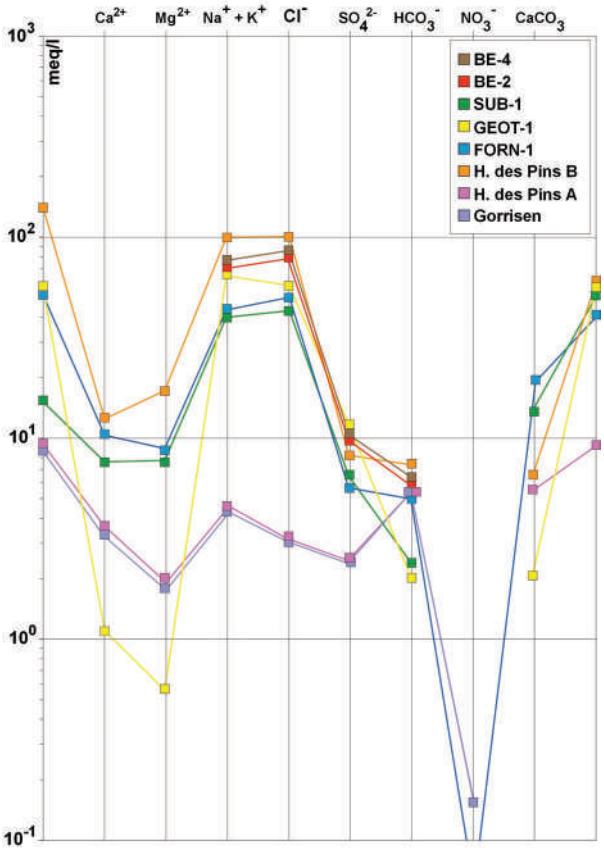


FIG. 9. Diagrama logarítmic de les mostres d'aigua de l'aqüífer càrstic del Montgrí.

5. HIPÒTESIS SOBRE L'ORIGEN DE LES AIGÜES SALINITZADES

L'acceptació de les interpretacions donades per diversos autors sobre l'origen de les aigües salinitzades que saturen el massís càrstic del Montgrí implicaria admetre l'existència d'un fenomen d'intrusió marina en un medi molt permeable, on l'aigua de mar podria envair lliurement la zona de saturació, amb un model de mescla de les fases aigua dolça-salada molt simplificat.

Són múltiples els factors que intervenen en la hidrodinàmica d'un aqüífer en roques fissurades, i si s'hi afegeixen els deguts als conductes càrstics, el problema pot assolir una complexitat extraordinària. Es poden esmentar,

entre altres, el gradient hidràulic, la reducció de la permeabilitat en profunditat, la topografia irregular, la magnitud de la zona no saturada (desenvolupament espeleològic), l'existència del complex detrític del Montgrí, format per uns 100 m de calcàries bioclàstiques amb porositat intragranular, el compartimentat estructural en blocs i conductes isolats, zones de mescla amb flux d'aigües en estat de no-equilibri, flux en conductes de seccions, resistència a la fricció (rugositat) i morfologia (sifons, cambres de descompressió, cavernes) variables, canvis d'estat hidrostàtic a hidrodinàmic i del seu règim de pressions, mescla d'aigües de diferent densitat i composició química, processos de difusió, etc.

Imatge 2. *El front de llevant del massís presenta diversos punts de surgències submarines (FIG.4) que drenen l'aqüífer càrstic (Foto: CdD del Montgrí, les Illes Medes i el Baix Ter).*

La salinitat de les aigües de pluja i dels sòls que queden xops com a resultat d'aquesta, així com la possibilitat de períodes de submersió sota el nivell del mar, o d'entrampament d'aigües sinsedimentàries o sintectòniques, poden justificar per sí mateixes un empobriment de la qualitat de les aigües que es troben avui emmagatzemades en el massís.

La dinàmica de tots aquests factors apunten cap el fet que el massís del Montgrí no es comporti com una massa homogènia i isòtropa. En tot cas, aquesta característica podria ser vàlida per al sector més immediat al penya-segat en contacte amb el mar, però es fa difícil d'admetre una extrapolació a la resta del massís calcari. Per exemple, atesa la complexitat estructural i litològica del massís, no sembla massa factible proposar un origen intrusiu a les aigües salobres de Sobrestany, que dista uns 6 km de la costa i té enmig importants accidents estructurals i canvis litològics que limiten les possibilitats d'una connexió hidràulica regular.

En conseqüència, és el criteri dels autors que les hipòtesis més plausibles sobre l'origen de les aigües salinitzades que envaeixen gairebé tot l'àmbit territorial del massís, i probablement s'estenen cap el NW, poden ser les següents o una combinació entre algunes d'elles:

- enriquiment en sals de les aigües d'infiltració per dissolució de les acumulades en els sòls i roques del massís. En els diagrames de qualitat de les aigües de SHÖELLER-BERKALOFF es pot comprovar que l'enriquiment de la concentració iònica és general a excepció dels bicarbonats i nitrats. Aquest fenomen permet descartar un augment de sals per evaporació i reforça la teoria d'una addició de sals per aportacions exteriors.

- concentració acumulada dels clorurs per aportacions de l'aigua de pluja. En les regions costaneres són freqüents concentracions de 200 a 350 mg/l de clorurs en l'aigua de pluja.

- saturació per infiltració d'aigües de mar dels materials calcaris per submersió durant llargs períodes de temps, d'una bona part de l'àrea geogràfica ocupada per les plataformes d'erosió del massís, deguda a les pujades del nivell del mar durant períodes transgressius, amb quasi nul rentat posterior per part de les aigües dolces continentals, per efecte d'un gradient hidràulic quasi inexistent.

- entrampament de masses d'aigües fòssils dintre els sediments pinçats per l'apilament d'escates del mantell de corriment. En aquest cas, amb la possibilitat que es tracti de fluids hipersalins, geotèrmics, i sotmesos a altes pressions (geopressió).

- moviments hidrodinàmics anòmals, produïts per règims de flux turbulents (remolins, xucladors) o de pistó (sistema en càrrega), sifonaments, descompressions sobtades, etc. Aquest model seria particularment aplicable a zones molt localitzades en l'espai i fenòmens puntuals en el temps, a les àrees costaneres del penya-segat en contacte amb el mar. Cap a l'interior també es pot produir en zones de mescla locals.

Les oscil·lacions del nivell del mar neògenes i quaternàries i els seus corresponents períodes interglacials podrien haver acabat de configurar definitivament tot l'aparell càrstic del massís. El darrer període glacial, amb el mar enretirat més de 100 m per sota el nivell del mar actual, podria haver motivat l'activació dels processos de dissolució i l'establiment de nombroses surgències de descàrrega tot vorejant el massís. La posterior recuperació fins a cotes similars a la del nivell del mar actual, i fins i tot lleugerament superiors, submergí totes les surgències orientades a llevant del massís, que continuen funcionant avui en forma d'emissions submarines, localitzades en els indrets assenyalats en la *FIG. 4*. Les que estaven orientades a ponent varen ser fossilitzades pels dipòsits al·luvials i col·luvials del corredor d'Albons. En aquesta zona, només ha subsistit activa la surgència de LA FORNACA , prop de l'Escala. Pel costat de la vall del Ter, el massís resta emergit al damunt d'un substrat eocè, fet que ha condicionat un quasi nul drenatge de l'aparell càrstic en direcció sud.

Així doncs, el massís del Montgrí es presenta com una illa hidrogeològica envoltada per la plana del Baix Ter a ponent i migdia i pel mar a llevant i nord. És l'únic exemple de carst costaner a l'Empordà, però, malauradament, el seu funcionament hidrogeològic no ha estat prou investigat encara. Des del 1964-72 fins ara, hi ha una pàgina en blanc que espera ser emplenada per qui senti curiositat, sovint lligada a la necessitat, de desvetllar els secrets d'aquest món subterrani proper.

Bibliografia

ALBERTÍ, P., PALLÍ, LL. (1983). *Nota sobre la surgencia de Cinc-Claus, l'Escala (Girona)*. Ann. Sec. Ciènc. Col. Univ. Girona, 9: pp. 31-36.

CLAVELL, E., MARTÍNEZ, A., VERGÉS, J. (1988). *Morfologia del basament del Pirineu Oriental: evolució i relació amb els mantells de corriment*. Acta Geológica Hispànica, t. 23, (1988), n. 2, p. 129-140.

IGC (1994-1995). *Mapa Geològic de Catalunya. Fulls: Torroella de Montgrí, l'Escala, Cala Montgó, l'Estartit*. Institut Cartogràfic de Catalunya. Barcelona.

MACAU, F. (1965). *Determination des niveaux phreatiques des eaux douces dans un massif calcaire de la Costa Brava a partir d'une exploration sous-marine préalable. Actes du Colloque de Dubrovnik. Octobre 1.965. Hidrologie des roches fissurées. Vol II. AIHS. UNESCO, 1.967.*

MACAU, F. (1965). *Determinación de los niveles freáticos en un macizo calcáreo a partir de una previa exploración submarina. Informaciones y Estudios. Boletín núm. 23 del Servicio Geológico de Obras Públicas. Madrid. Abril 1965.*

MARTINEZ GIL, F.J. (1972). *Estudio hidrogeológico del Bajo Ampurdán*. Mem. del IGME, tomo 84, 2 vol. Madrid.

MATÓ, E., SAULA, E., BERÁSTEGUI, X., CAUS, E. (1996). *Estratigrafia del Macizo del Montgrí*. Geogaceta, 20 (1), p. 58-61.

LLOMPART, C., PALLÍ, LL. (1982). *Aportaciones al conocimiento del Cretàcico del macizo del Montgrí (Girona)*. Acta Geológica e Hispànica, T. 17, n.3, pàgs. 179-183.

SAN MIGUEL DE LA CÁMARA , M., SOLÉ SABARÍS, L. (1933). *Geologia del Massís del Montgrí*. Butll. Inst. Cat- Hist. Nat. , 33. 129-145.

SAULA, E., PICART, J., MATÓ, E., LLENAS, M., LOSANTOS, M., BERÁSTEGUI, X., AGUSTÍ, J. (1994). *Evolución geodinámica de la fosa del Empordà y las Sierras Transversales*. Acta Geológica Hispànica, v.29 (1994) n.2-4, p.55-75.

SGOP (1965). *Informe geológico acerca del estudio de los recursos hidráulicos de la Costa Brava, zona del macizo montañoso comprendido entre l'Estartit i l'Escala (Girona)*. Servicio Geológico del Ministerio de Obras Públicas. Madrid. Julio 1965.

SOLÉ SABARÍS, L. (1933). *La geologia dels voltants de Figueres i la tectònica de l'Empordà*. Butll. Inst. Cat- Hist. Nat. , 33, 250-257.

SOLÉ SABARÍS, L., FONTBOTÉ, J.M., MASACHS, V., VIRGILI, C. (1956). *Continuidad de las escamas de corrimiento del Ampurdán entre Figueras y el macizo del Montgrí y edad de su formación*. Publ. Univ. De Barcelona. Tomo homenaje póstumo al Dr. F. Pardillo, 145-152.

TASSONE, A., ROCA, E., MUÑOZ J.A., CABRERA, L., CANALS, M. (1994). *Evolución del sector septentrional del margen continental catalán durante el Cenozoico*. Acta Geológica Hispànica, v.29 (1994), n.2-4, p. 3-37.

BLOC C: PAUTES DE GESTIÓ

UN PLA DE PROTECCIÓ DEL SUBSÒL DEL BAIX TER

Prefaci

Els Ajuntaments catalans, entre els quals s'inclouen els del Baix Ter, suporten la gran responsabilitat de l'ordenació urbanística i territorial local relativa a les noves formes d'ocupació del territori i a les noves activitats -Ja siguin en sòl urbà, urbanitzable o no urbanitzable- amb els seus potencials efectes sobre el medi hidrogeològic. Aquesta ordenació urbanística es troba subjecta a informes sectorials (Departament de Medi Ambient, Agència Catalana de l'Aigua, Comunitats d'Usuaris d'Aigües Subterrànies, ...) redactats en força casos amb un grau de coneixement del medi que no permet ser totalment concloent en la valoració dels efectes sobre la qualitat/quantitat de les aigües subterrànies, sovint principal font d'abastament municipal.

El treball de planificació urbanística basada en criteris aportats pel coneixement de les característiques del medi físic pot donar adequada solució als problemes que acaben afectant les aigües subterrànies, sempre que es tingui present la continuïtat física del medi hidrogeològic i la no-subjecció dels seus límits als límits administratius o de gestió a què estem acostumats; és a dir, que la realitat física imposa la necessitat de treballar a una escala supramunicipal.

