

Aportació al coneixement i a la gestió ambiental dels recursos geològics en medis fluviotorrencials.

**Aplicació pràctica al tram mitjà del riu Ter
(Sector de la Cubeta de Celrà) i a la riera de Tossa de Mar**

XAVIER ALMANZA I ANGLADA
CHRISTIAN GEIS I NIELSEN

Beca del Patronat Francesc Eiximenis d'Investigació en Ciències Naturals 2002

Quaderns de la Selva, 18

•

Any 2006

p. 229 a 244



Geologia, Planificació del Territori i Medi Ambient

La necessitat de l'ordenació territorial apareix com a conseqüència de la forta expansió urbanística que s'ha generat durant les darreres dècades a la major part de països industrialitzats. El creixement urbà ha envaït de forma brusca grans superfícies tot modificant de dalt a baix les relacions econòmiques i socials pre-existents i introduint transformacions profundes en el context físic del territori. En determinades zones, el procés de concentració excessiva, sovint realitzat amb objectius especulatius, ha generat un gran nombre de dèficits a tots nivells.

Precisament, un dels objectius fonamentals de l'ordenació territorial és permetre el creixement harmònic d'una àrea garantint l'existència d'equipaments i serveis, suficients per assolir una mínima qualitat de vida i el desenvolupament de les diferents activitats econòmiques. La gran quantitat de variables que hi intervenen fan d'aquesta disciplina un camp complex on es barregen conceptes d'economia, sociologia i legislació. Al nostre entendre, calen també coneixements de les característiques del medi natural, concretament les geològiques. Una vegada analitzat tots els paràmetres, el planificador ha de decidir els usos que ha de tenir cada part del territori.

Fins fa molt pocs anys, els criteris utilitzats, dins i fora de casa nostra, en la planificació dels possibles usos d'una determinada àrea, han oblidat sistemàticament el paper del medi natural, i això ha estat així perquè es partia de la concepció urbana de l'ordenació territorial, és a dir, el centre d'interès és el nucli urbà i les seves activitats associades (industrials i comercials). Les conseqüències que es deriven d'aquesta forma d'actuar tenen dues vessants diferenciades. Per un costat, l'oblit de les característiques del medi pot provocar, a curt o a llarg termini, desordres d'importància econòmica a voltes notable —inundacions, assentaments d'estructures, pujades del nivell freàtic, entre d'altres—, els quals donen lloc a encariments inesperats, tant per a particulars com per a la societat en general.

Per un altre costat, el creixement només en funció de l'òptica urbana provoca a la llarga desequilibris territorials, tot enfrontant les activitats primàries amb les derivades de l'activitat urbana i industrial. Així, una conseqüència derivada d'aquest concepte de la planificació és el permanent conflicte d'usos en una mateixa àrea.

Els darrers anys, però, s'ha experimentat un interès cada vegada més gran en la incorporació dels factors geològics com a elements a considerar dins d'una planificació integral del territori. Aquests factors són elements d'ajuda per a la visió integral d'un territori i tracten d'adaptar una sèrie de coneixements sobre la realitat del medi físic d'una regió que, de manera directa o indirecta, influeixen en el creixement o en el desenvolupament normal de les activitats humanes.



El cas del medi fluviotorrencial. La problemàtica geoambiental

Dins del context genèric que acabem de presentar, la consideració dels factors geològics en la planificació i ordenació del territori és especialment rellevant.

En els voltants dels principals cursos fluvials, el medi abiòtic que s'hi desenvolupa reuneix un conjunt de característiques que el fan especialment atractiu per a l'ocupació humana: poc pendent del terreny, existència de sòls fèrtils o disponibilitat de recursos hídrics. No obstant això, els mateixos processos fluviotorrencials que originen aquestes morfologies i recursos, poden ocasionar danys, determinant situacions de risc geològic. Ambdós tipus de factors o variables geoambientals, els recursos que ofereix el medi i els processos –riscs que s'hi desenvolupen–, s'han de tenir en compte per al correcte desenvolupament de les activitats humanes.

L'interès que han despertat aquests àmbits per a l'ocupació humana ha motivat que avui en dia siguin les zones més intensament ocupades del nostre territori. A les terres gironines aquesta pressió antròpica es fa evident en la majoria de les comarques.

