

La Conca de la Baells (Alt Llobregat): Els processos geomorfològics actuals responsables del subministrament de sòlids i balanç previ de sediments.

per Núria CLOTET PERARNAU

Institut «Jaume Almera» C.S.I.C. Martí Franques, s/n. 08028 Barcelona.

RESUM

El present treball, que és una síntesi de la Tesi Doctoral de l'autora, consta de dos grans apartats: l'anàlisi global de la conca de la Baells i un seguit d'estudis detallats que ens permeten obtenir dades quantitatives sobre l'aportació de sòlids a la xarxa fluvial.

L'anàlisi de tota la conca està fonamentada en l'inventari de les característiques dels llits fluvials. Aquest inventari constitueix un dipòsit de dades que possibilita l'establiment de relacions entre els paràmetres geomètrics i qualitius dels llits fluvials i amb certs aspectes qualitius de les conques elementals. A partir de les relacions existents entre cabal del llit menor i superfície de les conques respectives, s'ha establert l'índex d'activitat morfogenètica de cada conca, que representa una classificació ordinal de la torrencialitat i la capacitat de les conques.

Els estudis detallats estan destinats a obtenir una valoració del subministrament que representen certs sectors altament degradats de la conca de la Baells (explotacions de lignits a cel obert, àrees de badlands del garumnià) i les repercussions que tenen aquestes aportacions de sediments en el reblliment de l'embassament de la Baells.

Paraules clau: Pre-pirineu. Geomorfologia. Geologia ambiental. Aigües superficials. Erosió.

SUMMARY

During the last three years research on sediment supply to the drainage net has been carried out in a basin with lies in the Catalan Pre-Pyrenees, with heights between 600 and 2,500 m a.s.l.; this basin has an area of 500 Km², and is limited downstream by the Baells dam.

The main concern of the study has been the detection of the areas and elementary catchments which

supply the most part of the sediment, and the estimation of the rates of sediment production, transport, and sedimentation in the reservoir.

Because of the lack of previous useful data (there are only two staff gauges in the basin), the study consisted of three aspects, carried out with different methods:

- 1) An inventory of the stream channels, made by collection of geomorphic and geometric data in 358 reaches on the drainage net. The geomorphic data have been used for a qualitative classification of the basins, while geometric data have been used for classifying the rank of activity by computing the discharges corresponding to the minor channels according Manning's formula, and relating such discharges to the drained areas. This activity-rating method has been useful because differences between channels are much higher than those due to the roughness variations; the results are consistent with geomorphic indicators of the degree of activity and with the qualitative classification.
- 2) A degradation map, made by photointerpretation with the help of field observations. This map shows a synthetic picture of the kind of phenomena responsible for the geomorphic instability and the sediment production (badland areas, surficial mining activities, mass movements, etc., up to 15 different possibilities).
- 3) Some detailed studies to estimate the rates of sediment production (by a badland area and a surface-mined area), suspended sediment transport by the Llobregat river, and the siltation in the queue zone of the Baells reservoir. The first studies have been carried out with very simple instruments (iron pins, plastic bags), the second one by taking a daily sample and measuring the turbidity with a very simple optic device, and the third one by surveying the sediments with a manual boring device during a drought period.

The results obtained are a classification and map of the activity of the elementary basins; a degradation

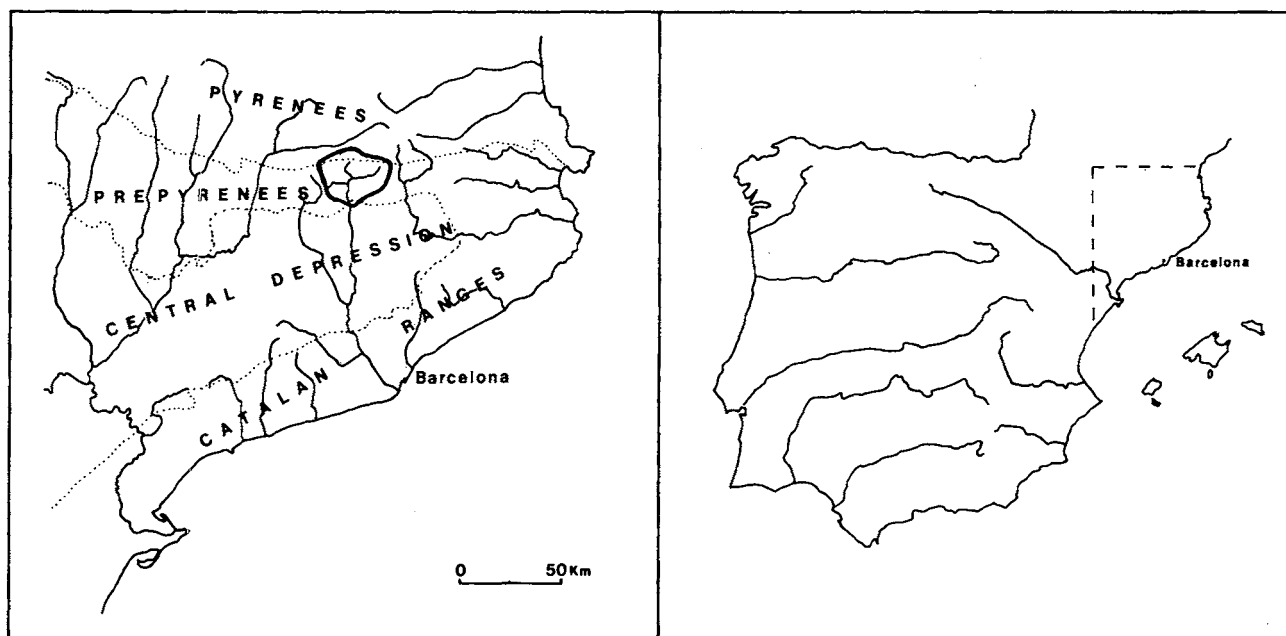


Figura 1.— Situació de la conca de la Baells.

Figure 1.— Geographical localitation of the la Baells basin.

map; and some quantitative data which show a very strong seasonality of the processes, rates of erosion between 14 and 55 Kg/m² per year in the clayey slopes of the badland, and which evidence the chief contribution of such areas to the sediment production. The mining activities, in the other hand, seem to be responsible for the rough 50 % of the bedload transport.

In spite of the simplicity of the instruments and techniques used, there is a good accordance between extrapolations based on our suspended sediment versus water discharge rates, and the amount of sediment in the queue zone of the Baells reservoir.

INTRODUCCIÓ

Amb la realització d'aquest estudi pretenem obtenir un coneixement global de la dinàmica de les conques que integren l'alta conca del Llobregat, fins a l'embassament de La Baells. Es tracta d'un sector ja conegut des del punt de vista geomorfològic (Clotet 1979) i en el qual els processos dinàmics tenen una activitat remarcable. La zona ha estat seleccionada en funció de raons tals com la gran diversitat del seu medi, tant des del punt de vista geològic, com topogràfic, com dels diferents graus de conservació de les masses forestals i l'existència de

l'embassament de la Baells, de recent funcionament, que actua com a registre totalitzador dels processos lligats a l'escolament de les aigües superficials de la conca estudiada.

Des del punt de vista científic, l'estudi representa la introducció en el nostre país d'una de les línies de recerca del programa M.A.B., promocionat per la U.N.E.S.C.O., que permet preveure el comportament hidrològic d'aquelles conques mancades de registres dels cabals sòlids i líquids, basant-se en el coneixement de les diferents característiques de cada conca.

Així doncs, a part de l'interès metodològic del treball, que intenta suavitzar les limitacions imposades per la manca, pràcticament absoluta, d'instal·lacions hidromètriques i de registre de cabal sòlid, cal remarcar les seves possibilitats d'aplicació pel que fa a la conservació dels recursos hídrics, al coneixement dels mecanismes de degradació de sòls, que permet fer recomanacions quant a mesures de protecció, i a l'avaluació de l'aport de sediments per la xarxa fluvial, que contribueixen al rebliment de l'embassament.

L'estudi que presentem ha estat orientat cap a l'obtenció de cinc objectius fonamentals:

- 1 — La posta en funcionament d'una metodologia que substitueixi, al màxim, les deficiències creades per la manca de registres hidrològics i ens permeti establir les interaccions existents entre els aspectes hidrològics i geomorfològics de cada conca.
- 2 — La resposta hidrològica de les conques elementals que integren la de la Baells: contribució als recursos de la conca, grau de torrencialitat i règim anual.
- 3 — El subministrament de sediments a la xarxa fluvial: contribució de cada conca i importància del transport en suspensió i de fons.
- 4 — La detecció d'aquells sectors que pel seu estat de degradació es converteixen en àrees fonts: aspectes qualitius i quantitatius dels processos degradants i evolució dels sectors degradats o amb tendències a la degradació.
- 5 — L'avaluació dels totals sòlids aportats a l'embassament de la Baells.