L'enfocament supramunicipal dels treballs de planificació permet posar les bases per a un desenvolupament integrat i coherent de tot el territori, atenent a reptes comuns, problemàtiques i amenaces generals, oportunitats de transformació del territori, preservació conjunta de valors compartits i, en definitiva, planificació i gestió d'uns sistemes, unes funcions i un projecte territorial que han de tenir continuïtat en el futur amb la finalitat de respectar, protegir i contribuir a recuperar la qualitat del subsòl, i de les aigües subterrànies, en aquest cas, del Baix Ter. La planificació conjunta en un determinat àmbit supramunicipal permetria garantir el tractament homogeni d'una sèrie d'aspectes comuns que mereixen una atenció i una definició normativa unitària de caire urbanístic, però requeriria d'un coneixement expert del medi i d'un criteri per traslladar aquest coneixement expert a factors objectius que condicionin la nova ordenació.

Treballs conjunts encarats a la promoció econòmica, i de productes locals en territoris que no responen a una divisió administrativa concreta no són inhabituals per la seva immediatesa i facilitat de fer-se visible el seu potencial; ara bé, treballs de planificació territorial i urbanística en aquests mateixos àmbits geogràfics no corresponents a una divisió administrativa i promoguts des del territori són inexistents.

La necessitat de planificar amb criteris de medi físic i a escala supramunicipal és una realitat que posa sobre la taula els problemes relatius a la quantitat i la qualitat de les aigües subterrànies en molts llocs del país, i aquest és el motiu pel qual es fa una proposta de treballar per ordenar amb criteris hidrogeològics -amb forma d'un Pla de Protecció del Subsòl en una àrea on hi ha constància de problemàtiques diverses -el Baix Ter.

UN PLA DE PROTECCIÓ

DEL SUBSÒL DEL BAIX TER

Solà, J., Montaner, J., Bayés, C.

Geoservei, Projectes i Gestió Ambiental S.L.

Índex

1. INTRODUCCIÓ — 205

1.1. Antecedents — 205

1.2. Objectius — 206

2. METODOLOGIA — 207

3. CARACTERITZACIÓ DEL SUBSÒL DEL BAIX TER — 208

3.1. Geologia — 208

3.1.1. Situació geològica

3.1.2. Definició de les seqüències deposicionals que conformen el Fluviodeltaic del Baix Ter

3.1.3. Geometria de la massa 33

3.1.3.1. Paleogeografia basal i volumetria

3.1.3.2. Geometria de les seqüències deposicionals

3.2. Hidrogeologia — 211

3.2.1. Els aqüífers que conformen la massa 33: unitats de permeabilitat

3.2.2. Àrees de comportament hidràulic

3.2.3. Àrees de recàrrega prioritària

3.2.4. Les principals preexistències: els pous d'abastament municipal

3.2.5. Àrees de flux preferencial dels sistemes costaners

3.2.6. Relacions riu-aqüífer: piezometria de l'aqüífer lliure

3.2.7. Piezometria de l'aqüífer semiconfinat

4. MODEL DESITJABLE D'ÚS DE LES AIGÜES DEL BAIX TER — 216

Aigua AQÜÍFER LLIURE SUPERFICIAL

Aigua AQÜÍFER SEMICONFINAT

Aigua SUPERFICIAL

Aigua RESIDUAL DEPURADA

5. ZONIFICACIÓ PROPOSADA — 218

6. PROPOSTA DE BASE NORMATIVA — 219

Zona I. Aqüífer lliure de permeabilitat moderada

Zona II. Aqüífer lliure

Zona III. Aqüífer semiconfinat

Zona IV. Àrea de recàrrega prioritària

Zona V. Àrea de protecció de pous municipals

Zona VI. Àrea de flux preferencial dels sistemes costaners

Zona VII. Tram fluvial en règim d'influència

Resum ocupació/activitat vs admissibilitat

7. EL FUTUR DEL PLA DE PROTECCIÓ DEL SUBSÒL DEL BAIX TER PROPOSAT — 234

BIBLIOGRAFIA — 235

1. INTRODUCCIÓ

1.1. Antecedents

L'embrió de la proposta concreta de **Pla de Protecció del Subsòl del Baix Ter** ha partit de l'experiència de GEOSERVEI en establiment de criteris de gestió en base al medi físic, ha comptat amb el coneixement hidrogeològic de molt elevat grau de detall assolit en treballs de caracterització promoguts per l'AGÈNCIA CATALANA DE L'AIGUA i ha fructificat en el marc de l'Agenda 21 de vint-i-un dels municipis del Baix Ter; una Agenda 21 (1) promoguda per una majoria de municipis que ocupen a bastament la plana al·luvial del riu Ter, i d'altres que penetren cap a l'interior dels terraprims de l'Empordà i (2) concebuda i subvencionada, en un percentatge majoritari, pel servei de Medi Ambient i Territori de l'Àrea d'Acció Territorial de la DIPUTACIÓ DE GIRONA.

En aquest context, el present document pretén treballar en tot l'àmbit funcional del Baix Ter per, especialment, (1) aportar criteris tècnics que facilitin als gestors territorials la seva tasca i que, alhora, predibuixin el futur territorial amb criteris unitaris i (2) contenir les bases d'una proposta de base normativa per a la protecció del subsòl del Baix Ter. Més concretament, es recullen uns criteris d'ordenació per regular els usos i ocupacions amb efectes potencials sobre subsòl, i per tant sobre les aigües subterrànies, de l'àrea geogràfica del Baix Ter des d'un punt de vista territorial –amb les fortaleses i debilitats que aquest fet implica, i amb el risc consegüent sobre el seu grau d'acceptació i sobre la viabilitat de la seva aplicació.

Complementàriament (apartat 7), i en aquest marc d'elevada responsabilitat municipal, es recorden i posen de relleu aspectes de la legislació urbanística de Catalunya –Llei d'Urbanisme, Decret legislatiu 1/2005; i Reglament de la LLU, Decret 305/2006– que preveuen que els nous POUM puguin establir l' obligatorietat de redactar plans especials per a determinats usos, concretament l'article 39 de la LLU,

> *regula el règim urbanístic del subsòl amb l'objectiu de preservar-lo de riscos i protegir-ne els aqüífers,*

i el seu article 67b,

> *introdueix la possibilitat de redactar Plans Especials Urbanístics per motius diversos, entre els quals (1) protecció i millora dels espais fluvials, i (2)* ***ordenació del subsòl*** *si no és objecte d'una altra figura de planejament derivat.*

els quals permetrien l'aplicació pràctica de la proposta normativa que es desenvolupa. En el cas que s'arribés a la seva redacció i tramitació, aquests plans urbanístics podrien esdevenir una eina d'ordenació territorial innovadora atès que afectarien usos -en sòl no urbanitzable i sòl urbanitzable- i a noves formes d'ocupació urbanística -residencial i industrial.

La redacció d'un **Pla Especial** de Protecció del Subsòl del Baix Ter -inicialment d'interès, fins i tot, sense assolir rang urbanístic- encaixa plenament amb el programa de mesures de la Directiva Mac de l'Aigua (2000/60/CE) en el seu annex VI, part B, en el sentit que és un instrument que (1) promou bones pràctiques i que (2) incorpora mesures de protecció/recuperació del subsòl.

1.2. Objectius

L'objectiu pretès amb el pla de protecció del subsòl -en aportar una informació que permeti una acurada zonació- és el de proposar una base normativa sòlida i defensable per,

- ordenar els usos que puguin afectar el subsòl en qualsevol categoria de sòl urbà, urbanitzable i no urbanitzable,
- en un àmbit supramunicipal,
- amb criteris estrictes de medi físic, i
- amb l'objectiu de protegir, i també, recuperar el subsòl, i els aqüífers del Baix Ter.

L'assoliment dels objectius precedents ha requerit,

- identificar elements/àrees objecte de protecció,
- justificar la necessitat de la seva protecció, i
- proposar una base normativa com a mesura directa de protecció.

Imatge 1. *Visió aèria del tram final del Baix Ter al sector de l'Estartit, on els espais urbanitzats que afecten de forma quasi contínua la franja costanera conviuen amb el sòl no urbanitzable. L'ocupació urbanística, l'activitat agrícola, el turisme de platja i les àrees d'interès natural –algunes de les quals incloses al Parc Natural del Montgrí, les illes Medes i el Baix Ter– no sempre conviuen en harmonia com posa de manifest l'ocupació, per part de la urbanització dels Griells, de part de la platja de l'Estartit al sector central de la fotografia. (Foto: T. León).*

2. METODOLOGIA

El fil argumental que permet arribar, a partir d'una primera inquietud, a una proposta de regulació d'ocupació urbanística i d'usos en sòl no urbanitzable per protegir les aigües subterrànies del Baix Ter es recull en el següent esquema sintètic, el qual permet una visualització directa de l'estructura racional que s'ha seguit:

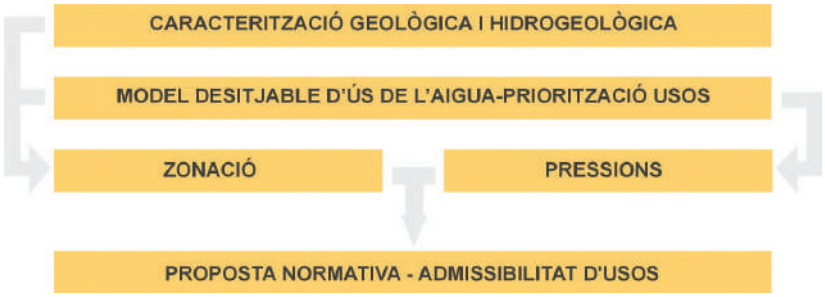


FIG 1. Esquema conceptual del Pla de Protecció proposat.

Tot seguit es recull de forma més precisa el contingut de cada apartat:

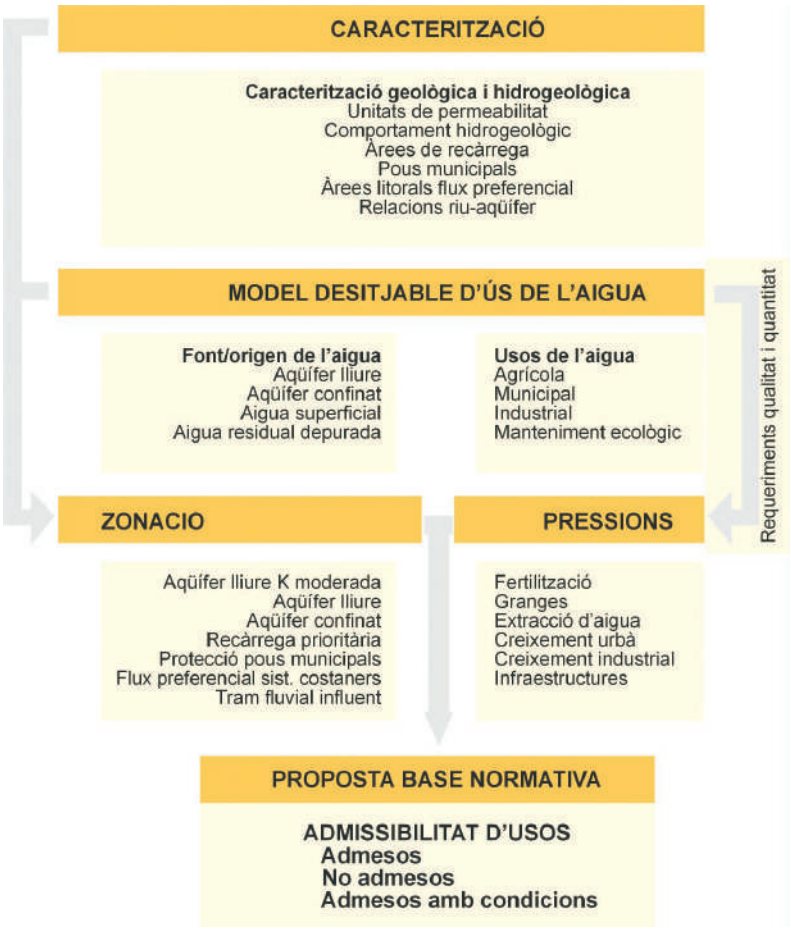


FIG 2. Esquema metodològic del Pla de Protecció proposat.

3. CARACTERÍSTIQUES DEL SUBSÒL DEL BAIX TER

3.1. Geologia

3.1.1. Situació geològica

Els municipis del Baix Ter es troben majoritàriament situats sobre la massa d'aigua subterrània 33 (vegeu *FIG. 12* "Caracterització del flux hidrològic a la plana litoral del Baix Ter"). El context geològic en què es troba situada la massa a l'àrea d'estudi permet diferenciar dos tipus d'unitats geomorfològiques:

- les unitats de substrat, que constitueixen els límits exterior i basal de la massa 33 on s'emmotllen les unitats al·luvials referides (vegeu "Caracterització del flux hidrològic a la plana litoral del Baix Ter"; *apartat 7.2.1*), i

- les unitats al·luvials de la plana del Baix Ter, la plana del Daró i Rissec, el corredor d'Albons fins a l'Escala i el corredor de Palafrugell (vegeu "Caracterització del flux hidrològic a la plana litoral del Baix Ter"; *apartat 7.2.2*).