La intensa ocupació del territori en aquests morfoambients fluviotorrencials motiva nombroses situacions de conflicte, interferències negatives, entre les activitats humanes i la dinàmica del medi natural. Genera problemàtiques de risc o d'impacte ambiental tan diverses com la contaminació de les aigües, ja sigui per activitats industrials, urbanes o agrícoles, l'esgotament o sobreexplotació dels recursos naturals, la pèrdua de sòl, les inundacions, els esllavissaments, entre altres; i depèn de si la dinàmica del medi afecta les activitats humanes o bé si, com a conseqüència d'aquestes activitats, la dinàmica del medi es veu transformada o modificada. També apareixen conflictes entre les activitats humanes, és a dir, el desenvolupament d'una activitat concreta limita o impossibilita el desenvolupament d'una altra activitat. Malauradament, en l'àmbit territorial de les terres gironines existeixen nombrosos exemples que il·lustren aquestes problemàtiques.

Aquest panorama evidencia la necessitat de planificar i ordenar, gestionar en definitiva, de manera racional, l'ús que fem del nostre entorn. Hem d'adequar les nostres activitats a les potencialitats o limitacions d'ús que imposa el medi natural, essent els medis naturals desenvolupats als voltants dels nostres rius una de les zones d'actuació prioritària.

Centrarem la nostra atenció en una de les problemàtiques que freqüentment es plantegen en aquests dominis fluviotorrencials, fruit de conflictes entre activitats o usos del territori: les activitats extractives (àrids naturals) i la preservació dels recursos hídrics subterranis.



Marc tècnic

Els aspectes tècnics que han motivat en gran part la necessitat de realitzar aquest tipus de treball de recerca queden reflectits en les consideracions que s'indiquen a continuació:

- Les actuacions antròpiques efectuades durant els darrers trenta anys en alguns dels principals rius de Catalunya han ocasionat una progressiva artificialització de les seves lleres fluvials i, en conseqüència, canvis significatius en la dinàmica natural del riu i dels aqüífers associats.

- En el casos més documentats, dins del context hidrològic gironí, aquests canvis en la dinàmica dels rius han estat motivats per la modificació dels seus perfils d'equilibri. Bàsicament, aquesta modificació ha estat propiciada per diversos factors: la reducció del recorregut longitudinal del curs fluvial, el rebaix de la cota de la base de la llera del riu i l'augment de la secció de la llera. Les extraccions d'àrids van lligades sovint al desenvolupament d'aquests canvis.

- Els principals efectes que s'han derivat de les modificacions realitzades sobre els rius es poden sintetitzar en dos punts principals:

- a) Modificació de la intensitat i redistribució dels processos d'erosió i sedimentació que, generalment, es manifesta pel desenvolupament d'una progressiva erosió de la llera aigües amunt.

- b) Canvis en la dinàmica hidrogeològica del medi fluvial. El rebaix del nivell freàtic de l'aqüífer superficial de ribera sol ser l'efecte induït més habitual. Als voltants de la desembocadura, el desplaçament cap a l'interior de la cota zero del perfil longitudinal del riu i, conseqüentment, de la cota zero piezomètrica, pot afavorir la progressió de la intrusió salina a través del riu.

- La relació causa-efecte que ha donat lloc a aquest conjunt de modificacions no és immediata en el temps i, per tant, és molt difícil establir quina contribució o quines repercussions directes pot comportar una activitat concreta. Aquesta subjectivitat a l'hora d'interpretar els possibles riscos d'afecció de l'activitat sobre el riu i l'aqüífer es fa encara més evident si es té en compte la multiplicitat d'escenaris morfològics, litològics i hidrogeològics que es poden donar en una determinada zona.

Objectius

L'objectiu principal d'aquest treball ha estat aprofundir en el coneixement de la geologia ambiental i dels recursos associats a medis fluviotorrencials, amb la intenció de fer compatibles els usos i els recursos existents en aquests àmbits mitjançant l'establiment d'un marc de gestió dels recursos geològics.

A l'hora d'abordar aquest projecte, cal emmarcar-lo dins unes consideracions de partida:



- Una de les principals activitats econòmiques que es desenvolupen en medis fluviotorrencials dedicades a l'explotació dels recursos naturals i que tenen una clara afectació al medi geològic és l'extracció d'àrids. Les extraccions d'àrids constitueixen una activitat econòmica significativa en el context de les comarques gironines.
 - És necessari fer compatible la preservació del riu i dels aqüífers amb l'activitat extractiva, gràcies a un bon coneixement dels recursos existents i dels sistemes on es localitzen.

Resultats

Cartografia

El resultat més notable d'aquest treball ha estat l'elaboració d'una cartografia temàtica, de caràcter inèdit, dels àmbits estudiats, amb l'objectiu de ser utilitzada com a referent en la gestió d'espais fluviotorrencials. Aquesta cartografia, inicialment pensada per a la gestió de l'activitat extractiva, posteriorment podrà ser utilitzada per a la gestió dels recursos geològics en general en aquests medis.