El seguiment de l'estudi que presentem i els mètodes utilitzats per la seva realització els podeu veure sintetitzats a la figura 3.

EMMARCAMENT FÍSIC DE LA CONCA

La conca de la Baells té una superfície de 497 Km² i està situada al Prepirineu oriental, 120 Km al nord de Barcelona. La característica predominant del relleu són els forts i seguits contrastos altitudinals, amb alçades que van de 600 m a la presa de la Baells a 2.500 m al N i NW de la conca (figura 1).

La pluviositat anual oscil·la entre 800 mm i 1.500 mm i mostra una distribució anual molt irregular, amb dos màxims de precipitacions, l'un corresponent a la primavera i l'altre a finals de tardor, valorats conjuntament com a superiors al 50 % del total anual. Cal també fer esment d'un altre màxim no tant important com els anteriors, però amb forta intensitat de les precipitacions, situat a l'agost. La temperatura mitjana anual es de l'ordre dels 10°C amb mínimes de -12°C i màximes de 30°C. L'hivern rigorós comprèn del novembre a l'abril amb mitjanes de més de 100 dies de gelada, les precipitacions sòlides són habituals durant tot l'hivern, i no hi són rares les de maig.

La complexitat estructural d'aquest sector

prepirinenc ha estat l'objecte de nombrosos estudis geològics (Aepler, R. 1968; Busquets, P. 1981; Guerin et al 1961; Reille, 1971; Seguret, 1969, 1972; Solé Sugrañes, 1970, 1973, 1978; Vergely, 1970, entre altres) i la seva interpretació ha anat variant amb les discussions sobre la tectònica alpina dels Pirineus.

Les característiques litològiques i estructurals de la conca de la Baells poden referir-se a les 4 unitats estructurals diferenciades (fig. 2) que de N a S són:

1. Sòcol Hercinià. — Constituït per materials compresos entre el Devònic i el Carbonífer afectats per l'orogènesi herciniana i amb paper rígid durant l'orogènesi alpina, malgrat que localment participin d'aquesta deformació. Les litologies predominants són calcàries, pissarres, gresos i conglomerats.
2. Unitat Cadí. — Considerada com l'autòcton relatiu, inclou tots aquells materials situats per damunt d'una gran discontinuïtat que aflora en superfície seguint una línia que va del Llobregat a la Mediterrànea. Els nivells basals estan formats per sediments continentals permotriàsics amb intercalacions de materials volcànics i piroclàstics. La resta de nivells Mesozoics estan representats per conglomerats, gresos i argilites, seguits per una sèrie lacustre formada per margues, gresos, calcàries i dolomies de facies garumiana. A continuació s'inicien les sèries marines cenozoiques amb margocalcàries, gresos i calcàries, seguides per nivells on predominen els gresos amb intercalacions lutítiques d'origen continental, per damunt apareixen les ritmites amb caràcters turbidítics constituïdes essencialment per calcàries micrítiques alternant amb intervals lutítics i gresos, a continuació apareixen guixos i llims finament estratificats seguits per trams gresosos amb intercalacions calcàries. La sèrie estratigràfica d'aquesta unitat finalitza amb una potent massa conglomeràtica.
3. Unitat mantell del Pedraforca. — Que ha estat interpretada com un mantell de corrent procedent del N amb un desplaçament de l'ordre de 20 Km. La base d'aquesta sèrie Mesozoica comença amb argiles i guixos del Keuper que constitueixen el nivell de desenganxament del mantell, segueixen calcàries, dolomies i margocalcàries secundàries del Juràssic i Cretàcic i finalitza amb un episodi continental representat per margues, gresos

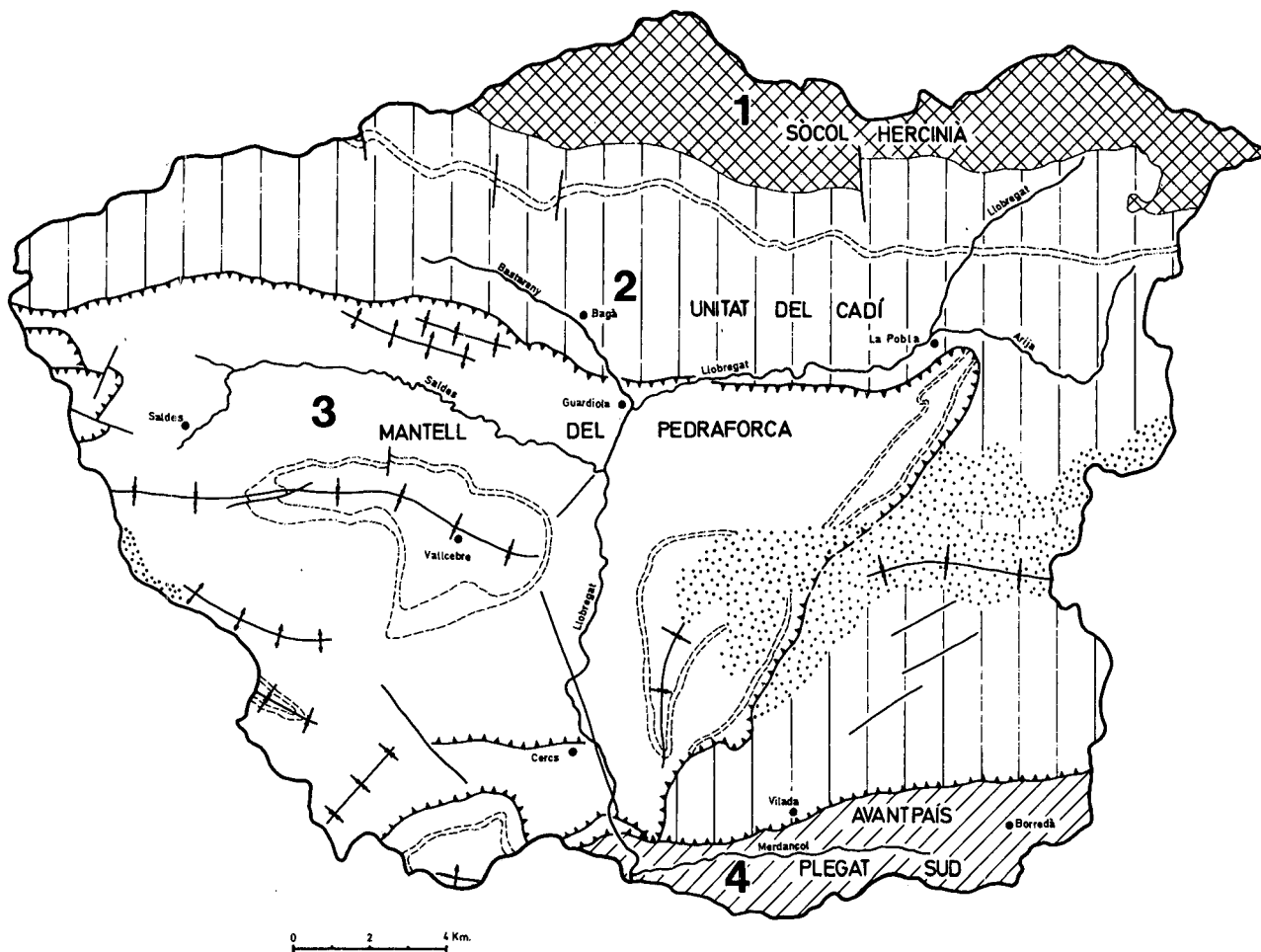


Figura 2.— La conca de la Baells: esquema estructural.

Figure 2.— La Baells basin: structural units. 1.— Hercynian basement. 2.— Cadi unit. 3.— Pedraforca mantle unit. 4.— Folded margin of the Ebro sedimentary basin.

i calcàries lacustres de la formació Garumniana, amb més de 1.000 m de gruix. Els sediments Garumnians són els més importants des del punt de vista del processos actuals, tant pels caràcters litològics que presenten com per llur disposició. Localment els materials del mantell del Pedraforca estan fossilitzats pels conglomerats de l'Eocè superior i de l'Oligocè.