Els límits S i W de la massa queden definits per les unitats de substrat de les Pregavarres, d'edat paleògena i neògena, i per les Gavarres, d'edat paleozoica. Al N, en el sector d'Empúries, la massa 33 limita amb la Massa 32 o Fluviodeltaic del Fluvià-Muga. A l'E, finalment, la plana al·luvial del Baix Ter limita amb el massís calcari del Montgrí, d'edat mesozoica, i amb el litoral de la badia de l'Estartit i de Pals. Estructuralment, els elements tectònics més característics dins l'àmbit geogràfic són,

- el sistema d'encavalcaments que constitueixen la unitat al·lòctona del Montgrí, i

- un sistema de falles normals, de direcció dominant NW-SE, originades per la tectònica distensiva que afectà la Mediterrània Occidental des de finals de l'oligocè fins a l'actualitat.

L'evolució sedimentària posterior a la fase distensiva va conduir al desenvolupament de diversos ventalls al·luvials i deltaics des del neogen fins al quaternari, els quals es van dipositar a la conca per l'acció dels dominis paleohidrogràfics dels rius Ter, Daró i Fluvià, en un ambient eminentment continental. Durant els diferents episodis de rebliment de la Depressió de l'Empordà, alguns d'aquests ventalls van evolucionar fins al litoral i propiciaren el seu trànsit i/o la seva progradació sobre sediments de transició continental - marí i/o marins d'edat neògena.

3.1.2. Definició de les seqüències deposicionals que conformen el Fluviodeltaic del Baix Ter

Els materials que conformen el Fluviodeltaic del Baix Ter s'han dipositat per l'avulsió i al·luvionament de materials procedents principalment del rius Ter i Daró, al llarg de dos períodes de temps compresos entre la part final del

plistocè superior i l'holocè. Cada un d'aquest dos períodes està representat per un cos sedimentari limitat per superfícies de discordança, que respon al funcionament d'una seqüència deposicional sedimentària regulada per un cicle d'oscil·lació baixada / pujada del nivell del mar. Cada una de les seqüències està constituïda per diversos sistemes deposicionals que inclouen les principals fàcies fluvials i de transició a medis litorals.

Les dues seqüències deposicionals definides en el Baix Ter (SQT2 i SQT1) (vegeu "Caracterització del flux hidrològic a la plana litoral del Baix Ter"; *apartat 7.2.2*) són correlacionables amb les unitats de terrassa al·luvial T2 i T1, reconegudes cartogràficament i mitjançant testificació de sondatges a la cubeta de Celrà i en el tram mig del riu. En el cas de la SQT1 també es diferencien els dipòsits progradants que tanquen el cicle de pujada i estabilització del nivell del mar, i que anomenem unitat progradant o PROG. En el perfil longitudinal de la (vegeu *FIG. 13* "Caracterització del flux hidrològic a la plana litoral del Baix Ter") s'indica la disposició espacial de les dues seqüències deposicionals (SQT2 i SQT1), i també queda diferenciada la situació i disposició del cicle progradant (PROG) que rebleix la unitat SQT1.

3.1.3. Geometria de la massa 33

La definició de l'arquitectura interna del rebliment de la plana és el primer pas per a la seva correcta comprensió, interpretació amb criteris d'hidrologia subterrània (és a dir, traspàs a concepte de massa d'aigua subterrània) i zonació.

3.1.3.1. Paleogeografia basal i volumetria

Treballs d'anàlisi estratigràfica efectuats en el marc del present treball i d'altres previs a l'àrea geogràfica del projecte han posat a la seva disposició suficient informació per a poder definir la geometria del límits, la paleomorfologia de les superfícies de discordança i el volum de cada una de les seqüències deposicionals que formen el Fluviodeltaic del Baix Ter.

La paleomorfologia basal de la massa 33 queda representada a partir de la disposició espacial en tres dimensions de la base de la seqüència SQT2. Els aspectes més singulars d'aquesta paleomorfologia són la forma i l' orientació dels paleoeixos fluvials, especialment,

- existència inicial d'un eix principal del Ter, orientat W/E des de la cubeta de Celrà fins al sector central de la plana. Des d'aquest punt central, a l'alçada de Canet de Verges, s'interpreta que la paleollera del Ter s'unia a la del Daró, procedent del S, i que ambdues seguien una direcció N dominant fins a acabar incidint-se en la paleovall de l'Escala, lloc on actualment desaigua el rec del Molí. La continuació mar endins d'aquesta paleogeometria fluvial s'interpreta que podria haver enllaçat morfològicament amb el canó submarí de l'Escala, descrit a GOT (1973),

- sembla plausible la possibilitat que la paleollera existent en el tram Gualta - la gola del Ter es pugui atribuir a una antiga paleomorfologia torrencial inicialment independent de l' orientació cap al N dels rius Ter i Daró.

Posteriorment, com a conseqüència d'un fenomen de captura, l'eix del Ter i el Daró podria haver quedat reorientat en direcció E. També s'interpreta que la continuació mar endins d'aquesta paleogeometria fluvial podria haver enllaçat morfològicament amb el canó submarí de la Fonera, descrit per GOT (1973) davant el cap de Begur, i

- remarcar la independència hidromorfològica que presenta el paleoeix de la riera de Pals (durant l'edat T2) respecte de la paleomorfologia principal del Ter, atès que haurien confluït més a l'E, en el lloc actualment ocupat pel mar.

3.1.3.2. Geometria de les seqüències deposicionals

Els treballs hidrogeològics de detall han permès conèixer la geometria de les dues seqüències deposicionals correlacionables amb les terrasses T1 i T2.

3.1.3.2.1.Geometria basal de la SQT2

L'escenari paleogeogràfic de la base de la massa 33 coincideix, en la seva major extensió, amb la paleosuperfície de la base de la SQT2, malgrat que això no és així en el sector del Ter Vell, a l'Estartit, ni en el sector de Sobrestany, llocs on la paleomorfologia basal de la massa es correspon cronològicament i geomètricament amb la superfície erosiva de la SQT1. Tampoc és el cas en el sector comprès entre l'Escala, Viladamat i Empúries, on la base de la massa coincideix amb el sostre transgressiu de la SQT1.

3.1.3.2.2.Geometria basal de la SQT1

A diferència de la SQT2, l'escenari paleogeogràfic de la base de la SQT1 presenta una morfologia de menys incisió fluvial sobre el substrat, fet indicatiu d'una progressiva pèrdua de potencial erosiu dels rius Ter i Daró respecte de l'anterior etapa de baixada del nivell del mar.

L'estadi paleogeogràfic que defineix aquesta paleomorfologia basal de la SQT1 es caracteritza per una dinàmica fluvial tipus trenat, que va alternant l' orientació de l'eix fluvial del Ter, en direcció E a l'Estartit, o N a l'Escala, a mesura que s'anaven succeint també les freqüències del procés d'erosió / sedimentació fluvial d'aquest cicle.

3.1.3.2.3.Geometria basal de la unitat progradant

La seqüència deposicional SQT1 culmina amb una etapa progradant representada per la unitat PROG. La construcció d'aquesta unitat progradant es produeix a partir d'una dinàmica fluvial de menor potencial erosiu, de tipus meandriforme , que deposicionalment és transicional als ambients maresmals que s'instauren a la zona litoral, i també als ambients restringits propis de les zones marginals de la plana (estanys d'Ullastret, Pals, Boada i Sobrestany).

Aquesta unitat progradant és la que té més a veure amb el règim hidrogeològic de les àrees més properes a la costa (zones humides del Baix Ter).

3.2. Hidrogeologia

La traducció del model geològic conceptual anterior, basat en criteris d'estratigrafia seqüencial, al model hidrogeològic de la massa 33 és la base de la posterior zonació de la plana del Baix Ter. El capítol d'hidrogeologia es divideix en els 6 apartats següents:

- Unitats de permeabilitat
- Àrees de comportament hidrogeològic (vegeu *FIGs. 3, 4 i 5*)
- Àrees de recàrrega prioritària (vegeu *FIG. 6*)
- Preexistències: àrees amb pous municipals (vegeu *FIG. 7*)
- Àrees de flux preferencial a la base de les unitats progradants (vegeu *FIG. 8*)
- Relació riu Ter-aqüífer (vegeu *FIG. 9*)

Tot i que mantenir/recuperar la qualitat de l'aigua subterrània és clau en el present Pla, no s'inclou un apartat de caracterització hidroquímica atès que (1) la qualitat natural de l'aigua subterrània -en tant que característica inherent del medi- no es pot traduir a criteris de gestió urbanística, i que (2) la qualitat antròpica -entesa com a paràmetres d'afecció de la seva qualitat- no és una característica fixa (inherent) sinó variable, de forma que -a banda de determinar prioritats d'actuació- tampoc podria aportar un criteri d'ordenació permanent.

3.2.1. Els aqüífers que conformen la massa 33: unitats de permeabilitat

La principal característica de cada una de les seqüències deposicionals sedimentàries reconegudes en el Fluviodeltaic del Baix Ter és la seva evolució vertical transicional des de sediments de mida de gra groller (graves i graves amb sorres) a sediments de gra fi (sorres, llims i fangs), que formen un cicle granodecreixent des de la base al sostre de cada seqüència. Aquesta evolució sedimentària vertical és similar a l'evolució espacial en sentit proximal - distal.

El coneixement de l' organització vertical i proximal-distal dels sediments al·luvials permet assignar per a cada agrupació litoestratigràfica un determinat rang -de major a menor- de permeabilitat, i posteriorment definir i cartografiar uns límits per a cada una de les unitats de permeabilitat (vegeu "Caracterització del flux hidrològic a la plana litoral del Baix Ter"; *apartat 7.4).*

En el sector del Baix Ter s'han diferenciat 8 unitats principals de permeabilitat corresponents a

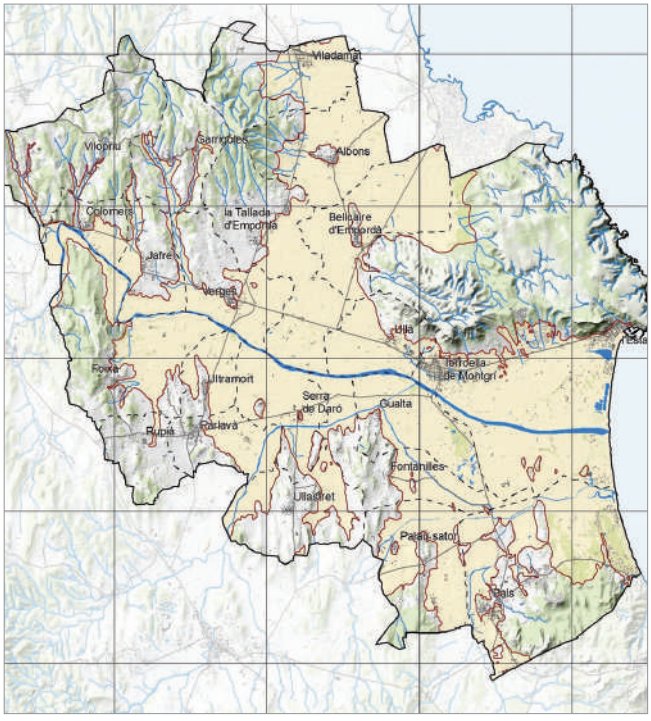


FIG. 3. *Delimitació geogràfica de l'àrea de treball (línia negra) i de l'àmbit del Baix Ter inclòs dins el límit geològic de la massa d'aigua subterrània 33 (polígon limitat per la línia vermella i fons de color beix) respecte del substrat terciari o secundari subjacents.*

SEQÜÈNCIES DEPOSICIONALS		UNITATS PERMEABILITAT	APARTAT DESCRIPTIU
SQT1	PROG	PROGk2	7.4.5
		PROGk1	
	SQT1	T1K0	7.4.4
		T1k2	7.4.3
		T1k1	
SQT2		T2k0	7.4.2
		T2k2	7.4.1
		T2k1	

Taula 1. *Taula-clau per a la descripció detallada de les unitats de permeabilitat.*

les 2 seqüències deposicionals descrites. A la *taula 1*, es llisten aquestes unitats de permeabilitat i es relacionen amb els apartats del capítol de "Caracterització del flux hidrològic de la plana litoral del Baix Ter" on es descriuen amb detall les seves característiques.

A efectes de simplificar l'anàlisi hidrogeològica i la cartografia per a la zonació del Baix Ter, les unitats de permeabilitat T2k1 i T2k2 d'una banda, i T1k1 i T1k2 de l'altra, s'han tractat com a dues úniques unitats anomenades: T2k1k2 i T1k1k2.