Les diferents dades cartogràfiques que es descriuen a continuació han estat elaborades mitjançant Sistemes d'Informació Geogràfica (SIG) amb l'objectiu de crear una informació dinàmica, susceptible de ser tractada de forma integrada o parcial segons les necessitats.

Per a la presentació d'aquesta cartografia, les escales utilitzades han estat diverses. En el cas de la cubeta de Celrà, l'escala gràfica de presentació ha estat 1: 80.000, mentre que en el cas de la riera de Tossa ha estat de 1: 30.000.

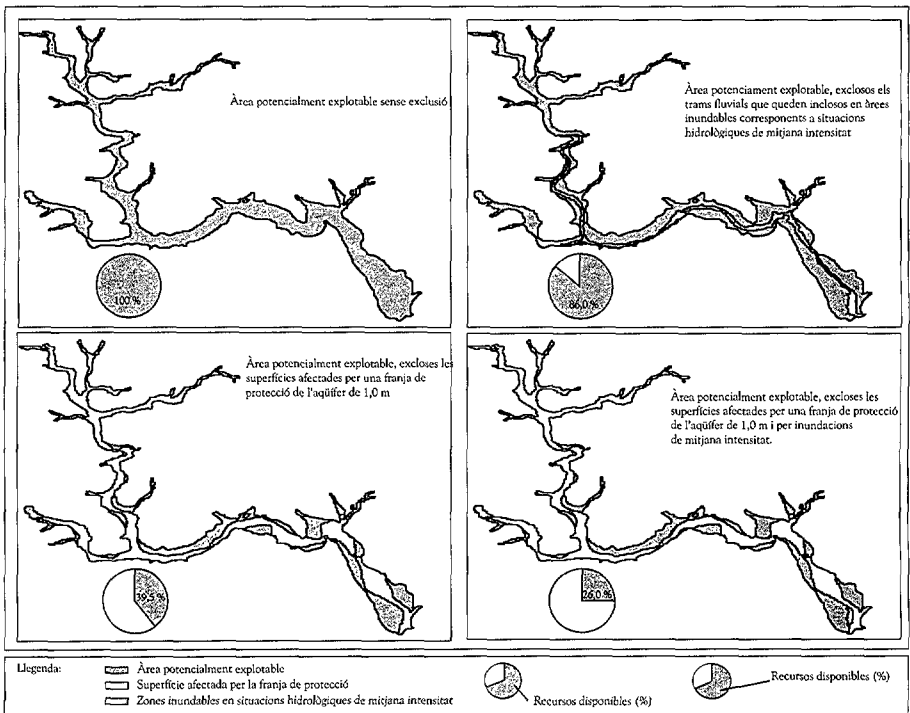
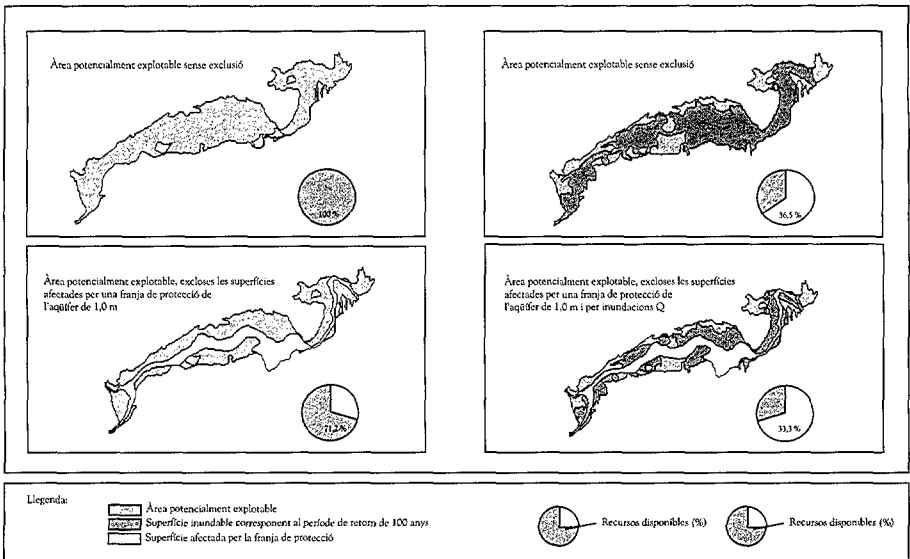
Cartografies temàtiques