4. Unitat avantpais plegat Sud. — Aquesta unitat presenta una gran continuïtat cartogràfica i estructural amb els estrats tabulars de més al S, ja en domini de la Depressió de l'Ebre i està constituïda essencialment per potents masses conglomeràtiques de l'Eocè superior i l'Oligocè.

Les condicions climàtiques i la predominància dels materials calcaris controlen les comunitats botàniques de la conca. Per sota dels 1.600 m correspon a l'associació *Buxo-Quercetum pubescentis* que trobem substituïda molt sovint per boscos de *Pinus sylvestris*. Per sobre dels 1.600 m trobem l'associació *Pulsatillo-Pinetum uncinatae* amb estrat herbaci constituït principalment per *Festuca* i concentracions arbustives poc importants quantitativament formades per *Juniperus communis*.

Durant el Pleistocè aquesta regió va estar afectada per morfogènesis de tipus glacial i periglacial (Clotet, 1982). La topografia, l'estructura geològica i el caràcter calcari del substrat van condicionar el fet glacial, que té unes ca-

racterístiques especials com són la presència poc abundant de formes d'erosió glacial i la impossibilitat del gel a concentrarse en veritables llengües.

La densitat de població es força baixa i només les explotacions de lignits i la indústria tèxtil contrarresten l'actual tendència al des poblament de la conca. La deforestació en temps passats i les explotacions mineres a cel obert actualment, són les principals activitats antròpiques que modifiquen els processos geomorfològics naturals i semblen ser un factor essencial en el desenvolupament d'àrees degradades subministradores de sediments a la xarxa fluvial.

ANALISI GLOBAL DE LA CONCA: BALANÇ DE SEDIMENTS

Donada la manca de registres hidromètrics de la conca de la Baells i partint de la hipòtesi de treball que relaciona estadísticament la freqüència d'un cabal determinat i la configuració del llit per on circula (Tricart, 1960) i que l'aspecte de la xarxa hidrogràfica d'una conca representa la síntesi de la seva dinàmica i evolució geomorfològica, varem dur a terme l'inventari de les característiques dels llits fluvials que constitueix la base de l'anàlisi global de la conca de la Baells. Aquesta informació constitueix un dipòsit de dades, el tractament de les quals ens ha permès establir relacions entre els caràcters dels llits així com correlacionar aquests caràcters amb altres factors qualitius i quantitius de les conques.

Per tal d'uniformitzar les observacions de camp i de facilitar el seu recull, es va confeccionar un qüestionari (Clotet i Gallart, 1984) que conté les dades següents:

- dades quantitatives. — Paràmetres geomètrics del llit menor i del llit corresponent a l'última crescuda observable, cabal puntual en el moment de l'observació i qualitat de l'aigua (concentració de materials en suspensió).
- dades qualitatives. — Localització geomorfològica del llit, granulometria, litologia i grau de mobilitat dels alluvions, així com abundància relativa d'aquests i observacions referides a tota la conca.

Simultàniament a la confecció de l'inventari dels llits fluvials, es va prendre la conca de Gavarrós de 22 Km² i caràcters comparables als

de la conca de l'alt Llobregat, com a conca pilot de comprovació de la validesa del mètode utilitzat i per posar a punt el tractament estadístic i de correlació de les dades qualitatives i quantitatives disponibles.

En aquesta conca es varen qüestionar 17 punts de la xarxa fluvial. Els paràmetres hidràulics del llit menor i de crescuda, varen ser mesurats després de les crescudes estiuenques de 1981 i de 1982, així com després de la crescuda cinquentenària de novembre de 1982. Els aspectes qualitius de la conca es varen obtenir a partir de la realització de les cartografies detallades geomorfològica i d'ocupació del sòl i de les mesures sobre el mapa topogràfic d'alguns paràmetres morfomètrics (índex de capacitat, hipsometria, índex del pendent, etc.).

Els antecedents bibliogràfics existents sobre el tema no s'ajustaven a la problemàtica metodològica que s'ens plantejava, i així en alguns casos les relacions s'establien entre les dimensions dels llits i els cabals de «bank full» (Wolman, 1954; Leopold et al, 1964; Dury, 1981), però en àrees ben diferents de la de l'Alt Llobregat des del punt de vista de règim hídic o com Leopold i Miller, 1956, que prenen únicament l'amplada i el pendent dels llits o Gregory i Park, 1976,, que mesuraren la secció del canal, mesures en ambdós casos insuficients en una conca muntanyosa com la de la Baells. Varem decidir, doncs, mesurar els paràmetres hidràulics dels llits menors, que són els únics que es poden delimitar clarament en una conca muntanyosa, i utilitzar els cabals calculats amb l'equació de Manning, considerant aquests valors no com a veritables dades de cabals. Els problemes principals que planteja aquesta metodologia són la definició del llit en el camp i la determinació del valor de la rugositat (n) de la fórmula de Manning.

Un cop calculats amb la fórmula de Manning els cabals corresponents al llit menor, varem establir l'equació de regressió dels valors de cabal obtinguts en funció de les superfícies drenades, a fi de trobar les diferències normalitzades entre cabals calculats i cabals previstos a la regressió. Aquestes diferències normalitzades han estat utilitzades en la classificació ordinal de les conques elementals que integren la de la Baells, com veurem posteriorment. Varem establir-se també les relacions entre els llits menors i els llits de les diferents crescudes qüestionades, així com entre els apartaments

de les rectes de regressió amb aspectes qualitatius i semiquantitatius dels canals i de les conques elementals.

Amb aquest assaig dut a terme a la conca de Gavarrós, varem poder demostrar que el mètode emprat era vàlid per a l'anàlisi global de la conca de la Baells ja que la dispersió dels valors mesurats és 10 vegades més gran que la que es pot derivar de les possibles variacions de la rugositat, i que aquestes diferències estan ben relacionades amb les característiques de les conques i amb els aspectes dels llits que controlen i/o depenen de la circulació d'aigua i de sediment.

Dels valors obtinguts, comparats amb les mesures de cabals efectuades a l'embassament de la Baells, es desprèn que el cabal corresponent al llit mitjà de tota la conca és igualat o superat un 38 % de les vegades, és a dir, respon realment a un cabal freqüent i de fet són aquests cabals habituals els responsables del modelatge dels llits.

Un cop recollida la informació de tots els punts inventariats a l'alta conca del Llobregat (358 punts) i abans d'emprendre el tractament de les dades obtingudes varem plasmar gràficament la informació referida a aspectes parcials dels llits fluvials. La cartografia 1/50.000 obtinguda classifica la xarxa fluvial de la conca en funció del règim d'escolament i de les característiques dels alluvions de cada llit, criteris indicadors del grau de torrencialitat del canal, així com de la importància relativa de cada conca elemental com a subministradora de materials.

Els criteris de classificació retinguts ens han portat a establir 8 tipus diferents de llits que hem agrupat en dues grans classes, seguint els criteris exposats per Tricart (1960), per una banda els que presenten un llit mòbil amb gran capacitat d'adaptació als canvis hidrològics de la conca, i per l'altra aquells llits que estan poc o gens adaptats a les exigències hidrodinàmiques de la conca i que hem agrupat com a llits amb fons fixat.

Les dades qualitatives procedents de l'inventari ens han permès de fer una tipologia de les conques elementals que formen la de la Baells. El primer criteri classificador que ens divideix les conques en dos grans conjunts ben diferenciats pel que fa a la seva activitat és, la predominància dels caràcters detrítics dels llits o, per contra, la dominància de les precipitacions car-

bonatades en els canals, que ens indicaran una menor activitat, almenys temporalment.