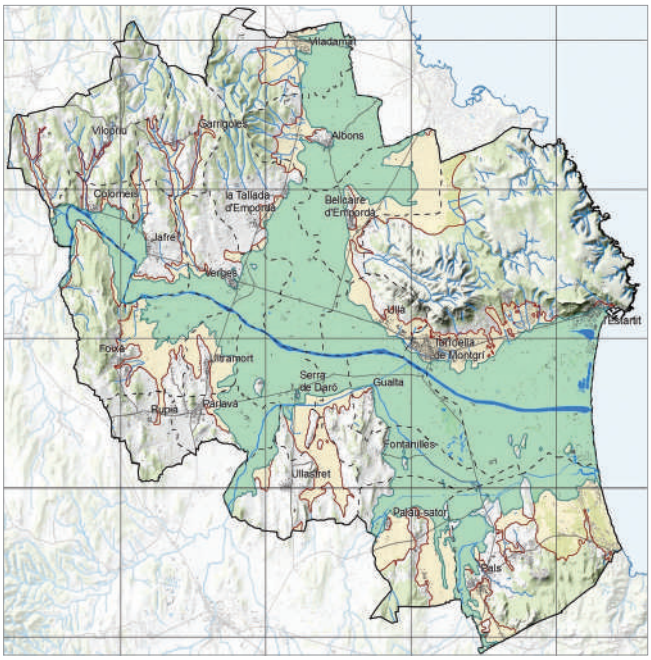


FIG. 4. *Delimitació de l'àmbit del Baix Ter caracteritzat per la presència d'un aqüífer de comportament lliure (en color blau/verd) i d'aqüífer lliure amb moderada permeabilitat (color beix).*

3.2.2. Àrees de comportament hidràulic

Les relacions geomètriques espacials que s'estableixen entre les diverses unitats de permeabilitat condicionen una determinada distribució espacial del seu comportament hidràulic. L'estudi d'aquestes relacions permet establir una delimitació d'àmbits de comportament hidràulic en base a tres tipologies (vegeu "Caracterització del flux hidrològic a la plana litoral del Baix Ter"; *apartat 7.5 i taula 11):*

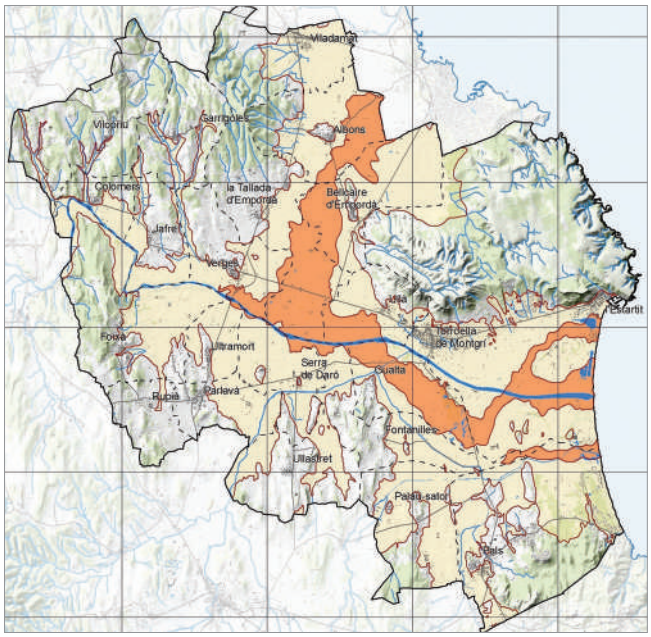


FIG. 5. *Delimitació, en color taronja, de l'àmbit del Baix Ter caracteritzat per la presència d'un aqüífer amb comportament semiconfinat.*

- un àmbit de tipologia lliure de moderada permeabilitat, que s'estén en una àrea perimetral compresa entre el límit de la massa 33 (grafiat a la *FIG. 3)* i l'àrea interior de ple domini del comportament lliure *(FIG. 4)*,
- un àmbit de tipologia lliure *(FIG. 4)*, i
- un àmbit de comportament semiconfinat, que s'estén segons la delimitació que s'indica a la *FIG.5.*

3.2.3. Àrees de recàrrega prioritària

A l'àrea de l'entrada a la plana, les unitats de permeabilitat T2k1k2 i T1k1k2 (1) es troben físicament en contacte i, a més, (2) es troben aflorant en superfície *(FIG. 6)*. D'aquesta forma la principal i més important recàrrega del sistema del Baix Ter es produeix en aquest sector, molt especialment la recàrrega de l'aqüífer semiconfinat, que més aigües avall es troba aïllat dels nivells d'elevada permeabilitat de la terrassa 1 per la unitat de baixa permeabilitat T2k0.

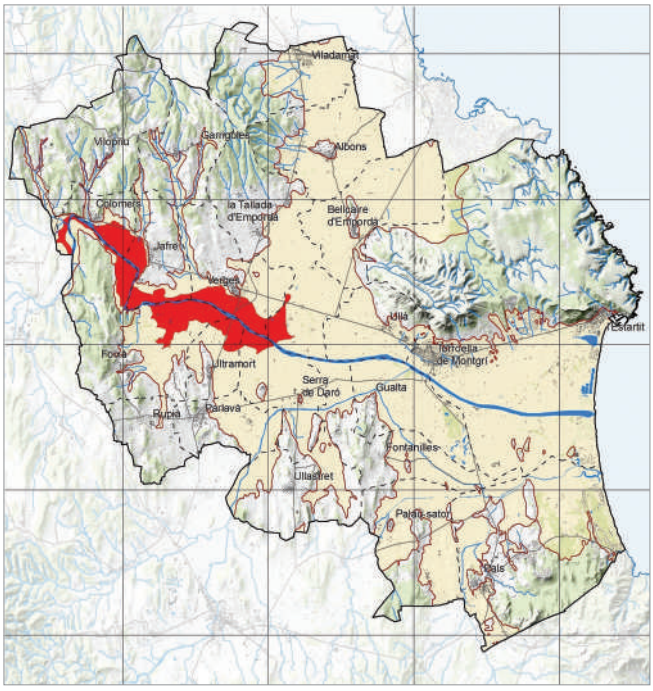


FIG. 6. *Delimitació, en color vermell, de l'àmbit del Baix Ter en què es troben en contacte les unitats permeables PROGk1k2, T1k1k2 i T2k1k2, de forma que queda definida l'àrea de recàrrega prioritària de l'aqüífer profund de comportament semiconfinat.*

3.2.4. Les principals preexistències: els pous d'abastament municipal

En un treball de caracterització com l'actual no es pot obviar que el medi ja es troba afectat per l'explotació antròpica de forma que les principals àrees d'extracció d'aigua per abastament municipal formen part del medi tant com els diferents nivells geològics reconeguts i que aquests s'han de tenir en compte a l'hora de zonificar el territori i de regular-ne els usos i ocupacions *(FIG. 7)* amb l'objectiu de protegir l'aigua que aprofiten.

Respecte dels pous de proveïment municipal destaquen els actius (60) i els inactius (33) dins la totalitat de la massa. Els actius que es troben dins les unitats de permeabilitat al·luvials sumen un total de 52 punts

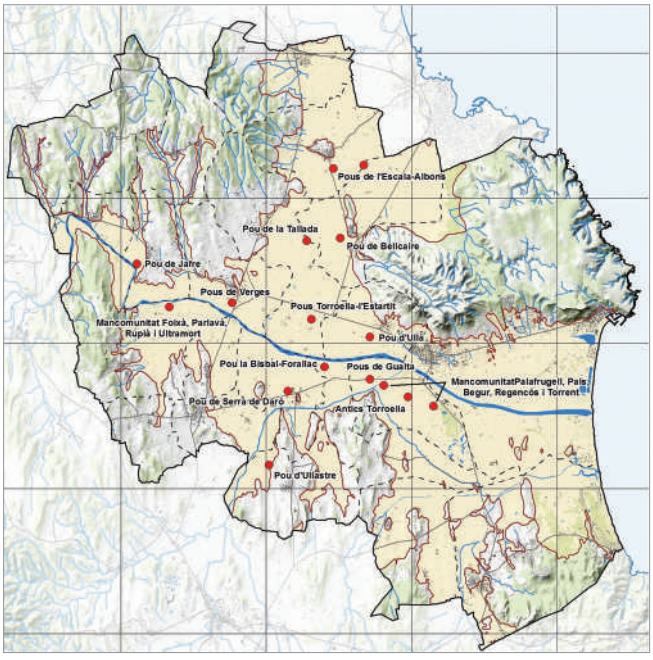


FIG. 7. *Ubicació dels pous d'abastament municipal.*

- 24 pous exploten l'aqüífer lliure,
- 21 pous exploten l'aqüífer semiconfinat, i
- 7 pous exploten àrees més marginals de l'aqüífer,

mentre que la resta són pous que es troben físicament dins del contorn de la massa 33 però que exploten les unitats de substrat.

Aquesta preexistència -agrupada allà on és possible en forma de centre d'extracció- es tindrà especialment en compte en la zonació i en la proposta de base normativa *(FIG. 11).*

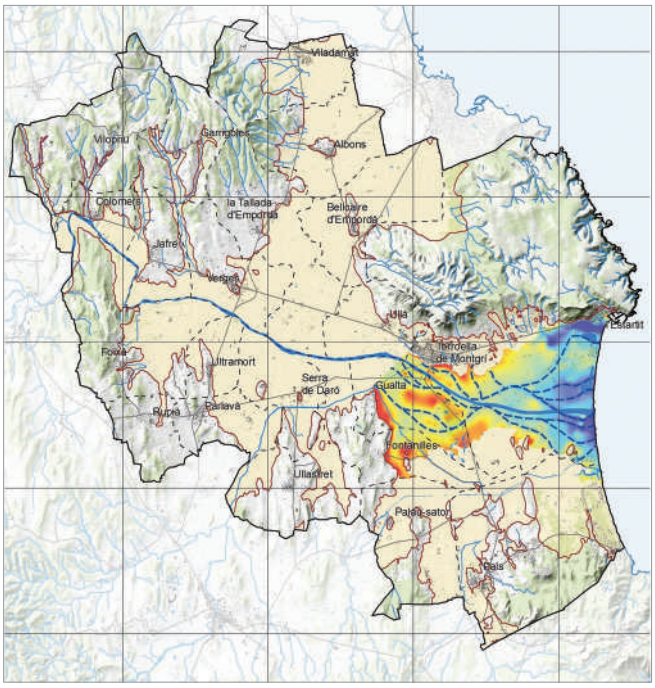


FIG. 8. *Delimitació del sistema progradant i representació de les seves paleovalls principals en el sector més distal de la plana litoral del Baix Ter.*

3.2.5. Àrees de flux preferencial dels sistemes costaners

Les úniques aigües subterrànies que tenen una relació directa amb el sistema de zones humides costaneres són les més superficials relacionades amb els sediments del sistema progradant de la seqüència SQT1 (PROGk1 i PROGk2) (*FIG. 8*, de visió de la paleomorfologia de la base del sistema progradant).

Per la seva contribució directa al manteniment d'aigua en superfície, el sector en què els paleo-canals són especialment presents es té en compte en la zonació proposada.

3.2.6. Relacions riu-aqüífer: piezometria de l'aqüífer lliure

La interpretació de la piezometria (vegeu "Caracterització del flux hidrològic a la plana litoral del Baix Ter"; *apartats 7.6.3.1 i 7.6.3.2, i FIG. 26)* de l'àmbit de tipologia lliure permet fer les següents consideracions respecte a la relació aigua superficial-aigua subterrània o riu-aqüífer.

- aigües avall del congost de Sobrànigues àmbit occidental fora de zona de treball, el riu és influent fins passat el congost de l'Illa d'Avall, entre Foixà entre Foixà i Verges. Aquest sector és la principal àrea de recàrrega de tot el sistema fluviodeltaic del Baix Ter, tant pel que respecta a l'àmbit de tipologia lliure -a través del riu- com el de tipologia semiconfinada *(FIG. 5)* a través dels nivells lliure superficials;

- entre Verges i Serra de Daró, el riu presenta un comportament dominant d'efluència,

- entre Serra de Daró i Ullà (estret Gualta-Torroella) el comportament dominant torna a ser d'influència -ara ja aigües avall de la zona de recàrrega de l'aqüífer profund, i

- a partir de l'estret Gualta-Torroella, s'inicia novament una relació riu-aqüífer de caràcter efluent, que es manté fins a la gola del Ter. Aquesta efluència està en gran part condicionada pel comportament d'estuari del riu en aquest darrer tram del riu.

El coneixement d'aquestes relacions riu-aqüífer *(FIG. 9)* és especialment important quan es té en compte la qualitat de l'aigua que arriba a recarregar l'aqüífer profund.