	Àmbit del Ter	Àmbit de la riera de Tossa
Relatives a variables hidrogeològiques	Mapa 1 Formacions geològiques quaternàries	
	Mapa 2. Àmbit Territorial comprès per l'aqüífer quaternari	
	Mapa 3. Inventari de punts d'aigua	
	Mapa 4. Situació piezomètrica	
	Mapa 5. Xarxa hidrogràfica i de canals artificials	
	Mapa 6. Zones inundables	
	Mapa 7. Zones de protecció per a pous d'abstament municipal, ponts i obres d'infraestructures fluvials	
		Mapa 8. Sistemes costaners litorals
Relatives a roques industrials	Mapa 8. Àrees potencialment explotables com a àrids naturals	Mapa 9. Àrees potencialment explotables com a àrids naturals
Relatives a variables d'altres àmbits	Mapa 9. Àrees qualificades com a sòl urbà i/o sòl no urbanitzable	Mapa 10. Àrees qualificades com a sòl urbà i/o apte per a urbanitzar, i sòl no urbanitzable

Cartografies sintètiques derivades

D'acord amb els objectius definits per aquest treball, i per tal de facilitar la presa de decisions, s'ha optat per desenvolupar dos tipus de documents de síntesi: uns com a base per a l'establiment de criteris tècnics de referència, i uns altres, com a exemples d'anàlisis integrades.

Els documents de base per a l'establiment de criteris tècnics de referència, tant a l'àmbit del Ter com a la riera de Tossa, s'han obtingut a partir d'aplicar diferents criteris d'exclusió –que aquí es presenten a mode d'exemple– a la zona ocupada pels terrenys potencialment explotables com a àrids naturals. Els criteris emprats han estat l'aplicació de franges de protecció tan sols de l'aqüífer i l'aplicació de franges de protecció de l'aqüífer a més d'àrees afectades per inundacions.



Per als exemples d'anàlisis integrades desenvolupats, els criteris concrets que s'han acordat per definir les àrees no aptes i les àrees i cotes màximes d'extracció recomanables són els que s'indiquen a continuació. Partint d'aquest conjunt de criteris, han estat realitzats els mapes que es descriuen a continuació. Aquestes cartografies s'han agrupat, en primer instància, segons es tracti de documents específics o bé de documents de presentació gràfica final.

a) Documents específics (Àmbit del Ter)

- **Amb l'aplicació del criteri d'exclusió d'una franja de protecció de l'aqüífer d'1 m**

Àrees no aptes per al desenvolupament d'activitats extractives

Mapa 24. Zonació d'àrees no aptes

Mapa 25. Àrees no aptes. Document de síntesi

Àrees aptes per al desenvolupament d'activitats extractives

Mapa 26. Profunditat d'extracció màxima recomanable

Mapa 27. Àrees aptes. Document de síntesi

- **Amb l'aplicació del criteri d'exclusió d'una franja de protecció de l'aqüífer d'1,5 m**

Àrees no aptes per al desenvolupament d'activitats extractives

Mapa 28. Zonació d'àrees no aptes.

Mapa 29. Àrees no aptes. Document de síntesi

Àrees aptes per al desenvolupament d'activitats extractives

Mapa 30. Profunditat d'extracció màxima recomanable

Mapa 31. Àrees aptes. Document de síntesi

b) Documents de presentació gràfica final

- **Amb l'aplicació del criteri d'exclusió d'una franja de protecció de l'aqüífer d'1 m**

Mapa 32. Zonació d'àrees per al desenvolupament d'activitats extractives

- **Amb l'aplicació del criteri d'exclusió d'una franja de protecció de l'aqüífer d'1,5 m**

Mapa 33. Zonació d'àrees per al desenvolupament d'activitats extractives



a) Documents específics (Àmbit de la riera de Tossa)

- Amb l'aplicació del criteri d'exclusió d'una franja de protecció de l'aqüífer d'1 m

Àrees no aptes per al desenvolupament d'activitats extractives

Mapa 25. Zonació d'àrees no aptes

Mapa 26. Àrees no aptes. Document de síntesi

Àrees aptes per al desenvolupament d'activitats extractives

Mapa 27. Profunditat d'extracció màxima recomanable

Mapa 28. Àrees aptes. Document de síntesi

b) Documents de presentació gràfica final

Mapa 29. Zonació d'àrees per al desenvolupament d'activitats extractives

Comparació entre la conca mitjana del riu Ter i la riera de Tossa

És evident que les dues àrees d'estudi pertanyen a sistemes geològics diferents amb dinàmiques naturals diferents; ara bé, totes dues contenen recursos que cal acotar i estudiar. Dels aspectes més il·lustratius de les diferències trobades caldria destacar els següents:

Aspectes geològics

- Es manifesta una major importància de la qualitat i quantitat dels àrids naturals que trobem en l'àmbit de la conca del Ter en front dels que trobem a la riera de Tossa. Aquest fet repercuteix en el nombre d'explotacions existents en ambdues àrees d'estudi. El nombre d'explotacions ubicades a la cubeta de Celrà és superior.