Dins d'aquests dos grans conjunts de conques i en funció d'un seguit de criteris com l'altitud, el pendent, les característiques litològiques, la granulometria dels alluvions, la mobilitat d'aquests, el grau d'estabilitat dels vessants, la importància dels processos geomorfològics degradants, etc., hem pogut definir sis tipus de conques standards, de les quals hem seleccionat una conca elemental de cada tipus que ha estat estudiada detalladament per tal de conèixer millor el seu funcionament. Els sis tipus de conques representatives establerts són els següents:

- A. Conques emplaçades sobre les argiles de fàcies garumniana, que subministren quantitats molt considerables de materials en suspensió i càrrega de fons. Vessants altament degradats per aixaragallament i moviments de massa. Sovint els llits d'aquestes conques circulen sobre formacions de blocs de gran tamany, superiors a la competència de les aigües que procedeixen d'esllavissaments o colades fangoses.
- B. Són conques que forneixen blocs, graves i sorres en quantitats i proporcions variables. Tenen un clar llit mòbil i corresponen a sectors estables. En general es tracta de conques de gran superfície.
- C. Es tracta de conques d'alta muntanya, caracteritzades per forts pendents, el transport de grans blocs, la fragmentació dels alluvions produïda pels xocs i la contribució dels allaus tant en el transport com en el modelatge.
- D. Conques ubicades sobre margocalcàries esquistosades que es degraden donant badlands. Els caràcters litològics condicionen el subministrament a la xarxa que és en forma de graves.
- E. Són conques emplaçades sobre substrats rics en carbonat càlcic. Els llits transporten sobretot graves. La característica més rellevant és la presència de precipitacions carbonatades en els llits que poden anar des de recobriments mil·limètrics dels alluvions fins a precipitacions que els enganchen entre ells immobilizant-los.
- F. Són les conques més estables i poc actives en quant a subministrament de sòlids. Es tracta de llits construïts per formacions travestíniques que com a màxim transpor-

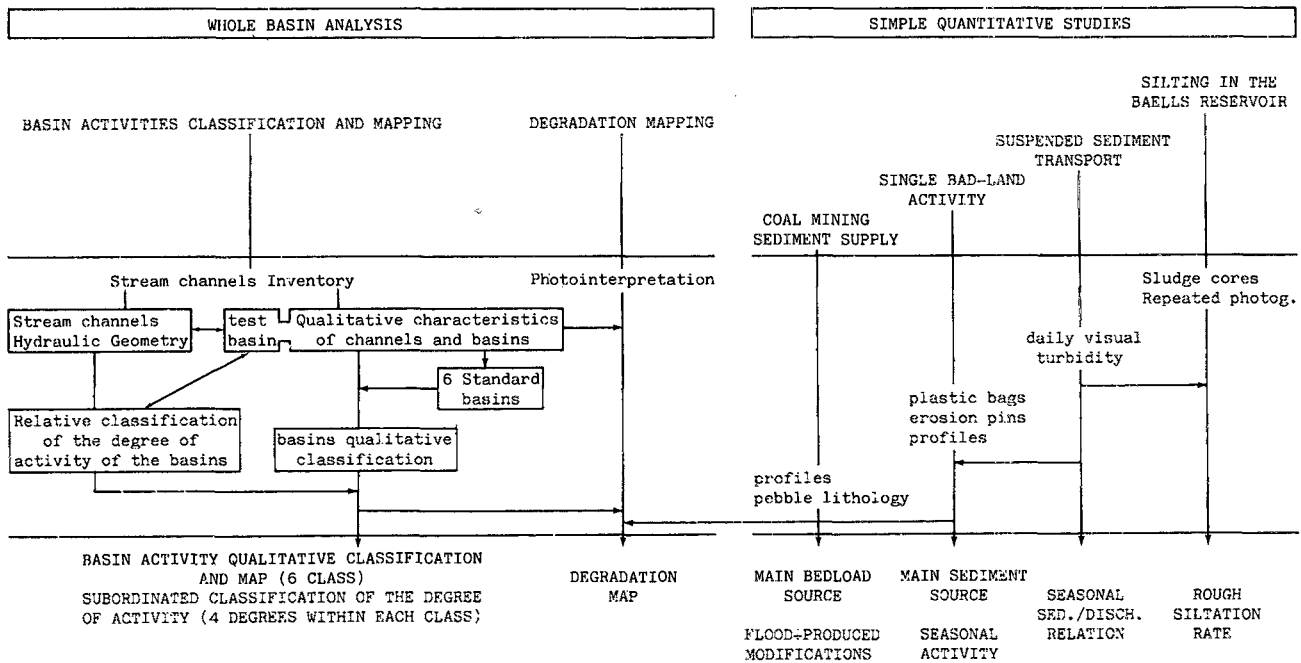


Figura 3.— Esquema metodològic.

Figure 3.— Methodological diagram.

ten sorres procedents de la fragmentació dels travertins.

Totes les conques integrants de la Baells han estat classificades segons aquests standards, prenent tipus mixts quant ha estat convenient.

Un cop establerta la classificació de les conques en funció dels caràcters qualitius dominants, hem atorgat a cadascuna d'elles un índex d'activitat relatiu a la classe qualitativa a que pertany cada conca. El tractament per obtenir aquests índex d'activitat morfogènica que ens informará sobre la torrencialitat de cada conca, sobre la importància relativa de cada conca quant a subministradora de materials així com de les característiques d'aquests, i sobre la presència o no de processos degradants en els vessants, és com segueix:

- a) Equació de la recta de regressió, per cada tipus de conca, del cabal calculat corresponent al llit menor en funció de la superfície drenada.
 - b) Càlcul dels apartaments de cada punt respecte a la regressió i homogeneïtat d'aquests segons una distribució de Gauss.
 - c) Participació en tres grups, cadascun dels quals conté un terç del total de conques.
- grup primer: conques amb torrencialitat superior a l'habitual del grup.

índex d'activitat = 1

- grup segon: conques amb torrencialitat normal pel grup a que pertanyen.
índex d'activitat = 2

- grup tercer: inclou les conques amb torrencialitat inferior a l'habitual del grup, així com aquelles conques amb funcionament esporàdic.
índex d'activitat pel primer subgrup = 3
índex d'activitat pel segon subgrup = 4

Pel fet que existeixen dependències entre els factors qualitius utilitzats en la classificació de classes standards i els quantitius emprats en l'establiment de l'índex d'activitat, queda justificat que l'anàlisi s'hagi fet separatament per cada classe i que la classificació ordinal (índex d'activitat) quedi subordinada a la qualitativa (fig. 4).

Com a complement de l'anàlisi de les conques i dels llits, ja comentat, s'ha elaborat una cartografia de les àrees i els processos subministradors de sediments. Aquesta cartografia està basada en l'anàlisi fotointerpretatiu de la conca amb l'ajut de les observacions de terreny. Els resultats han estat sintetitzats en forma de quadrícula amb elements de 0.25 Km². A cada ele-

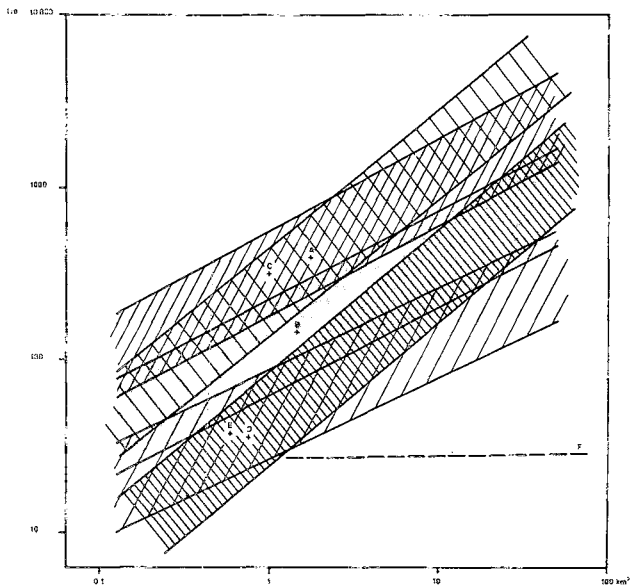


Figura 4. — Regressions entre els llits menors i les superfícies drenades pels sis tipus de conques definides a l'Alt Llobregat. Les lletres indiquen el centre de gravetat dels punts de cada classe.

Figure 4. — Regressions between minor channel discharges and drained areas for the six types of basins of the High Llobregat. The characters show the gravity center of each class.

ment li hem assignat un valor que hem indicat amb una lletra per a les àrees més o menys estables i amb una xifra per les zones amb diferents tipus i/o graus de degradació (fig. 5).

Cal remarcar que l'ordre de les xifres que classifiquen els sectors degradats, vol indicar una gradació de la importància del fenomen degradant en funció de la seva influència en el subministrament de sòlids a la xarxa fluvial i no pas segons el relleu puntual del fenomen considerat aïlladament.

Cadascuna de les 15 variables considerades admet dues intensitats, que hem indicat en el mapa (fig. 5) amb dues mides del símbol corresponent. Si el símbol que classifica cada àrea és gran indica que més del 30 % de la superfície està afectada pel procés considerat o que el fenomen està molt desenvolupat puntualment i que la seva intensa dinàmica requereix una especial atenció, i viceversa pel símbol de mida més reduïda.