FIG. 9. *Representació, en color verd, dels dos trams del riu Ter on domina, al llarg de l'any, el règim d'influència: sectors Colomers-Jafre a l'W i Serra de Daró - Ullà a l'E.*

3.2.7. Piezometria de l'aqüífer semiconfinat

La piezometria de l'àmbit de tipologia semiconfinada no aporta criteris directes a la zonació del territori, però tindrà especial interès a l'hora de condicionar la gestió territorial que -portada a terme per part dels municipis- impliqui augmentar les extraccions de la unitat T2k1k2 atesa,

- l'existència d'un important camp de bombeig en el sector de Gualta com a conseqüència de les extraccions de les captacions de proveïment municipal de la Mancomunitat de Palafrugell, Pals, Begur, Regencós i Torrent, i

- l'existència d'altres cons de bombament de les captacions de Torroella de Montgrí-l'Estartit en el sector del pla de Canet, i les de l'Escala en el sector nord-est d'Albons.

Aquestes preexistències impliquen que la gestió de les aigües subterrànies per part de l'Agència Catalana de l'Aigua haurà de ser -respecte a noves extraccions d'aigua en l'aqüífer semiconfinat- molt acurada.

4. MODEL DESITJABLE D'ÚS DE LES AIGÜES DEL BAIX TER

Disposar de la caracterització detallada dels principals paràmetres hidrogeològics del subsòl és el primer i necessari pas per a la correcta zonació del territori. Aquesta zonació, malgrat tot, no és factible ni funcional sense un principi de partida clau, estratègic, la decisió del model desitjable d'ús de l'aigua o priorització d'usos *(FIG. 10)* en relació a,

- la procedència del recurs,
- les pressions específiques a què esta sotmès, i
- als requeriments qualitatius i quantitatius dels principals usos hídrics.

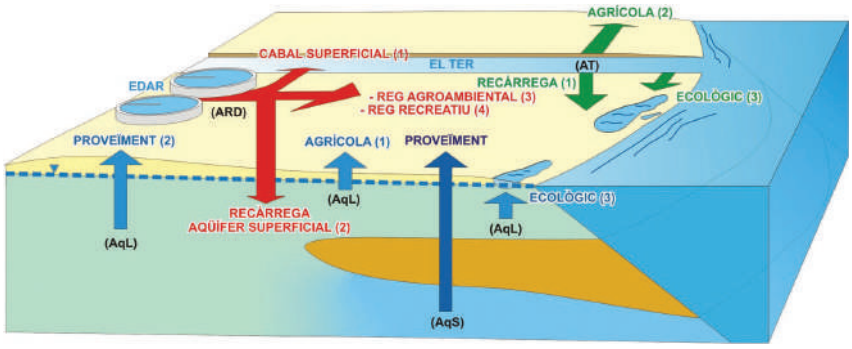


FIG. 10. *Bloc diagrama representatiu de la priorització d'usos proposada per la gestió integral de l'aigua del Baix Ter. La xifra que figura entre parèntesi al costat de cada ús representa la prioritat d'ús per a aquella procedència del recurs hídric. Claus: AqS: aqüífer superficial lliure; AqP: aqüífer profund semiconfinat; ARD: aigua residual depurada; AT: aigua superficial del riu Ter.*

Malgrat que l'objectiu pretès mitjançant el present document sigui el de la protecció de les aigües subterrànies és necessari tenir en compte les aigües superficials del Ter i les aigües depurades de les diferents EDAR's del territori en la determinació de l'ús desitjable, atesa la seva actual i futura especial contribució en el cicle integral de l'aigua en el Baix Ter i encara que el marge d'intervenció municipal sigui aquí més aviat baix.

Imatge 2. *Visió de la nova carretera C-31, un exemple d'infraestructura (1) amb un fort impacte sobre el territori i respecte la qual la capacitat d'incidència municipal en ordenació i gestió territorial ha estat baixa -tot i que es proposa es pugui tenir en compte en el Pla de Protecció-, i d'infraestructura (2) imposada, amb utilitat a escala supracomarcal que justificaria repensar usos i activitats contemplant mecanismes de compensació territorial. (Foto. J. Sabater).*

Aigua AQUÍFER LLIURE SUPERFICIAL

Prioritització d'usos:

- agrícola
- proveïment municipal / industrial (allà on no hi ha aqüífer profund diferenciat)
- manteniment ecològic (Aiguamolls del Baix Ter-Parc Natural del Montgrí, les illes Medes i el Baix Ter)

Pressió/nivell de pressió que compromet l'ús agrícola:

- fertilització agrícola / baix
- granges / baix
- extracció d'aigua / moderat
- extracció d'àrids / moderat-alt
- creixement urbà / moderat
- creixement industrial / moderat
- infraestructures / baix

Pressió/nivell de pressió que compromet l'ús de proveïment:

- fertilització agrícola / alt
- granges / alt
- extracció d'aigua / alt
- extracció d'àrids / moderat-alt
- creixement urbà / moderat
- creixement industrial / moderat
- infraestructures / baix

Pressió/nivell de pressió que compromet l'ús de manteniment ecològic:

- fertilització agrícola / alt
- granges / alt
- extracció d'aigua / alt
- extracció d'àrids / alt
- creixement urbà / alt
- creixement industrial / alt
- infraestructures / moderat

Aigua AQUÍFER SEMICONFINAT

Prioritització d'usos:

- proveïment municipal/industrial

Pressió/nivell de pressió que compromet l'ús de proveïment:

- fertilització agrícola / moderat-baix
- granges / moderat-baix
- extracció d'aigua / alt
- extracció d'àrids / moderat
- creixement urbà / moderat
- creixement industrial / moderat
- infraestructures / baix

Aigua SUPERFICIAL

Prioritització d'usos:

- recàrrega d'aqüífer superficial
- agrícola
- manteniment ecològic (Aiguamolls del Baix Ter-Parc Natural del Montgrí, les illes Medes i el Baix Ter)

Aigua RESIDUAL DEPURADA

Prioritització d'usos:

- contribució cabal manteniment
- recàrrega d'aqüífer superficial
- usos agroambientals (reg arròs, pollancredes, ...)
- usos reg lúdic (golf, ...)

5. ZONIFICACIÓ PROPOSADA

Atenent als paràmetres de caracterització hidro-geològica utilitzats i al model desitjable d'usos de l'aigua, i després de creuar mitjançant un programari SIG els nivells d'informació treballats, el territori dels 21 municipis del Baix Ter s'ha subdividit en les següents 7 zones de gestió *(FIG. 11):*

Zona 1. Aqüífer lliure de moderada permeabilitat

Zona 2. Aqüífer lliure

Zona 3. Aqüífer semiconfinat

Zona 4. Àrea de recàrrega prioritària

Zona 5. Àrea de protecció dels pous municipals

Zona 6. Àrea de flux preferencial dels sistemes costaners

Zona 7. Tram fluvial en règim d'influència

Per a cada una de les zones es proposen els nivells, les possibilitats i els criteris d'ordenació de les futures intervencions urbanístiques i dels futurs possibles usos del sòl que haurien de seguir els gestors municipals.

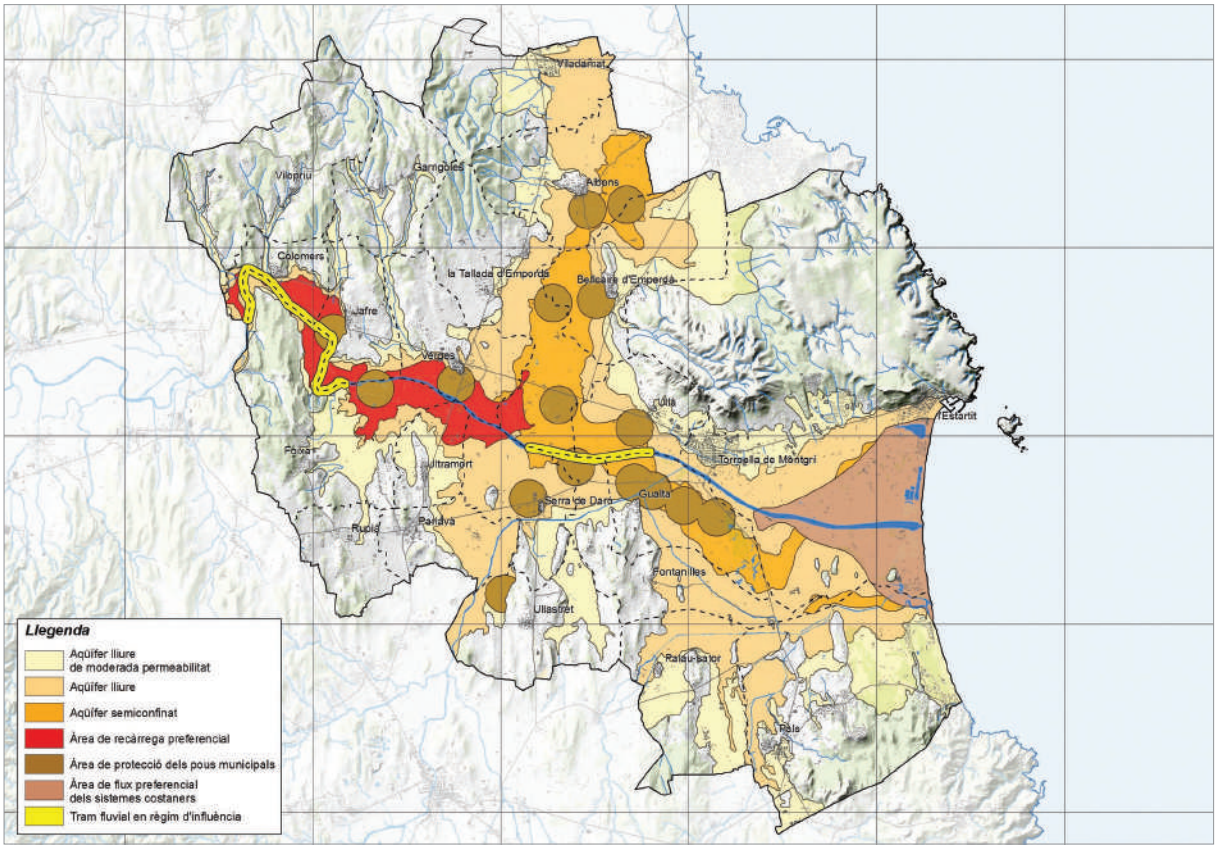


FIG.11. *Plànol de zonificació del Baix Ter, d'acord amb les 7 zones diferenciades, per l'ordenació i gestió dels usos en el territori amb criteris geològics-hidrogeològics.*

6. PROPOSTA DE BASE NORMATIVA

En primer lloc, s'ha dut a terme la tasca de determinar, en una llista, aquelles ocupacions i aquells usos que poden tenir efectes sobre el subsòl i el medi hidrogeològic i que han de ser tingudes en compte en la proposta normativa del Pla de Protecció del Subsòl:

- noves ocupacions urbanístiques (pas de SNUble a SUble), i
- nous usos/activitats en SU i SUble, i
- nous usos en SNU.

Aquests llista pot veure's afectada, en el futur, per nous usos/activitats malgrat que s'ha intentat que quedin recollits tots aquells que poden arribar a ser lesius per al medi.

En segon lloc cal tenir consciència de les notables limitacions que tenen els municipis a la seva capacitat per regular urbanísticament els seus territoris, atès que existeixen normatives de rang superior que poden impedir o condicionar ja prèviament determinades ocupacions i/o activitats.

- Pla Director Territorial de l'Empordà: PDT Empordà.
- Pla Director del Sistema Costaner: PDUSC.
- Planejament urbanístic municipal vigent: PUM.
- Futur Pla Especial del Parc Natural del Montgrí, les illes Medes i el Baix Ter.
- Normatives sectorials específiques

En tercer lloc, també cal tenir molt en compte que existeixen, o bé existiran, figures genèriques de protecció -a redactar per les administracions responsables corresponents, entre les quals figuren els mateixos ajuntaments- de forma que abans d'avaluar una activitat a través del pla aquestes normes incidiran sobre la seva inadmissibilitat o admissibilitat amb condicions de determinades ocupacions/usos del sòl en el territori treballat:

- plans d'ordenació de les extraccions d'aigües subterrànies (POE),
- plans de gestió de la fertilització (PF),
- plans d'ordenació de les extraccions d'àrids (POEàrids), o
- perímetres de protecció de pous municipals (PP).

Amb aquests antecedents pot donar-se el cas que activitats o ocupacions concretes no es puguin dur a terme en certs sectors dels municipis afectats amb motiu que el marc normatiu exposat no les permeti.