- L'entitat de les terrasses del Ter és notòriament superior, sobretot per la diferent grandària dels sistemes hidrogeològics que les generen. Només amb l'àrea de la conca hidrogràfica ja es pot intuir aquesta diferència. Mentre que la conca del Ter és de 3.010 km², la conca de la riera de Tossa és aproximadament de només 38 km² (unes deu vegades més petita).

Aspectes hidrogeològics

- Els processos d'erosió-sedimentació són encara molt actius a la zona de la riera de Tossa. Això es deu a dos factors: per una banda, al fet natural de pertànyer a una conca hidrogràfica jove, que presenta un índex de torrencialitat elevat, uns pendents mitjans de l'ordre del 20% i una hipsomètrica integral que reflecteix una elevada potencialitat a generar episodis erosius; per l'altra, a la inexistència de mesures estructurals de laminació que puguin retenir els sediments.



En l'àmbit del Ter, els processos de sedimentació es donen amb unes taxes molt reduïdes, ja que el sistema d'embassaments de Sau-Susqueda i el Pastoral regula i impedeix aquesta dinàmica fluvial des de la dècada dels 60-70. Això queda demostrat al seu pas per la cubeta de Celrà: tot i tenir una gran plana d'inundació, ja no pateix els estralls pretèrits fruit d'avingudes de baix període de retorn, alhora que s'hi observa un elevat grau de recuperació de la vegetació de ribera en les terrasses més baixes.

Així, podem afirmar que en el cas del Ter hi ha un domini dels processos d'erosió i encaixament del llit del riu després de la construcció dels sistemes d'embassaments, mentre que en el cas de la riera de Tossa encara són molt importants els processos d'erosió-sedimentació de tot el perfil longitudinal.

Ocupació del territori

- Els percentatges relativament baixos d'àrees aptes per a l'explotació d'àrids naturals a la riera de Tossa es deu a l'elevat percentatge d'ocupació humana a les àrees potencialment explotables.
- És evident que la major ocupació del territori, pel que fa a la riera de Tossa, queda reflectida en un major grau d'afecció dels criteris tècnics de referència definits per l'Agència Catalana de l'Aigua. En aquest cas el grau d'afecció assolit és del 90%, mentre que en l'àmbit del Ter el grau d'afecció, per a una franja de protecció de l'aqüífer d'1 m, és d'un 40%.

Criteris d'exclusió

Cal esmentar que els criteris de protecció que s'han tingut en compte a l'hora d'elaborar els marcs de gestió en tots dos àmbits han estat diferents, ja que es tracta de dues unitats geoambientals diferents.

- Pel que fa al criteri d'exclusió d'àrees corresponents a sistemes costaners litorals, aquests sistemes són els formats de forma genèrica per unitats morfodinàmiques de platja, cordó de dunes litoral i maresma. S'han tingut en compte, malgrat que tinguin un interès potencial per a l'extracció d'àrids, pel seu elevat valor ecològic i econòmic (en el sector turístic) i s'ha considerat convenient incorporar-los com a criteri de protecció.
- En l'àmbit del Ter s'han tingut en compte dos escenaris pel que fa a les àrees de protecció per la proximitat a la superfície del nivell freàtic: profunditat igual o menor d'1 m o bé 1,5 m respecte la superfície del terreny. D'altra banda, en l'àmbit de la riera de Tossa només s'ha contemplat un escenari, corresponent a una profunditat d'1 m respecte de la superfície del terreny.



Conclusions

Les conclusions fan referència al coneixement dels recursos geològics en dos medis representatius existents a les terres gironines: la plana al·luvial del Ter Mitjà i la conca hidrogràfica de la riera de Tossa. Aquest coneixement del medi fluviotorrencial (concretament, relatiu a roques industrials) que s'ha adquirit gràcies a la realització d'aquest treball, té l'objectiu d'establir una sèrie de criteris tècnics que facilitin la seva gestió ambiental encaminada a la sostenibilitat dels recursos analitzats.

Un cop identificats els trets geoambientals bàsics dels recursos investigats, el treball s'ha centrat a establir un marc de gestió que permeti fer compatible la preservació del sistema fluvial i les activitats extractives.