El codi utilitzat en aquesta cartografia de la conca és com segueix:

- 1) Àrees Estables.
 - B. Zones densament boscoses amb escolament difús i subministrament de detritus insignificant.
 - R. Aflorament rocós amb formacions vegetals poc denses i/o discontinües. L'escolament pot ésser important però llur contribució d'aportacions sòlides és molt baixa.
 - S. Àrees d'alta muntanya. Els processos geomorfològics propis d'altitud queden contrarrestats per l'elevada infiltració càrstica. Els sediments grollers aportats poden ser importants com a resultat dels efectes gel/desgel, els forts pendents i els allaus.
 - C. Àrees estables ocupades per conreus que engloben tant zones conreuades de poc pendent com sectors amargerats.
 - P. Sectors de prat espontani d'altitud o àrees on l'activitat humana afavoreix el manteniment del prat. La degradació és inexistent o moderada.
 - A. Zones amb tendències naturals a esllavissar-se modificades antròpicament pel que fa a l'escolament superficial i hipodèrmic. Les modificacions introduïdes (construcció de recs) li confereixen estabilitat.
 - W. Àrees estables sobre substrat susceptible de degradar-se per aixaragallament o/i moviments de massa. Qualsevol canvi de les condicions naturals actuals pot provocar importants degradacions.
 - U. Sectors no codificats corresponents a assentaments urbans.
- 2) Àrees Inestables.
 - 2 — Àrees amb degradació directament lligada a l'activitat humana (explotacions mineres tradicionals i a cel obert, pedreres, etc.). Els sectors on la degradació és més important corresponen a les explotacions de lignits a cel obert, tots ells emplaçats sobre substrat garumnià. Aquests sectors són importants subministradors tant de càrrega de fons com de materials en suspensió.
 - 3 — Àrees amb degradacions complexes, on es combinen els aixaragallaments amb els moviments de massa. Són els sectors més actius en quant a subministrament de sediments fins.
 - 4 — Àrees ocupades per aixaragallaments generalitzats que donen sectors intensament degradats i amb dinàmica actual molt activa.
 - 5 — Sectors ubicats en roca nua semicoherent

HIGH LLOBREGAT BASIN Degradation Map

Grd UTM Zone 31

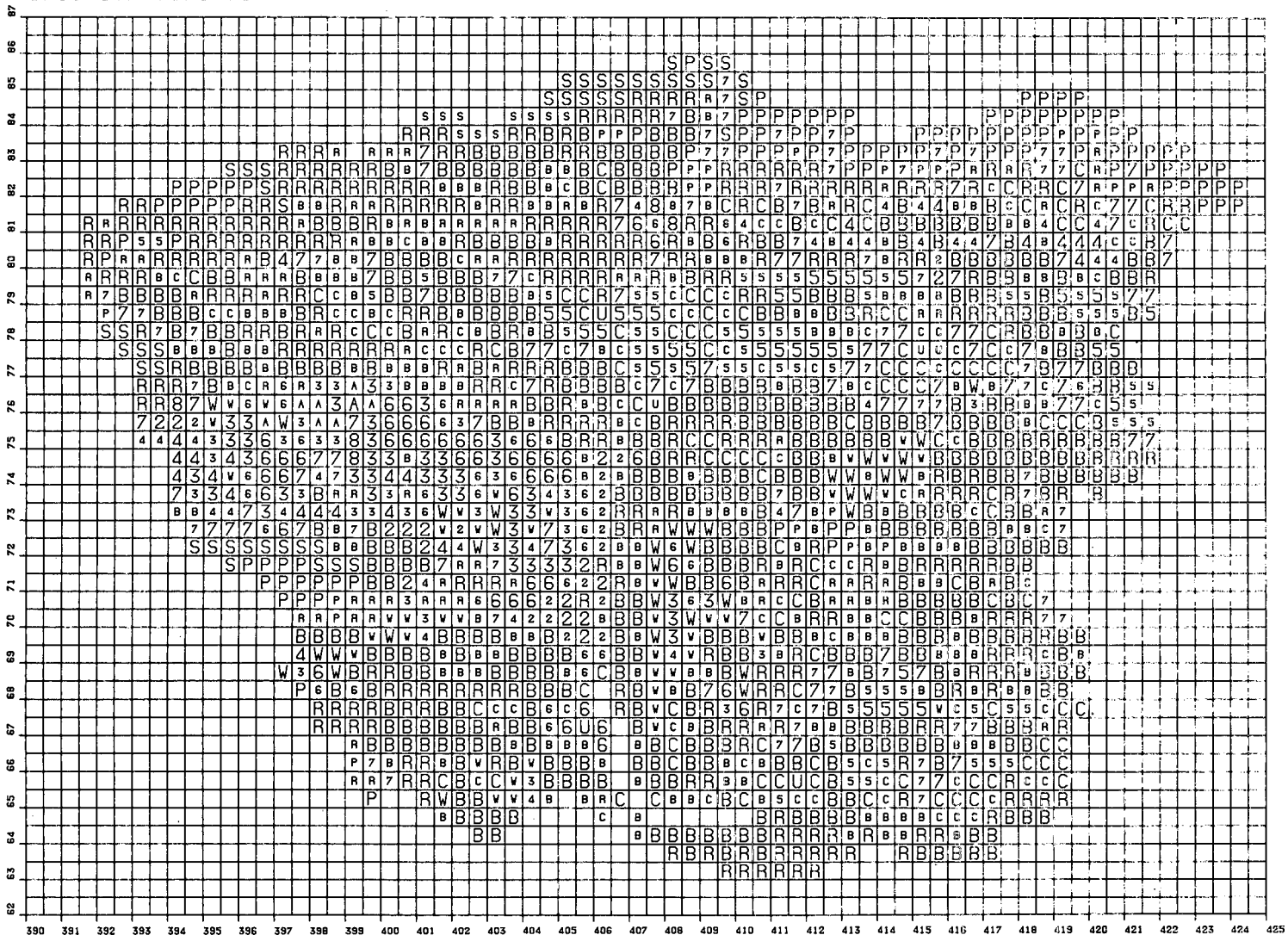


Figura 5.—Tipus de degradacions a la conca de la Baells (llegenda en el text).

Figure 5.—Degradation map of the Baells basin.

Stable areas. — B: Dense forested area. Overland flow and sediment supply are almost insignificant. R: Hard-rock outcrops with discontinuous or low density vegetal formations (mainly open bruswoods in the sunny slopes). Overland flow can be important, but sediment is very low. S: High mountain areas. The altitude geomorphical processes are usually counteracted by the high infiltration rates in the karstified limestones. Suspended sediment supply is consequently low, while bedload can be important as a result of the frost splitting, steep slopes, and snow avalanches. C: Stable agricultural areas with the slopes gentled by terracing. P: Spontaneous or man-induced meadows without or with faint degradation features. A: Susceptible to mass-movements areas, where the traditional man-induced drainage modifications help the stability maintenance. W: Stable areas on degradation-favourable bedrock, where man-induced changes may cause important degradations. U: Unclassifiable urban areas.

Unstable areas. — 2: Areas with degradations directly related to the human activity (surficial coal mines, carries). The more active are the surface mining activities, on account of the instability of the garumnian clays. 3: Areas with badlands where overland flow is helped by mass-movement processes to create the most active sediment supplying surfaces. 4: Areas with active badlands. 5: Areas on cleaved marly rocks with badland-like forms which contribute mainly to bedload. 6: Areas with mass-movements which contribute weakly to drainage net sediment supply. 7: Areas with some features which show a tendency to the degradation by concentrated runoff (rills and gullies). 8: Areas with rock falls faintly related to the sediment supply.