	OCUPACIÓ/ACTIVITAT
Nova ocupació de sòl urbanitzable	
1	Ocupació urbanística residencial
2	Ocupació urbanística industrial
3	Infraestructures viàries
Nova activitat sobre sòl no urbanitzable	
4	Extracció d'aigua
5	Fertilització
6	Ramaderia intensiva
7	Cooperativa agrària
8	Extracció d'àrids
9	Circuit/pista vehicles a motor
10	Parc aquàtic/temàtic
11	Estació de servei
12	Aparcament de camions
13	Abocador de RSU
14	Abocador runes
15	Planta de purins
16	Planta de compostatge
17	Nuclis zoològics

Taula 2. *Relació d'usos/activitats regulats en el present Pla de Protecció del Subsòl del Baix Ter.*

Un cop una activitat o una ocupació pot superar la legislació de rang superior passa a poder ser considerada en el marc del Pla de Protecció. La proposta Pla de Protecció només té raó de ser a partir (1) de la consciència que es regula amb un objectiu que, tot i ser molt important, és únic -la protecció del subsòl-, i que (2) exclusivament es regula amb una visió territorial, de forma que no es té en compte, ni s'avalua, que hi ha municipis que per la zonificació proposada resultaran més limitats que d'altres.

Treballs addicionals als proposats poden permetre estudiar i preveure mecanismes de compensació econòmica -o altra- que resolguin el desequilibri generat entre municipis en raó de la seva major o menor limitació a l'admissibilitat d'usos.

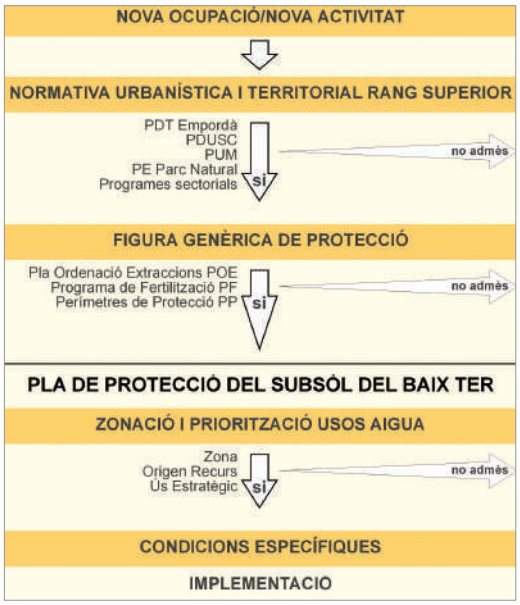


FIG.12. *Esquema d'aplicació del present Pla de Protecció del Subsòl del Baix Ter.*

Per facilitar la comprensió del Pla, la regulació es recull a través de taules per a cada una de les zones definides -concloent en una taula sintètica final única- mentre que l'admissibilitat dels usos es qualifica de la següent forma:

ÚS NO ADMÈS: simplement es grafia no.

ÚS ADMÈS AMB CONDICIONS: es grafia Sí. Condicionat; quan un pla o programa tingui una especial incidència en l'ús avaluat, el seu nom es pot recollir a continuació de la paraula Condicionat (p.e. Sí. Condicionat. POE).

ÚS ADMÈS: es grafia Sí, seguit d'aquella norma o programa d'incidència més acusada; quan el marc legislatiu condicionant sigui bàsicament la Llei d'urbanisme o el planejament urbanístic municipal, únicament es grafien els seu acrònims (LU/PUM).

Les infraestructures viàries s'han inclòs en la llista d'ocupacions i activitats més com a fórmula de recordatori que per cap altre motiu atès que, donat el seu caràcter d'ordenació territorial a escala general, no es regulen en aquest Pla i es deixen en mans de la legislació que els és específica, especialment la d'avaluació de l'impacte ambiental de projectes amb les corresponents avaluacions d'alternatives d'emplaçament/de traçat/de construcció.

Zona I. Aqüífer lliure de permeabilitat moderada

Característiques

- *Àmbit geogràfic:* Àrea compresa entre el contorn exterior de la massa d'aigua subterrània 33 i el contorn exterior de l'àrea zonificada com de comportament d'aqüífer lliure. Es tracta d'una àrea amb sediments al·luvials de moderada permeabilitat (inferior a la de la unitat T1k1k2) i comportament d'aqüífer lliure, disposada formant una franja perifèrica que coincideix amb la part més exterior de la massa 33 a la plana litoral del Baix Ter.
- *Principals usos actuals de l'aigua subterrània:* l'ús majoritari de l'aigua explotada és agrícola.
- *Priorització d'usos de l'aigua:* agrícola, proveïment municipal, industrial i usos ecològics pràcticament inexistents.

Proposta de regulació

Usos admesos, no admesos i admesos amb condicions específiques

OCUPACIÓ/ACTIVITAT		ADMISSIBILITAT D'USOS
Nova ocupació de sòl urbanitzable		
1	Ocupació urbanística residencial	Sí. POE
2	Ocupació urbanística industrial	Sí. POE
3	Infraestructures viàries	-
Nova activitat sobre sòl no urbanitzable		
4	Extracció d'aigua	Sí. POE
5	Fertilització	Sí. PF
6	Ramaderia intensiva	LU/PUM
7	Cooperativa agrària	LU/PUM
8	Extracció d'àrids	Sí. POE
9	Circuit/pista vehicles a motor	LU/PUM
10	Parc aquàtic/temàtic	LU/PUM
11	Estació de servei	LU/PUM
12	Aparcament de camions	LU/PUM
13	Abocador de RSU	No
14	Abocador runes	No
15	Planta de purins	Sí. Condicionat
16	Planta de compostatge	Sí. Condicionat
17	Nuclis zoològics	LU/PUM

Condicions específiques d'ús

(15) i (16) Condicionants de les noves plantes de purins i de compostatge

Per a determinar la seva admissibilitat, les plantes de purins i de compostatge hauran de justificar de forma fefaent la inexistència d'alternativa d'emplaçament en l'àmbit supramunicipal i fora del contorn de la massa d'aigua subterrània 33.

Zona II. Aqüífer lliure

Característiques

- *Àmbit geogràfic:* Àrea en la qual existeix la unitat T1k1k2 en el subsòl (podent-se trobar en continuïtat física amb la unitat T2k1k2) amb un comportament d'aqüífer lliure.
- *Principals usos actuals de l'aigua subterrània:* l'ús majoritari de l'aigua explotada és agrícola; l'aqüífer lliure abasta Foixà, Serra de Daró i Ullastret.
- *Priorització d'usos de l'aigua:* agrícola; proveïment municipal en àrees molt específiques altrament protegides per la zona de protecció de pous municipals.

Proposta de regulació

Usos admesos, no admesos i admesos amb condicions específiques

OCUPACIÓ/ACTIVITAT		ADMISSIBILITAT D'USOS
Nova ocupació de sòl urbanitzable		
1	Ocupació urbanística residencial	Sí. POE
2	Ocupació urbanística industrial	Sí. Condicionada
3	Infraestructures viàries	-
Nova activitat sobre sòl no urbanitzable		
4	Extracció d'aigua	Sí. POE
5	Fertilització	Sí. PF
6	Ramaderia intensiva	Sí. Condicionada
7	Cooperativa agrària	LU/PUM
8	Extracció d'àrids	Sí. POE
9	Circuit/pista vehicles a motor	LU/PUM
10	Parc aquàtic/temàtic	LU/PUM
11	Estació de servei	LU/PUM
12	Aparcament de camions	LU/PUM
13	Abocador de RSU	No
14	Abocador runes	No
15	Planta de purins	No
16	Planta de compostatge	No
17	Nuclis zoològics	LU/PUM

Condicions específiques d'ús

(2) Condicions de les noves ocupacions urbanístiques industrials

Qualsevol nova ocupació destinada a usos industrials haurà de ser objecte d'un estudi hidrogeològic local de detall que concreti l'escenari hidrogeològic de l'emplaçament i confirmi el grau específic de la vulnerabilitat del medi.

Un cop concretat l'abast precís de la vulnerabilitat -genèricament qualificada com a alta- del medi hidrogeològic, s'establiran una sèrie de consideracions urbanístiques i tècniques a tenir en compte a l'hora d'admetre la presència d'activitats industrials. En aquest sentit, caldria tenir present que la perillositat de l'activitat i la vulnerabilitat del medi esdevindran conjuntament factors de risc d'afectació del sistema hidrogeològic, i per això es requeriran una sèrie de mesures de (1) prevenció, de (2) protecció i de (3) control que incidiran en cadascun dels dos factors i serviran per minimitzar la seva contribució al risc d'afectació del medi.

Les mesures de **prevenció** fan referència a opcions d'ordenació interna dels usos sobre un medi vulnerable i, en canvi, les mesures de **protecció i control** fan referència a actuacions específiques sobre el desenvolupament de l'activitat industrial amb l'objectiu de protegir i controlar la qualitat del medi.

En aquest marc, doncs, les compatibilitats i condicions d'ús plantejades per a la zona qualificada com aqüífer lliure són les següents:

De forma general **no són admeses les activitats** que estableix l'annex I del Reial decret 9/2005, de 14 de gener, pel qual s'estableix la relació d'activitats **potencialment contaminants del sòl** i els criteris i estàndards per a la declaració de sòls contaminants. Aquestes activitats **només podran ser admeses** en el marc de nou sòl urbanitzable industrial d'acord **amb un estudi hidrogeològic de detall** i en funció de la perillositat de la mateixa activitat industrial, i estaran subjectes a les mesures que especificarà el mateix estudi.

En el cas d'admissió d'aquestes activitats de perillositat alta, o sigui, les que estan incloses al Reial decret 9/2005, s'hauran d'aplicar les següents mesures:

Mesures de prevenció dins el pla d'ordenació:

- zonificació de l'àmbit d'acord a criteris objectius de vulnerabilitat hidrogeològica i distribució/ordenació d'activitats en base al següent criteri: localització d'activitats de major risc en àrees de menor vulnerabilitat relativa.

Mesures de protecció del medi davant la perillositat de l'activitat:

- projecte d'impermeabilització específica del terreny en el projecte d'urbanització per afavorir l'aptitud del sòl a l'hora de suportar l'activitat.

Mesures de control de l'estat de les aigües subterrànies:

- projecte d'instal·lació d'una xarxa de piezòmetres per al control del nivell i de la qualitat de les aigües subterrànies,
- projecte d'instal·lació d'un dipòsit de regulació i control de les aigües pluvials abans del seu abocament, i
- projecte d'instal·lació d'un sistema propi de sanejament de l'aigua que resulta de l'activitat (i de les aigües pluvials de mala qualitat).

En canvi, si s'admeten activitats de perillositat baixa, o sigui, les que no estan incloses al Reial decret 9/2005, s'hauran d'aplicar les següents mesures:

Mesures de prevenció dins el pla d'ordenació:

- zonificació de l'àmbit d'acord a criteris objectius de vulnerabilitat hidrogeològica i distribució/ordenació d'activitats en base al següent criteri: localització d'activitats de major risc en àrees de menor vulnerabilitat relativa.

(6) Condicions de les noves activitats de ramaderia intensiva

De forma general no són admeses noves granges en aquesta zona. Aquestes només podran ser admeses d'acord amb (1) un estudi hidrogeològic de detall (ampliació de l'estudi geològic preceptiu segons l'article 55 del Decret 136/1995), (2) la inexistència de pous a menys de 50 m, i (3) que els possibles pous situats entre 50 i 100 m es trobin correctament condicionats en el seu tram més superficial.

Zona III. Aqüífer semiconfinat

Característiques

- *Àmbit geogràfic:* Àrea en la qual en profunditat s'ha constatat l'existència de la unitat de permeabilitat T2k1k2 amb un comportament d'aqüífer semiconfinat.
- *Principals usos actuals de l'aigua subterrània:* proveïment municipal.
- *Priorització d'usos de l'aigua:* agrícola i proveïment municipal. La regulació té en compte la condició de confinament de l'aqüífer.

Proposta de regulació

Usos admesos, no admesos i admesos amb condicions específiques

OCUPACIÓ/ACTIVITAT		ADMISSIBILITAT D'USOS
Nova ocupació de sòl urbanitzable		
1	Ocupació urbanística residencial	Sí. POE
2	Ocupació urbanística industrial	Sí. Condicionada
3	Infraestructures viàries	-
Nova activitat sobre sòl no urbanitzable		
4	Extracció d'aigua	Sí. POE
5	Fertilització	Sí. PF
6	Ramaderia intensiva	Sí. Condicionada
7	Cooperativa agrària	LU/PUM
8	Extracció d'àrids	Sí. POE
9	Circuit/pista vehicles a motor	No
10	Parc aquàtic/temàtic	LU/PUM
11	Estació de servei	No
12	Aparcament de camions	Sí. Condicionat
13	Abocador de RSU	No
14	Abocador runes	No
15	Planta de purins	No
16	Planta de compostatge	No
17	Nuclis zoològics	No

Condicions específiques d'ús

(2) Condicions de les noves ocupacions urbanístiques industrials

Qualsevol nova ocupació destinada a usos industrials haurà de ser objecte d'un estudi hidrogeològic local de detall, que concreti l'escenari hidrogeològic de l'emplaçament i confirmi el grau específic de la vulnerabilitat del medi.