A continuació es presentaran els elements més notoris que es deriven del nostre treball, separant les conclusions assolides en cada àmbit d'estudi, sintetitzant en alguns casos les dades aconseguides, proposant interpretacions o hipòtesis en d'altres.

Conclusions relatives al coneixement dels recursos geològics en medis fluviotorrencials

Les conclusions que es presenten en aquest resum pretenen ser una mostra de les més rellevants presentades en la memòria.

Plana al·luvial del Ter Mitjà

Atenent inicialment a aspectes relatius al coneixement del medi fluvial en el qual s'ha dut a terme la recerca, destaquem els següents punts:

- La cubeta de Celrà constitueix una unitat geològica formada per l'acumulació de dipòsits quaternaris, principalment d'origen fluvial, associats a la dinàmica del riu Ter. Aquests materials es disposen al damunt d'un substrat d'edat i característiques litològiques molt diverses. Aquestes formacions superficials contenen recursos naturals, aigües subterrànies i roques industrials, de gran interès per al desenvolupament econòmic de la zona.

- Els dipòsits quaternaris resulten de l'actuació de processos sedimentaris relacionats amb diferents sistemes morfogènics, principalment fluviotorrencial, eòlic, gravitacional i càrstic. El primer és format per sediments fluvials i dipòsits de ventalls al·luvials, que representen un 39% (uns 26 km²): són els dominants en extensió i contenen la major part dels recursos naturals que ens interessen.

- Dins del domini fluviotorrencial s'han reconegut els següents tipus de dipòsits: barres fluvials actuals, constituïdes per sorres i graves; terrassa T0', constituïda per graves i sorres; terrassa T1, constituïda per graves amb matriu sorrenca; terrassa T2, constituïda per graves i sorres amb llims i argiles, i terrassa T3, constituïda per sorres llimoses amb nivells de carbonats.



- D'acord amb les dades obtingudes, s'opina que l'activitat tectònica, relativament recent, és responsable en bona mesura de la distribució en planta i en profunditat dels dipòsits fluviotorrencials. Així mateix, creiem que constitueix un factor important en la distribució de les diferents associacions litològiques que s'hi desenvolupen.

- Mitjançant la recerca geofísica efectuada (mètodes elèctrics, electromagnètics i sísmics), s'ha pogut conèixer la geometria d'aquests dipòsits i les seves variacions composicionals. El perfil investigat revela que els gruixos són força irregulars: oscil·len entre 15 m i 40 m, i existeix una tendència a incrementar la potència en direcció S-N. Les majors potències es localitzen a Cervià de Ter, coincidint amb els indicis geomorfològics d'activitat tectònica reconeguts. Les irregularitats del sostre del substrat detectades amb els perfils sísmics s'associen a aquesta activitat tectònica. Per altra banda, s'ha pogut constatar que les variacions en el registres de conductivitat (equip EM34-3) són, en gran mesura, correlatives al contingut de fins (llims i argiles) dels dipòsits.

- Els dipòsits eòlics, formats essencialment per sorres ben classificades, apareixen de forma localitzada. L'estudi granulomètric dels dipòsits fluvials existents en els voltants d'aquests materials eòlics ha revelat la presència de continguts anormalment baixos de fins. Aquest fet s'interpreta com a conseqüència de l'acció dels vents de component nord, els quals haurien erosionat (mitjançant deflació) els materials al·luvials (deixant granulometries més grolleres de les habituals) i acumulant les sorres en els vessants meridionals de la cubeta.

- Sobre la base del reconeixement directe de superfície, mesures indirectes del subsòl de tipus geofísic i assaigs de laboratori, s'ha establert una zonació de qualitats naturals d'aquestes formacions superficials de cara al seu aprofitament com a àrids naturals. S'obté que un 34% del total de superfície ocupada pel conjunt de formacions superficials, uns 67 km², presenta característiques litològiques que les fan aptes per a ser explotades.

Conca hidrogràfica de la riera de Tossa

Atenent inicialment a aspectes relatius al coneixement del medi fluviotorrencial, s'ha prestat atenció a l'estudi del factors geomorfològics i sedimentològics, origen principal dels àrids naturals dins la conca. En destaquem els següents punts:

- L'anàlisi morfomètrica ha permès identificar l'element tectonicoestructural com a responsable de gran part de les característiques lineals, de forma i relleu mesurades. El control estructural de la xarxa hidrogràfica de la riera de Tossa, identificable en primera instància per les morfologies irregulars dels tàlvegs, es manifesta a través de diversos índexs morfomètrics. La importància d'aquest element de control es veu ressaltada per la uniformitat d'altres factors condicionants.