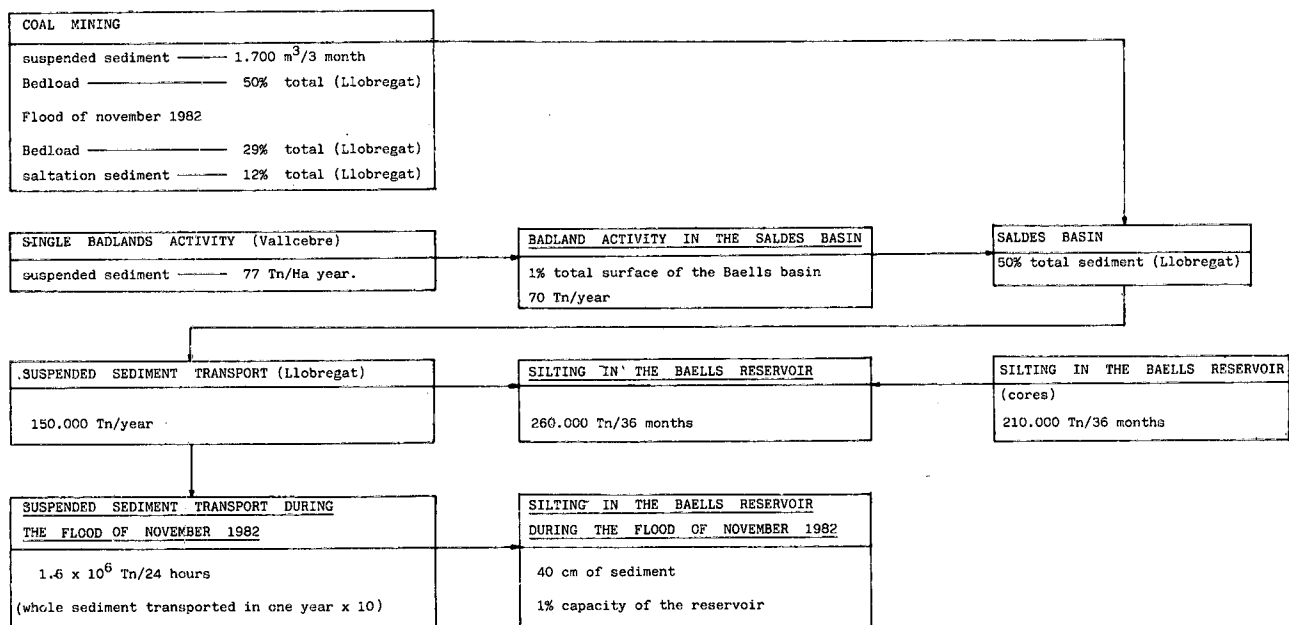


Figura 6. — Síntesi dels resultats obtinguts amb els estudis quantitius. VALORS MESURATS, VALORS EXTRAPOLATS.

Figure 6. — Synthesis of the results of the quantitative studies. MEASURED VALUES, EXTRAPOLATED VALUES.

que subministren quantitats importants de grava a la xarxa fluvial.

- 6 — Àrees amb moviments de massa. En general però el seu funcionament no és responsable del subministrament directe de sòlids a la xarxa fluvial.
- 7 — Àrees amb tendència a la degradació per concentració de l'escolament superficial de les aigües pluvials.
- 8 — Sectors on es produeixen desprendiments rocosos.

A manera de síntesi podem dir que la major part de la conca de l'Alt Llobregat està formada per àrees estables poc degradades i amb subministrament de sòlids molt feble, els sediments aportats a la xarxa provenen, doncs, de zones intensament degradades que ocupen superfícies relativament reduïdes. Els factors que han originat i/o afavoreixen aquestes degradacions són principalment la presència de determinats substrats geològics, certes activitats antròpiques i els processos propis d'altitud.

ESTUDIS QUANTITATIU COMPLEMENTARIS

Amb l'anàlisi global de la conca de l'Alt Llobregat, es posa en evidència la importància dels processos d'aixaragallament pel subministrament de sòlids en suspensió a la xarxa fluvial i el paper d'àrea font de materials, essencialment grollers, que representen les explotacions de lignits, principalment les que es realitzen a cel obert, per la qual cosa es varen portar a terme estudis més detallats que cobrissin aquests aspectes i ens proporcionessin una primera avaluació de les respectives contribucions.

Un altre aspecte a cobrir era conèixer la integració d'aquests processos en el funcionament global de la conca, per la qual cosa es va dur a terme la valoració dels sediments transportats en suspensió pel Llobregat i el posterior rebliment de l'embassament de la Baells.

Les primeres dades quantitatives obtingudes amb el conjunt d'estudis detallats complementaris que seguidament exposarem, les poden veure a la figura 6.

1) *L'impacte de les explotacions de lignit a cel obert*

Actualment, a l'alta conca del Llobregat hi ha tota una sèrie d'àrees afectades per aquest tipus d'explotació: són la vall del riu de Peguera, la vall del torrent de Vallcebre i el vessant sud del Pedraforca, ubicades totes elles en els materials argilosos del Garumnià. L'àrea que hem estudiat detalladament és part de l'explotació de la vall de Vallcebre (Clotet et al., 1983).

La cartografia geomorfològica de l'àrea realitzada i la repetició dels perfils transversals dels torrents de les rodalies de la zona explotada, han servit com a document base per els treballs posteriors, destinats a obtenir una valoració dels aports sòlids procedents d'aquestes àrees.

A fi d'avaluar l'impacte de les explotacions en la càrrega de fons dels torrents de l'àrea explotada i del Llobregat, hem realitzat un seguit de comptatges dels elements detrítics de diferents mides i litologies dels alluvions actuals i els hem comparat amb l'espectre litològic dels dipòsits holocens no contaminats per elements de les explotacions. Hem pogut demostrar que els treballs d'explotació subministren una part important del cabal sòlid de fons, i així al Llobregat els materials procedents de l'explotació representen el 50 % de la càrrega total i en els petits torrents que travessen l'àrea explotada un 75 %.

En els moments de crescuda, la mobilització dels alluvions de les terrasses baixes i dels detrítus dels llits afluent, fa que disminueixi apreciablement la presència de materials procedents de l'explotació. Al Llobregat els materials subministrats per l'explotació, després de la crescuda excepcional de novembre del 1982 s'havien reduït a un 29 % i als torrents de l'àrea explotada a un 64 %.

A causa de les dificultats que presenta l'estudi del subministrament de materials fins a la xarxa, per part de les explotacions sense disposar d'aparells registradors hem instal·lat una parcel·la de control d'ablació en un dels talussos dels abocadors. Les erosions mesurades són de l'ordre de 2 cm per un període de tres mesos, la qual cosa representa l'evacuació de 1.700 m³ de materials fins, en aquest mateix període de temps i sense considerar els materials aportats d'altres sectors que no siguin estrictament talussos dels abocadors de runes.

2) *La dinàmica d'un sector de bad-lands del Garumnià de Vallcebre*

Respecte de les àrees ocupades per bad-lands, a la conca de la Bacells cal diferenciar-ne de tres tipus, que responen a tres litologies diferents: els instal·lats en els materials argilosos Garumnians, els que ocupen les lutites permotriàsiques, i els localitzats a les marges eocèniques. D'aquestes àrees intensament degradades, les més actives i les que ocupen major superfície són les ubicades a les argiles garumnianes, i és per aquest motiu que varem prendre un badland d'aquest tipus per estudiar-lo detalladament.

Per tal d'obtenir dades referents a la magnitud dels fenòmens que es produeixen en aquestes àrees i la seva distribució i modalitats en l'espai i en el temps, varem seleccionar un badland de 0.02 Km² a 1.240 m d'altitud a prop del poble de Vallcebre, que va ser instrumentalitzat amb material molt senzill que varem controlar durant l'any 1982 (Clotet et al., 1983).

L'esforç major el varem destinar a la valoració dels processos que tenen lloc en les àrees d'argiles nues, donat que evidenciaven ser els més actius. A les zones cobertes per formació superficial de graves i blocs només varem dur-se a terme observacions de tipus qualitatiu.

2.1. *Observacions quantitatives*

Varem realitzar un seguit de mesures, que en alguns casos ens van proporcionar directament dades sobre els volums de sediment aportats pels vessants, i en d'altres només ens van permetre establir comparacions més exactes entre les observacions a fi de detectar les modalitats dels fenòmens. Les mesures realitzades són les següents:

- Pluviometria: Es tracta d'un senzill aparell, que a més d'obtenir els totals acumulats, dona informació sobre les intensitats de les pluges. Hem observat una clara diferència entre les precipitacions d'estiu i les d'hivern, però l'absència d'un registre fiable que ens permetés saber la tara de l'aparell, ens ha portat a explotar solament les dades sobre els totals.
- Pes de sediments aportats pels vessants nus: vam efectuar dues senzilles instal·lacions, consistents en sacs de plàstic que recullen

l'aigua i els materials subministrats per un vessant de 4 m² i 72 % de pendent i per una petita conca de 37,5 m² amb pendents de l'ordre del 80 %. Passat un cert temps vàrem observar que el volum d'aigua podia sobrepassar la capacitat dels sacs, amb el que corriem el risc de perdre una part important del sediment. Per aquesta raó, vàrem fer nombrosos orificis en els sacs instal·lats, a fi que l'aigua podés evacuar-se. Aquest fet ens ha impedit de poder calcular els coeficients d'escolament.