Un cop concretat l'abast precís de la vulnerabilitat -genèricament qualificada com a alta- del medi hidrogeològic, s'establiran una sèrie de consideracions urbanístiques i tècniques a tenir en compte a l'hora d'admetre la presència d'activitats industrials. En aquest sentit, cal tenir present que la perillositat de l'activitat i la vulnerabilitat del medi esdevindran conjuntament factors de risc d'afectació del sistema hidrogeològic, i per això es requeriran una sèrie de mesures de (1) prevenció, de (2) protecció i de (3) control que incidiran en cadascun dels dos factors i serviran per minimitzar la seva contribució al risc d'afectació del medi.

Les mesures de **prevenció** fan referència a opcions d'ordenació interna dels usos sobre un medi vulnerable i, en canvi, les mesures de **protecció i control** fan referència a actuacions específiques sobre el desenvolupament de l'activitat industrial amb l'objectiu de protegir i controlar la qualitat del medi.

En aquest marc, doncs, les compatibilitats i condicions d'ús plantejades per a aquesta zona són les següents:

De forma general **no són admeses les activitats** que estableix l'annex I del Reial decret 9/2005, de 14 de gener, pel qual s'estableix la relació d'activitats **potencialment contaminants del sòl** i els criteris i estàndards per a la declaració de sòls contaminants. Aquestes activitats **només podran ser admeses** en el marc de nou sòl urbanitzable industrial **d'acord amb un estudi hidrogeològic de detall** i en funció de la perillositat de la mateixa activitat industrial, i estaran subjectes a les mesures que especificarà el mateix estudi.

En el cas d'admissió d'aquestes activitats de perillositat alta, o sigui, les que estan incloses al Reial decret 9/2005, s'hauran d'aplicar les següents mesures:

Mesures de prevenció dins el pla d'ordenació:

- zonificació de l'àmbit d'acord a criteris objectius de vulnerabilitat hidrogeològica i distribució/ordenació d'activitats en base al següent criteri: localització d'activitats de major risc en àrees de menor vulnerabilitat relativa.

Mesures de protecció del medi davant la perillositat de l'activitat:

- projecte d'impermeabilització específica del terreny en el projecte d'urbanització per afavorir l'aptitud del sòl a l'hora de suportar l'activitat.

Mesures de control de l'estat de les aigües subterrànies:

- projecte d'instal·lació d'una xarxa de piezòmetres per al control del nivell i de la qualitat de les aigües subterrànies,
- projecte d'instal·lació d'un dipòsit de regulació i control de les aigües pluvials abans del seu abocament, i
- projecte d'instal·lació d'un sistema propi de sanejament de l'aigua que resulta de l'activitat (i de les aigües pluvials de mala qualitat).

En canvi, **si s'admeten activitats de perillositat baixa**, o sigui, les que no estan incloses al Reial decret 9/2005, s'hauran d'aplicar les següents mesures:

Mesures de prevenció dins el pla d'ordenació:

- zonificació de l'àmbit d'acord a criteris objectius de vulnerabilitat hidrogeològica i distribució/ordenació d'activitats en base al següent criteri: localització d'activitats de major risc en àrees de menor vulnerabilitat relativa.

(6) Condicions de les noves activitats de ramaderia intensiva

De forma general no són admeses noves granges en aquesta zona. Aquestes només podran ser admeses d'acord amb (1) un estudi hidrogeològic de detall (ampliació de l'estudi geològic preceptiu amb l'article 55 del Decret 136/1995), (2) la inexistència de pous a menys de 50 m, i (3) que els possibles pous situats entre 50 i 100 m es trobin correctament condicionats en el seu tram més superficial.

(12) Condicions dels nous aparcaments de camions

La hipotètica necessitat d'àrees d'aparcament temporal de camions -per donar resposta al contingut de l'article 79 del Decret 293/2003, Reglament general de carreteres- dependrà d'una avaluació d'alternatives d'emplaçament, a escala de l'àmbit local (municipal), en una àrea de menor vulnerabilitat.

Imatge 3. *Explotació d'àrids amb excavació que supera el nivell freàtic. Pel seu potencial impacte, i la seva irreversibilitat, aquesta és una activitat no permesa en les dues zones de major sensibilitat –de recàrrega prioritària i de protecció de pous municipals- mentre que a la resta del territori ho pot ser subjecta a un pla d'ordenació d'extraccions d'àrids que abordi la problemàtica amb visió territorial i a escala del conjunt del Baix Ter. (Foto: C. Bayés).*

Zona IV. Àrea de recàrrega prioritària

Característiques

- *Àmbit geogràfic:* Àrea en la qual les unitats de permeabilitat T1k1k2 i T2k1k2 es troben en contacte entre elles i en relació directa amb el riu Ter coincidint amb la zona d'entrada a la plana. Aquestes característiques impliquen que la zona IV sigui la de recàrrega prioritària del Baix Ter i, molt especialment, de l'aqüífer semiconfinat.
- *Principals usos actuals de l'aigua subterrània:* proveïment municipal i ús agrícola.
- *Priorització d'usos de l'aigua:* proveïment municipal a través de la recàrrega de l'aqüífer semiconfinat; la regulació té en compte la condició d'àrea preferencial de recàrrega del conjunt del Baix Ter.

Proposta de regulació

Usos admesos, no admesos i admesos amb condicions específiques

OCUPACIÓ/ACTIVITAT		ADMISSIBILITAT D'USOS
Nova ocupació de sòl urbanitzable		
1	Ocupació urbanística residencial	Sí. POE
2	Ocupació urbanística industrial	Sí. Condicionada i POE
3	Infraestructures viàries	-
Nova activitat sobre sòl no urbanitzable		
4	Extracció d'aigua	Sí. POE
5	Fertilització	Sí. PF
6	Ramaderia intensiva	Si. Condicionada
7	Cooperativa agrària	No
8	Extracció d'àrids	No
9	Circuit/pista vehicles a motor	No
10	Parc aquàtic/temàtic	No
11	Estació de servei	No
12	Aparcament de camions	No
13	Abocador de RSU	No
14	Abocador runes	No
15	Planta de purins	No
16	Planta de compostatge	No
17	Nuclis zoològics	No

Condicions específiques d'ús

(2) Condicions de les noves ocupacions urbanístiques industrials

Qualsevol nova ocupació destinada a usos industrials haurà de ser objecte d'un estudi hidrogeològic local de detall, que concreti l'escenari hidrogeològic de l'emplaçament i confirmi el grau específic de la vulnerabilitat del medi.

Un cop concretat l'abast precís de la vulnerabilitat -genèricament qualificada com a alta- del medi hidrogeològic, s'establiran una sèrie de consideracions urbanístiques i tècniques a tenir en compte a l'hora d'admetre la presència d'activitats industrials. En aquest sentit, cal tenir present que la perillositat de l'activitat i la vulnerabilitat del medi esdevindran conjuntament factors de risc d'afectació del sistema hidrogeològic, i per això es requeriran una sèrie de mesures de (1) prevenció, de (2) protecció i de (3) control que incidiran en cadascun dels dos factors i serviran per minimitzar la seva contribució al risc d'afectació del medi.

Les mesures de prevenció fan referència a opcions d'ordenació interna dels usos sobre un medi vulnerable i, en canvi, les mesures de protecció i control fan referència a actuacions específiques sobre el desenvolupament de l'activitat industrial amb l'objectiu de protegir i controlar la qualitat del medi. Les compatibilitats i condicions d'ús plantejades per a aquesta zona, són les següents:

No són admeses les activitats que estableix l'annex I del Reial decret 9/2005, de 14 de gener, pel qual s'estableix la relació d'activitats **potencialment contaminants del sòl.**

En canvi, **si s'admeten activitats de perillositat baixa**, o sigui, les que no estan incloses al Reial decret 9/2005, s'hauran d'aplicar les següents mesures:

Mesures de prevenció dins el pla d'ordenació:

- zonificació de l'àmbit d'acord a criteris objectius de vulnerabilitat hidrogeològica i distribució/ordenació d'activitats en base al següent criteri: localització d'activitats de major risc en àrees de menor vulnerabilitat relativa.

Mesures de protecció del medi davant la perillositat de l'activitat:

- projecte d'impermeabilització específica del terreny en el projecte d'urbanització per afavorir l'aptitud del sòl a l'hora de suportar l'activitat.

Mesures de control de l'estat de les aigües subterrànies:

- projecte d'instal·lació d'una xarxa de piezòmetres per al control del nivell i de la qualitat de les aigües subterrànies,
- projecte d'instal·lació d'un dipòsit de regulació i control de les aigües pluvials abans del seu abocament, i
- projecte d'instal·lació d'un sistema propi de sanejament de l'aigua que resulta de l'activitat i de les aigües pluvials.

Zona V. Àrea de protecció de pous municipals

Característiques

- *Àmbit geogràfic:* A falta de definició de perímetres de protecció, es proposa una àrea de 500 m de perímetre a l'entorn de les captacions / grups de captacions municipals.
- *Principals usos actuals de l'aigua subterrània:* agrícola.
- *Priorització d'usos de l'aigua:* proveïment municipal; la regulació té en compte la necessitat de definició de perímetres de protecció.

Proposta de regulació

Usos admesos, no admesos i admesos amb condicions específiques

OCUPACIÓ/ACTIVITAT		ADMISSIBILITAT D'USOS
Nova ocupació de sòl urbanitzable		
1	Ocupació urbanística residencial	Sí. Condicionada
2	Ocupació urbanística industrial	Sí. Condicionada
3	Infraestructures viàries	-
Nova activitat sobre sòl no urbanitzable		
4	Extracció d'aigua	No
5	Fertilització	No
6	Ramaderia intensiva	No
7	Cooperativa agrària	No
8	Extracció d'àrids	No
9	Circuit/pista vehicles a motor	No
10	Parc aquàtic/temàtic	No
11	Estació de servei	No
12	Aparcament de camions	No
13	Abocador de RSU	No
14	Abocador runes	No
15	Planta de purins	No
16	Planta de compostatge	No
17	Nuclis zoològics	No

Condicions específiques d'ús

La zona de protecció a l'entorn de les captacions municipals es defineix amb criteris de precaució, de forma que la seva gestió dependrà de si els pous disposen o no de la figura de protecció –en un futur proper ja reglada- d'acord amb els criteris que l'Agència Catalana de l'Aigua ha desenvolupat en el Programa de Mesures incloses al Pla de Gestió del Districte de la Conca Fluvial de Catalunya. En aquesta zona, els condicionants d'ús proposats són els següents:

Àrea de protecció de pous municipals sense perímetre de protecció proposat i aprovat

De forma general no s'admet cap nova ocupació ni cap nou ús fins que no es disposi de la corresponent proposta de perímetre de protecció -a elaborar d'acord amb els criteris de l'Agència Catalana de l'Aigua.

Àrea de protecció de pous municipals amb perímetre de protecció proposat i aprovat

En el cas de pous municipals que ja comptin amb un perímetre de protecció aprovat, o en el cas de pous municipals als quals se'ls assigni un perímetre de protecció de nova definició, les condicions d'ús proposades són les següents:

Dins del perímetre de protecció

S'admetran aquells usos que fixi l'estudi de base per a la definició del perímetre per a cada una de les zones: I (de protecció immediata), II (de restricció) i III (de prevenció).

Fora del perímetre de protecció i dins de l'àrea de 500 m de protecció

En el cas probable que el perímetre de protecció sigui de dimensions menors que la zona de protecció, es podran admetre noves ocupacions urbanístiques residencials d'acord amb els criteris de la legislació urbanística vigent.

Es podran admetre noves ocupacions urbanístiques industrials de perillositat baixa, o sigui, les que no estan incloses al Reial decret 9/2005; però s'hauran d'aplicar les següents mesures:

Mesures de prevenció dins el pla d'ordenació:

- zonificació de l'àmbit d'acord a criteris objectius de vulnerabilitat hidrogeològica i distribució/ordenació d'activitats en base al següent criteri: localització d'activitats de major risc en àrees de menor vulnerabilitat relativa.

Mesures de protecció del medi davant la perillositat de l'activitat:

- projecte d'impermeabilització específica del terreny en el projecte d'urbanització per afavorir l'aptitud del sòl a l'hora de suportar l'activitat.

Mesures de control de l'estat de les aigües subterrànies:

- projecte d'instal·lació d'una xarxa de piezòmetres per al control del nivell i de la qualitat de les aigües subterrànies,
- projecte d'instal·lació d'un dipòsit de regulació i control de les aigües pluvials abans del seu abocament, i
- projecte d'instal·lació d'un sistema propi de sanejament de l'aigua que resulta de l'activitat i de les aigües pluvials.