- Els elements geomorfològics valorats del sistema fluvial posen de manifest que es tracta d'una conca que facilita el desenvolupament d'avingudes de caire



torrencial. En aquest sentit, s'ha constatat que el nombre de canals de primer ordre representa un 77,1% del nombre total de canals, i un 57% del total de les longituds de tots els canals. Aquests elevats percentatges són indicatius de baixos temps de resposta pluja-escolament superficial directe, segons correlacions proposades per diversos autors, alhora que manifesten uns índexs de torrencialitat extremadament elevats.

- En conjunt, es tracta d'un conca poc desenvolupada. L'integral hipsomètrica reflecteix i corrobora aquesta dada: un 69% del material de la conca ha de ser encara erosionat. A priori, aquest estadi poc evolucionat implica la potencialitat del sistema per a generar episodis erosius-acumulatius de gran escala, especialment localitzats a les zones de major pendent o capçalera de les subconques. Per tant, aquest sistema pot presentar a llarg termini noves aportacions d'àrids.

- A través de l'estudi dels dipòsits fluvials que han derivat de l'actuació recent del sistema, s'ha constatat l'existència de ventalls al·luvials en els seus trams mitjos. D'acord amb les dades disponibles, s'opina que aquests dipòsits són conseqüència d'esllavissades de terres. L'activitat neotectònica d'alguna de les fractures existents a la conca s'associa al desenvolupament d'acumulacions, ja que els nivells de base dels torrents que generen aquests dipòsits es troben alineats per fractures recents. Aquesta relació observada entre fractura neotectònica i allaus pot ser utilitzada com a element de prevenció d'aquestes esllavissades o com a element per a la previsió a llarg termini de nous dipòsits fluvials com a recursos.

- Els dipòsits fluvials que caracteritzen la sedimentació actual en el tàlveg de la riera principal presenten característiques granulomètriques diferents segons sectors. El tram mitjà-alt presenta corbes amb percentatges de còdols grollers amb un caràcter ben graduat, heteromètric, amb un significatiu percentatge en fins. Aquestes tendències contrasten amb l'homogeneïtat granulomètrica que caracteritza el tram baix, en què hi ha un clar domini de les sorres mitjanes i grolleres.

- La recerca geofísica mitjançant el mètode sísmic ha permès estimar que els dipòsits fluviotorrencials presenten potències mitjanes d'11 m en el pla de Sant Eloi i de 20,5 m en la part final, i destaca un màxim de 34,5 m en el centre de la zona urbana. Aquest salt tan important en la profunditat del sòcol s'associa a l'activitat tectònica. Quant als dipòsits al·luvials, els gruixos oscil·len entre 8 i 16 m en el pla de Sant Benet i entre 8 i 20 m en el sector de can Samada.

- D'acord amb el reconeixement directe de superfície, s'ha establert una zonació de qualitats naturals d'aquestes formacions superficials de cara al seu aprofitament com a àrids naturals. S'obté que un 25,7% del total de superfície ocupada pel conjunt de formacions superficials de la conca hidrogràfica de la riera de Tossa, 184,89 ha, presenta característiques litològiques que les fan aptes per a ser explotades.

- Amb les morfologies actuals de les seccions hidràuliques estudiades, pràcticament s'hauria d'esperar que la riera no patís cap mena o molt poc desbordament. Això és degut en gran part pels abocaments de terres, que han incrementat l'alçada de la secció i, per tant, han fet disminuir la capacitat de laminació de la riera.



Aquesta situació hidrològica detectada implica que en els trams baixos, finals i alhora coberts per l'entramat urbà, s'acumuli el conjunt de l'escolament fruit de l'avinguda, ja que els desbordaments han estat impeditos en els trams mitjans-alts. L'extensió en planta de la plana d'inundació per a situacions hidrològiques de mitjana intensitat és d'unes 28 ha, un 33,9% de les quals és entramat urbà (9,5 ha), un 15,5% és sòl urbanitzable (4,3 ha) i un 50,6% és sòl no urbanitzable (14,2 ha).