- Evolució dels vessants nus: les mesures han estat efectuades sobre estaquas metàl·liques clavades en el substrat argilós, distribuïdes en dues estacions de tres estaquas cada una, col·locades respectivament en la part superior, mitjana i inferior dels vessants. També es varen realitzar perfils transversals repetits d'un vessant per tal de poder observar l'evolució dels reguerons que solquen aquests vessants nus i la pròpia evolució del vessant.
- Evolució del llit principal: en tres punts del llit principal s'aixecaren perfils transversals detallats, recolzant-nos en estaquas de fusta clavades a les ribes. Aquests perfils es repetiren cada vegada que hi havia indicis de modificacions i això ens ha proporcionat informació sobre els períodes d'acumulació i d'incisió del llit.
- Evolució de les àrees amb formació superficial de graves i blocs: Es pintaren dues línies perpendiculars al pendent màxim dels vessants, orientades al N i al S, respectivament. Al cap d'onze mesos d'observació es detectaren lleugers signes d'activitat, però encara no n'hem analitzat el significat.

2.2. Resultats obtinguts al cap d'un any d'observació

- Les dades pluviomètriques mostren un màxim que comprèn el mes d'agost i els primers dies de setembre. S'evidencià també una punta estiuenca de les intensitats de pluja, i així per exemple, durant el xàfec del 23 d'agost vàrem mesurar una intensitat mitjana de 72 mm/h durant un període de mitja hora.
- El valor d'erosió computat amb el recull de sediments en sacs de plàstic es de 14 Kg/m² per la petita conca pilot, i de 11 Kg/m² pel vessant. Les mesures efectuades amb les estaquas metàl·liques son força irregulars, amb

una mitjana de 37 mm que corresponen, suposant una densitat de 1.5, a 55 Kg/m², valor 4 vegades més gran que l'obtingut amb els sacs de plàstic.

- Analitzant les relacions entre sediments recolectats i les corresponents precipitacions obtenim una gran diferència entre les observacions del mes d'agost, amb pesos de sediment superiors als calculats en la regressió, i la resta de l'any amb quantitats de sediment recollides inferiors a les corresponents a la recta de regressió.
- Les mesures referents al 9 d'agost mostren un pes de sediment recollit en el sac del vessant molt superior del que caldria esperar en relació a la precipitació, així com una forta ablació dels vessants d'argila nua, mesurada amb les estaquas metàl·liques. L'aixecament de perfils transversals en el tàlveg principal ens indiquen una important acumulació de sediments. Per contra, en el sac de la petita conca pilot hi vàrem recollir una quantitat de sediment superior a la calculada a la regressió respecte a les precipitacions però 8 vegades més petita si la comparem amb la quantitat de sediment procedent del vessant pilot. Una tempesta acompanyada de calamarça pot explicar aquestes relacions ja que la pedra en caure produeix una forta ablació dels vessants però en canvi el cabal que circula pels tàlvegs no és suficient per eliminar els sediments acumulats.
- Les pluges excepcionals registrades els dies 6 i 7 de novembre del 82 corresponen a quantitats de sediments subministrats similars a les recolectades a l'agost però la relació amb les precipitacions és molt inferior. Els tàlvegs van conduir una avinguda amb cabals màxims també similars als registrats en el mes d'agost, però aquesta vegada mantinguts durant varies hores, la qual cosa va possibilitar l'evacuació dels materials que entapissaven els llits.

2.3. Discussió

En els sectors de bad-land ocupats per argiles garumnianes n'hi existeix un fort contrast estacional de la dinàmica. Durant la major part de l'any dominen els processos relacionats amb la preparació dels materials i la quantitat de sediments desallotjats és molt poc important. El manteniment d'un grau d'humitat elevat i la

gran freqüència de les gelades afavoreixen en gran manera la meteorització física de les argiles. A l'estiu i com a conseqüència dels forts xàfeces, sovint acompanyats de pedra, es produeix l'intensa ablació del regolít dels vessants. Cal remarcar la importància morfogenètica corresponent al primer d'aquests xàfeces estiuencs. L'evacuació de sediments fora de l'àrea del bad-land és molt més regular i està més relacionada amb la duració de les pluges que amb la seva intensitat. Si comparem les dades computades respecte a l'ablació de les argiles nues amb les mesures de transport en suspensió realitzades al Llobregat, que veurem a continuació, trobem que els sectors ocupats per argiles nues dels bad-lands, que representen un 1 % de la superfície total de la conca de la Baells, subministren 1/3 part del total de materials fins transportats pel Llobregat en suspensió, tot i que per al càlcul hem considerat les àrees de bad-lands cobertes per formació superficial, com a àrees no subministradores i que l'extrapolació s'ha fet a partir de les dades obtingudes amb els sacs de plàstic molt més discretes que les mesurades amb les piquetes.

3) *Sediments transportats en suspensió pel Llobregat*

Varem instal·lar una senzilla estació de mesura de concentració de sediment en suspensió de l'aigua del Llobregat a la presa del canal industrial de Berga, situada al Collet, on s'ha pres una mostra diària. Les mesures de la terbolesa de l'aigua realitzades es basen en l'opacitat de la mostra, que serà tant més gran com més elevat sigui el percentatge de sòlids en suspensió que presenti. El llinar de l'aparell utilitzat, es situa a concentracions de l'ordre de 0.05 gr/l de manera que les concentracions inferiors no han estat registrades.

La limitació més important del mètode seguit és que una mostra d'aigua diària és insuficient, sobretot en temps de crescuda quan les concentracions i el transport total són màxims.

El producte de les concentracions mesurades al Collet pels cabals mitjans diaris mesurats a l'embassament de la Baells ens ha portat a un total de 147.000 Tn de sediment per 1982 sense els valors corresponents a la crescuda de novembre que no posseïm ja que l'estació d'aforament va ser parcialment destruïda. Cal però remarcar que els valors corresponents a un sol

dia representen el 37 % del total mesurat i si considerem els 10 dies de cabal sòlid superior a 10 Kg/s arribem al 94 % del total, fet que ens confirma la importància del coneixement detallat de l'evolució de la terbolesa i del cabal al llarg de cada crescuda, impossible d'obtenir amb una mostra diària. El resultat indicat anteriorment s'ha de prendre doncs com un ordre de magnitud i no pas com un valor absolut.

S'han observat notables diferències de la relació sediment/cabal entre estiu i hivern. Calculant els coeficients de regressió entre precipitacions mesurades a les diferents estacions de la conca i concentració de sediment, es posa en evidència l'important paper d'àrea font de materials fins que representen els sectors de bad-land del garumnià.

S'ha intentat estimar el transport en suspensió corresponent a la crescuda de novembre del 82 a partir de la regressió sediment/cabal per períodes de pluja de baixa intensitat afectant la totalitat de la conca. Aquesta extrapolació ens a portat a un total transportat de 1.6 milions de Tn en 24 hores que representa unes 10 vegades el transport mesurat per tot l'any.

Es fa difícil d'apreciar si l'estimació feta és prou vàlida ja que en contra del que succeeix durant les pluges de baixa intensitat, preses com a model de l'extrapolació, durant la crescuda de novembre del 1982 es produïren nombrosos esllavissaments que incrementaren la quantitat de sediments transportats en suspensió (Clotet i Gallart, 1983). Amb tot, però, la quantitat de sediment obtinguda equival a una ablació de l'ordre de 2 mm per tota la conca i una pèrdua de capacitat de l'embassament de l'1 %, això és, un gruix mitjà de 40 cm de sediments acumulats al vas de l'embassament.

4) *El rebliment de l'embassament de la Baells*

A fi de tenir una valoració dels sediments depositats a la cua de l'embassament de la Baells, es realitzaren un seguit de sondatges manuals de l'àrea durant l'hivern i la primavera de 1981, que ens permeteren obtenir les columnes estratigràfiques dels materials depositats. Alhora varem prendre fotografies estereoscòpiques des de punts fixos seleccionats, per tal de poder-les comparar amb futures imatges. Posteriorment, durant l'estiu del 1981, varem abocar pols de barita en punts determinats de la resta del vas de l'embassament, per tal d'obtenir una

isocrona del sediment, fàcilment detectable amb raigs-X dels testimonis que es puguin extreure en un futur.

Per avaluar el volum de sediments acumulats a la cua de l'embassament, cubicarem separadament els materials corresponents al llit antic del Llobregat, amb percentatges importants de sorres, dels de la resta de la superfície inundada, quasi únicament llimosos. El total ens ha donat un volum aproximat de 0.14 Hm³ que correspon a 210.000 Tn de sediment, un 70 % dels quals són de natura llimosa.