Per norma general no s'admetrà cap de les activitats que s'hagin de dur a terme en SNU i que puguin representar un risc potencial per al subsòl (activitats llistades a la taula de proposta de regulació).

Imatge 4. *Explotació ramadera intensiva no permesa en l'àrea de protecció dels pous municipals i permesa en la zona de recàrrega prioritària, condicionada a una capacitat de producció que s'avingui amb la d'una explotació ramadera familiar i al compliment de les condicions específiques vàlides per la resta del territori del Baix Ter: estudi hidrogeològic i distància mínima a pous existents. (Foto: J. Pagès).*

Zona VI. Àrea de flux preferencial dels sistemes costaners

Característiques

- *Àmbit geogràfic:* Àrea en què la paleomorfologia de la base del sistema progradant és poc profunda i consta de diferents paleocanals que actuen com a àrees de flux preferencial d'aigua subterrània en direcció a la línia de costa i àrees més o menys humides de darrera platja.
- *Principals usos actuals de l'aigua subterrània:* agrícola i turístic.
- *Priorització d'usos de l'aigua:* manteniment ecològic i agrícola.

Proposta de regulació

Usos admesos, no admesos i admesos amb condicions específiques

OCUPACIÓ/ACTIVITAT		ADMISSIBILITAT D'USOS
Nova ocupació de sòl urbanitzable		
1	Ocupació urbanística residencial	Sí. POE
2	Ocupació urbanística industrial	Sí. Condicionada
3	Infraestructures viàries	-
Nova activitat sobre sòl no urbanitzable		
4	Extracció d'aigua	Sí. POE
5	Fertilització	Sí. PF
6	Ramaderia intensiva	Sí. Condicionada
7	Cooperativa agrària	Sí. Condicionada
8	Extracció d'àrids	Sí. POE
9	Circuit/pista vehicles a motor	No
10	Parc aquàtic/temàtic	No
11	Estació de servei	No
12	Aparcament de camions	No
13	Abocador de RSU	No
14	Abocador runes	No
15	Planta de purins	No
16	Planta de compostatge	No
17	Nuclis zoològics	No

Condicions específiques d'ús

(2) Condicions de les noves ocupacions urbanístiques industrials

Qualsevol nova ocupació destinada a usos industrials haurà de ser objecte d'un estudi hidrogeològic local de detall, que concreti l'escenari hidrogeològic de l'emplaçament i confirmi el grau específic de la vulnerabilitat del medi.

Un cop concretat l'abast precís de la vulnerabilitat –genèricament qualificada com a alta- del medi hidrogeològic, s'establiran una sèrie de consideracions urbanístiques i tècniques a tenir en compte a l'hora d'admetre la presència

d'activitats industrials. En aquest sentit, cal tenir present que la perillositat de l'activitat i la vulnerabilitat del medi esdevindran conjuntament factors de risc d'afectació del sistema hidrogeològic, i per això es requeriran una sèrie de mesures de (1) prevenció, de (2) protecció i de (3) control que incidiran en cadascun dels dos factors i serviran per minimitzar la seva contribució al risc d'afectació del medi.

Les mesures de prevenció fan referència a opcions d'ordenació interna dels usos sobre un medi vulnerable i, en canvi, les mesures de protecció i control fan referència a actuacions específiques sobre el desenvolupament de l'activitat industrial amb l'objectiu de protegir i controlar la qualitat del medi.

Les compatibilitats i condicions d'ús plantejades per a aquesta zona són les següents:

No són admeses les activitats que estableix l'annex I del Reial decret 9/2005, de 14 de gener, pel qual s'estableix la relació d'activitats **potencialment contaminants del sòl.**

En canvi, **si s'admeten activitats de perillositat baixa,** o sigui, les que no estan incloses al Reial decret 9/2005, s'hauran d'aplicar les següents mesures:

Mesures de prevenció dins el pla d'ordenació:

- zonificació de l'àmbit d'acord a criteris objectius de vulnerabilitat hidrogeològica i distribució/ordenació d'activitats en base al següent criteri: localització d'activitats de major risc en àrees de menor vulnerabilitat relativa.

Mesures de protecció del medi davant la perillositat de l'activitat:

- projecte d'impermeabilització específica del terreny en el projecte d'urbanització per afavorir l'aptitud del sòl a l'hora de suportar l'activitat.

Mesures de control de l'estat de les aigües subterrànies:

- projecte d'instal·lació d'una xarxa de piezòmetres per al control del nivell i de la qualitat de les aigües subterrànies,
- projecte d'instal·lació d'un dipòsit de regulació i control de les aigües pluvials abans del seu abocament, i
- projecte d'instal·lació d'un sistema propi de sanejament de l'aigua que resulta de l'activitat i de les aigües pluvials.

(6) Condicions de les noves activitats de ramaderia intensiva

De forma general no són admeses noves granges en aquesta zona. Aquestes només podran ser admeses d'acord amb (1) un estudi hidrogeològic de detall (ampliació de l'estudi geològic preceptiu d'acord amb l'article 55 del Decret 136/1995), (2) la inexistència de pous a menys de 50 m, i (3) que els possibles pous situats entre 50 i 100 m es trobin correctament condicionats en el seu tram més superficial.

(7) Condicions de nova cooperativa agrària

De forma general es tracta d'un ús no admès, tot i que la possibilitat d'una nova instal·lació de cooperativa agrària dependrà d'una avaluació d'alternatives d'emplaçament en l'àmbit supramunicipal en una àrea de menor vulnerabilitat.

Zona VII. Tram fluvial en règim d'influència

Característiques

- *Àmbit geogràfic:* Zona lineal corresponent als trams fluvials del riu Ter en què és constatat un règim general d'influència respecte de l'aqüífer lliure, incloent-hi l'àrea de recàrrega del semiconfinat a l'entrada de la plana del Baix Ter.

Proposta de regulació

Usos admesos, no admesos i admesos amb condicions específiques

Atès que es treballa sobre tram fluvial en què -per la seva pròpia característica de tram fluvial- no hi ha possibilitat de nova ocupació urbanística ni tampoc de noves activitats, la relació d'influència fluvial en els dos trams definits només pot acabar afectant la qualitat del subsòl a través de la qualitat de l'aigua que recarrega l'aqüífer superficial; el règim d'influència en el tram més occidental pot acabar afectant l'aqüífer semiconfinat.

Condicions específiques d'ús

La forma com el règim d'influència pot acabar afectant el subsòl del Baix Ter és la que fa plantejar la necessitat de preveure mecanismes de control que garanteixin que els abocaments d'aigua residual depurada a llera siguin de la millor qualitat possible per tal de minimitzar l'entrada d'aigua de baixa qualitat als aqüífers.

Resum ocupació/activitat vs admissibilitat

En aquest apartat es recull en una única taula l'admissibilitat -i les condicions d'aquesta- del conjunt d'usos regulats a les zones en què s'ha subdividit el Baix Ter amb criteris hidrogeològics.

		GRAU D'ADMISSIBILITAT DECREIXENT					
	OCUPACIÓ /ACTIVITAT	AQÜÍFER LLIURE DE MODERADA PERMEABILITAT	AQÜÍFER LLIURE	AQÜÍFER SEMICONFINAT	ÀREA DE FLUX PREFERENCIAL DELS SISTEMES COSTANERS	ÀREA DE RECÀRREGA PRIORITÀRIA	ÀREA DE PROTECCIÓ DELS POUS MUNICIPALS
1	Ocupació urbanística residencial	Sí. POE	Sí. POE	Sí. POE	Sí. POE	Sí. POE	Sí. Cond
2	Ocupació urbanística industrial	Sí. POE	Sí. Cond	Sí. Cond	Sí. Cond	Sí. Cond i POE	Sí. Cond
3	Infraestructures viàries	-	-	-	-	-	-
4	Extracció d'aigua	Sí. POE	Sí. POE	Sí. POE	Sí. POE	Sí. POE	No
5	Fertilització	Sí. PF	Sí. PF	Sí. PF	Sí. PF	Sí. PF	No
6	Ramaderia intensiva	LU/PUM	Sí. Cond	Sí. Cond	Sí. Cond	Sí. Cond	No
7	Cooperativa agrària	LU/PUM	LU/PUM	LU/PUM	Sí. Cond	No	No
8	Extracció d'àrids	Sí. POE	Sí. POE	Sí. POE	Sí. POE	No	No
9	Circuit/pista vehicles a motor	LU/PUM	LU/PUM	No	No	No	No
10	Parc aquàtic/temàtic	LU/PUM	LU/PUM	LU/PUM	No	No	No
11	Estació de servei	LU/PUM	LU/PUM	No	No	No	No
12	Aparcament de camions	LU/PUM	LU/PUM	Sí. Cond	No	No	No
13	Abocador de RSU	No	No	No	No	No	No
14	Abocador runes	No	No	No	No	No	No
15	Planta de purins	Sí. Cond	No	No	No	No	No
16	Planta de compostatge	Sí. Cond	No	No	No	No	No
17	Nuclis zoològics	LU/PUM	LU/PUM	No	No	No	No

Taula 3. *Resum usos/activitats admesos en el Pla de Protecció del Subsòl del Baix Ter d'acord amb la zonificació sota criteris hidrogeològics.*

7. EL FUTUR DEL PLA DE PROTECCIÓ DEL SUBSÒL DEL BAIX TER PROPOSAT

El present Pla de Protecció del Subsòl del Baix Ter és un document teòric amb voluntat de contribuir a la creació de mètode en relació a les figures de regulació i protecció del subsòl, motiu pel qual a més d'avançar una forma de zonació / regulació del subsòl amb criteris locals, específics de l'àmbit del Baix Ter, el criteri seguit pot ser aplicable a qualsevol àrea al·luvial de característiques similars.

Des del punt de vista conceptual la proposta té una base de caracterització ferma i compta amb un contingut assimilable al d'un Pla Especial Urbanístic. Amb un treball complementari addicional es podria assolir la forma i el contingut que li permetés seguir una tramitació urbanística si algun ens -legalment capacitat per fer-ho- decidís iniciar-ne el camí en el marc dels articles 39 i 67b de la LLU.

Cal destacar especialment,

- la visió i la concepció inequívocament territorial del Pla Especial,
- la voluntat específica de protecció del subsòl (les activitats objecte d'aquesta regulació també són afectades per altres normes –urbanístiques o no– reguladores sota criteris i objectius diferents), i
- la necessitat d'un important procés de participació / discussió política en el nou camí que s'encetaria un cop tancat el procés tècnic de caracterització que s'ha avançat en el present document.

Aquest procés de participació política hauria de garantir que s'entén i s'accepta la visió supramunicipal del Pla Especial i la seva voluntat real de protecció del subsòl a partir de la necessària limitació de la llibertat municipal individual en favor de la millora del conjunt; tot això pensant que el territori, i en aquest cas aquella part del territori que no es veu –el subsòl–, serà el que posarà sobre la taula de la gestió pública la necessitat (1) d'ordenar conjuntament i (2) d'establir mecanismes justos de compensació

- entre municipis de l'àrea geogràfica del Baix Ter –p.e. Jafre o Verges ocupen un territori amb uns requeriments de protecció més elevats en benefici de tot el Baix Ter- però també,
- amb municipis externs -p.e. Palafrugell- que gaudeixen d'una qualitat d'aigua, conseqüència de la necessària limitació d'usos en els municipis de l'àmbit del Pla.

És recomanable que la protecció efectiva del subsòl s'abordi dins d'un marc geogràfic que inclogui íntegrament la part de la massa 33 que forma la unitat funcional del Baix Ter.

Finalment, és necessari reforçar la idea que no es pot pensar a aplicar els criteris d'aquest Pla Especial de forma unilateral per part d'un únic municipi, o d'un grup reduït d'ells, atès que només té sentit si es concep com un projecte territorial el qual, per garantir la qualitat i la quantitat de l'aigua subterrània d'un determinat punt, procedeix a la protecció d'un sector o d'uns sectors del territori que poden estar situats, fins i tot, a quilòmetres de distància.

Agraïments

Agraïm al Sr. Jaume Hidalgo i al Sr. Marc Marí per haver propiciat, amb el seu interès, que el Pla de Protecció del Subsòl s'incorporés a l'AGENDA 21 del Baix Ter.

Bibliografia

ACA_GEOSERVEI (2008) Caracterització addicional de la massa d'aigua subterrània 33 (Massa 33). Fluviodeltaic del Baix Ter. Agència Catalana de l'Aigua, inèdit.

GEOSERVEI (2008) Proposta de Pla de Protecció del Subsòl del Baix Ter. AGENDA 21 DEL BAIX TER. Ajuntaments (21) del Baix Ter i Diputació de Girona, inèdit.