Marc de gestió ambiental dels recursos geològics estudiats en medis fluviotorrencials

Un cop identificats els trets geoambientals bàsics dels recursos investigats, el treball desenvolupat s'ha centrat a establir un marc gestió que permeti fer compatible la preservació dels sistemes fluvials amb el desenvolupament de les activitats extractives. En aquest marc de gestió s'han considerat els criteris tècnics de referència definits per l'Agència Catalana de l'Aigua, inicialment aplicats en l'àmbit del delta dels rius Fluvià i Muga:

1. Àrees qualificades com a sòl urbà i com a sòl apte per a urbanitzar o urbanitzable.
2. Trams de 25 m en cada un dels costats dels ponts i viaductes que travessen els principals rius de l'àrea d'estudi.
3. Àrees corresponents a sistemes costaners litorals (en el cas de la riera de Tossa).
4. Àrees en què s'han delimitat perímetres de protecció per a captacions municipals.
5. Àrees que presenten un nivell freàtic a profunditat igual o menor d'1 m o 1,5 m respecte de la superfície del terreny. Per tant, han estat considerades dues opcions en el cas de la cubeta de Celrà. En l'àmbit de la riera de Tossa tan sols ha estat considerat el criteri d'1 m.
6. Àrees corresponents a lleres fluvials actuals i xarxa de canals artificials.

Tot seguint se sintetitzen, de manera quantitativa, els resultats més notoris obtinguts a les diferents cartografies realitzades en ambdós àmbits d'estudi:



En relació als documents de base per a l'establiment de criteris tècnics de referència

a) Superfície ocupada per materials amb una qualitat natural constatada de diferent tipus (de millor a pitjor), potencialment explotables com a àrids naturals

	Àrea compresa (àmbit del Ter)	Àrea compresa (àmbit de la riera de Tossa)
Tipus 1	13,2 km ²	0,05 km ²
Tipus 2	5,0 km ²	0,03 km ²
Tipus 3	No considerat	1,77 km ²
Tipus 4	–	No considerat
Total	18,2 km²	1,85km²

b) Superfície corresponent a trams fluvials que queden inclosos en àrees inundables.

	Àrea compresa	Grau d'afecció(1)	Disponible(2)
Zones inundables per a Q100 (INUNCAT 2001) (Àmbit del Ter)	11,5 km ²	63,5%	36,5%
Zones inundables (Àmbit de la riera de Tossa)	0,26 km ²	14,05%	85,95%

(1) Representa el percentatge respecte al total de superfície potencialment explotable (a) que queda afectada.

(2) Representa el percentatge respecte al total de superfície que potencialment resta com a explotable.

En relació als exemples d'anàlisis integrades

a) Àrees corresponents a l'encreuament dels criteris d'exclusió i les franges de protecció de l'aqüífer en l'Àmbit del Ter.

	Àrea compresa	Grau d'afecció	Disponible
Criteris d'exclusió definits + Zones amb una franja de protecció d'1 m	71 km ²	39%	61%
Criteris d'exclusió definits + Zones amb una franja de protecció d'1,5 m	8,4 km ²	46,2 %	53,8 %

b) Àrees corresponents a l'encreuament dels criteris d'exclusió i les franges de protecció de l'aquífer en l'àmbit de la riera de Tossa.

	Àrea compresa	Grau d'afecció	Disponible
Criteris d'exclusió definites + Zones amb una franja de protecció d'1m	1,66 km ²	89,73 %	10,27 %

Arribats en aquest punt, creiem que hem assolit l'objectiu general establert a l'hora de realitzar el present treball d'investigació, que consistia a adquirir un coneixement del medi geològic sobre el qual després es puguin valorar diferents propostes de gestió del recursos naturals que conté. Concretament, l'estudi aporta les dades geoambientals cartogràfiques relatives a aspectes hidrogeològics i de roques industrials, així com d'altres àmbits fenomenològics de la zona. Aquesta informació permetrà fonamentar les decisions encaminades a establir uns criteris tècnics de referència pel que fa a les expectatives d'aprofitaments d'àrids en la zona del riu Ter i de les rieres litorals de la Costa Brava.

Finalment, un cop tractat i valorat el conjunt de dades obtingudes en el treball, és a dir, partint dels coneixements adquirits, creiem que s'ha de fer especial atenció a l'aplicabilitat dels Sistemes d'Informació Geogràfica com a eina de planificació i gestió dels recursos geològics en general.

Un dels objectius de la creació d'aquest tipus de marc de gestió és ajudar a la presa de decisions pel que fa a l'execució de projectes relacionats amb l'extracció d'àrids naturals. Cal que l'administració encarregada d'atorgar les llicències preceptives tingui al seu abast les eines necessàries per tal d'actuar amb total discrecionalitat, ja que molt sovint no està familiaritzada amb els factors que determinen la geologia, les fonts d'àrids naturals i els mapes de recursos. En conseqüència, la part visual és una part molt important d'aquest procés. Els Sistemes d'Informació Geogràfica, per tant, són eines valuoses per a visualitzar i comprendre en la seva totalitat aquest tipus de problemes.