Si calculem els sediments transportats en suspensió a partir de les regressions estacionals que relacionen el pes de sediment amb els cabals, pel període durant el qual aquesta zona de l'embassament va estar inundada, obtenim 260.000 Tn de sediment, valor molt similar al que ens dona la cubicació realitzada, sobretot si considerem que també hi ha hagut quelcom d'acumulació de sediments fins a la resta del vas. Aquest resultat ens confirma la validesa de les estimacions fetes respecte als sediments transportats en suspensió pel Llobregat.

CONCLUSIONS

A) *Conclusions d'ordre metodològic*

1. Els cabals corresponents als llits menors i a les crescudes ordinàries, tenen bona relació amb les superfícies de les conques respectives.

Els cabals de les conques altament degradades (conques de tipus A i D) són directament proporcionals a les superfícies, mentre que els llits de les conques restants són més petits del que els hi correspondria si manteníem aquesta proporcionalitat lineal.

Els cabals dels llits menors es relacionen bé amb els cabals punta de les crescudes d'estiu i en canvi aquesta relació és molt feble per la crescuda de novembre de 1982, la qual cosa ens indica que els llits estan modelats per les crescudes ordinàries.

2. Proposem l'índex d'activitat morfogènica que permet establir una tipologia relativa de la capacitat de cada llit.

La variabilitat d'aquest índex és molt superior al que caldria esperar en funció de la rugositat dels llits (n), per la qual cosa po-

dem prescindir d'aquest valor de difícil apreciació.

Les característiques qualitatives dels llits que ens indiquen el seu grau d'activitat i alguns dels caràcters qualitius de les conques es relacionen netament amb l'índex d'activitat morfogènica o capacitat hidràulica del llit.

3. Els estudis quantitius complementaris i les corresponents mesures realitzades ens permeten:

— Avaluar l'ordre de magnitud dels processos degradants.

— Donar valors extrapolats de fenòmens determinats (com els aiguats de novembre de 1982) o de períodes en els quals no es posseeix registre.

— Analitzar el funcionament estacional dels processos.

— Posseir un conjunt de coneixements necessaris a l'hora de preveure instal·lacions de mesurament amb instrumental més precís.

B) *Sobre els caràcters més rellevants de la Conca de la Baells*

El fet més destacable de la conca és el fort contrast existent entre percentatges petits de superfície que proporcionen grans quantitats d'aportacions sòlides a la xarxa fluvial i extensions considerables que tenen un subministrament pràcticament nul.

Aquestes àrees altament subministradores corresponen a vessants degradats, i les causes que provoquen les degradacions poden ser de quatre tipus:

1. Fenòmens d'altitud relacionats amb el gel/desgel.
2. Fenòmens gravitacionals que directament no influeixen pràcticament en el subministrament de sòlids a la xarxa fluvial però en canvi afavoreixen el desenvolupament posterior de processos d'aixaragallament a l'àrea afectada.
3. Fenòmens relacionats amb l'escolament de les aigües superficials que es presenten amb diversos graus, des d'incisions puntuals fins a àrees ocupades per bad-lands. La dinàmica d'aquests fenòmens és intensa i ràpida i els processos d'aixaragallament són específics per cada tipus litològic afectat. El subministrament de sòlids a la xarxa és sempre con-

siderable sobretot pel que fa a sòlids en suspensió.

4. Accions antròpiques, principalment l'extracció de lignits a cel obert que subministra materials en suspensió i de càrrega de fons, i crea, a més, un interrogant sobre la resposta de l'àrea afectada un cop finalitzada l'explotació.

BIBLIOGRAFIA

- AEPLER, R. 1968: «Das Garumnium der Mulde von Vallcebre und ihre Tektonik». Diplomarbeit Naturwissenschaftli Fakultät der Freieu Universitat Berlin, 91 fig. 5 mapes, 101 p.
- BUSQUETS, P. 1981: «Estratigrafia y sedimentologia del terciari prepirinenc entre els rius Llobregat i Freser-Ter». Tesi Doctoral, Fac. Geol. Univ. Barcelona (Inèdit).
- CLOTET, N. 1979: «Sobre l'evolució geomorfològica de l'Alt Berguedà». Tesi de Llicenciatura, Fac. Geol. Univ. Barcelona, 1 mapa color 1/20.000, 118 p. (Inèdit).
- CLOTET, N. 1982: «Síntesi de l'evolució geomorfològica de l'Alt Berguedà». *Rv. Centre d'Estudis Berguedans*, 1: 195-210.
- CLOTET, N., GALLART, F., CALVET, J. 1983: «Estudio del impacto en la dinámica del medio físico de las explotaciones de lignito a cielo abierto, en el valle del torrente de Vallcebre». *II Reunión del G.E.G. A.O.T.* 3.19-3.37, Lleida.
- CLOTET, N., GALLART, F., CALVET, J. 1983: «Estudio de la dinámica de un sector de bad-lands en Vallcebre (prepirineo Catalán): Puesta a punto de la metodología y primeras aproximaciones cuantitativas». *II Reunión del G.E.G.A.O.T.* 4.20-4.38, Lleida.
- CLOTET, N. i GALLART, F. 1983: «Dinàmica a la conca de l'Alt Llobregat» in Puigdefàbregas C. eds. «Efectes Geomorfològics dels aigüats de novembre de 1982». Informes I, Publicacions del Servei Geològic de Catalunya. Departament de P.T.O.P. 48-113 p.
- CLOTET, N. i GALLART, F. 1984: «Utilización de las características geomorfológica de los cauces fluviales como método de estudio de la dinámica de cuencas montañosas que no disponen de registros limnimétricos». *Actas del I Coloquio sobre procesos actuales en Geomorfología*. Jaca. *Cuadernos de Investigación Geográfica*, XI (1/2):75-82.
- DURY, G.H. 1981: «Magnitude-Frequency analysis and channel morphometry» in Morisawa, M. ed. «*Fluvial morphology*». *Proceeds of 4 Annual Geom. Symp.* Ser. Binghamton N.Y., 91-121.
- GREGORY, K.J., PARK, C.C. 1976: «Stream channel morphology in northwest Yorkshire». *Rev. de Geomorph. Dyn.*, 25: 63-72.
- GUERIN-DESJARDINS, B. y LATRIELLE. 1961: «Étude géologique dans les Pyrénées, entre los rios Segre et Llobregat». *Rev. Inst. Fran. du Petrole*, v. XVI.
- LEOPOLD, L.B. and MILLER, J.P. 1956: «Ephemeral streams hydraulic factors and their relation to the drainage net». *U.S. Geol. Sur. Prof. Paper*, 282-A, 37 p.
- LEOPOLD, L.B., WOLMAN, M.G., MILLER, J.P. 1964: «*Fluvial processes in geomorphology*». Freeman and Co., S. Francisco, 522 p.
- REILLE, J.L. 1971: «Les relations entre tectogénese et sedimentation sur le versant sud des Pyrénées Centrales». C.N.R.S. A.O. 4916, Thèse Doctorale, France.
- SEGURET, M. 1969: «La nappe del Pedraforca: nouvelle unité allocthone du versant sud des Pyrénées». *C.R. Acad. Sc.*, 269: 552-555.
- SEGURET, M. 1972: «Étude tectonique des nappes et séries decollées de la partie centrale du versant sud des Pyrénées». *Pub. Univ. Sci. Techn. du Languedoc*, vol. 2, 155 p.
- SOLE SUGRAÑES, L. y MASCAREÑAS, P. 1970: «Sobre las formaciones Ager y Baga del Eoceno del Cadí (prepirineo oriental) y de unos pretendidos olistolitos del mismo». *Acta Geol. Hisp.*, 4: 97-101.
- SOLE SUGRAÑES, L. 1973: «Algunos aspectos de la tectónica del prepirineo oriental entre los rios Segre y Llobregat». *Acta Geol. Hisp.*, VIII (3): 81-89.
- SOLE SUGRAÑES, L. 1978: «Gravity and compressive nappes in the central southern Pyrenees (Spain)». *Am. J. Sci.*, 278: 609-637.
- TRICART, J.L. 1960: «Mise ou point: les types de lits fluviaux». *L'Information Géographique*, 24 (5): 210-214.
- VERGELY, P. 1970: «Étude tectonique des structures Pyrénéennes». These Univ. Montpellier.
- WOLMAN, M.G. 1954: «The natural channel of Brandywine Creek. P.A.». *U.S. Geol. Surv. Prof. Paper*, 271, 55 p.

Aquest article es un resum de la Tesi Doctoral de l'autora (CLOTET, N. 1984).

Rebut, novembre 1984.