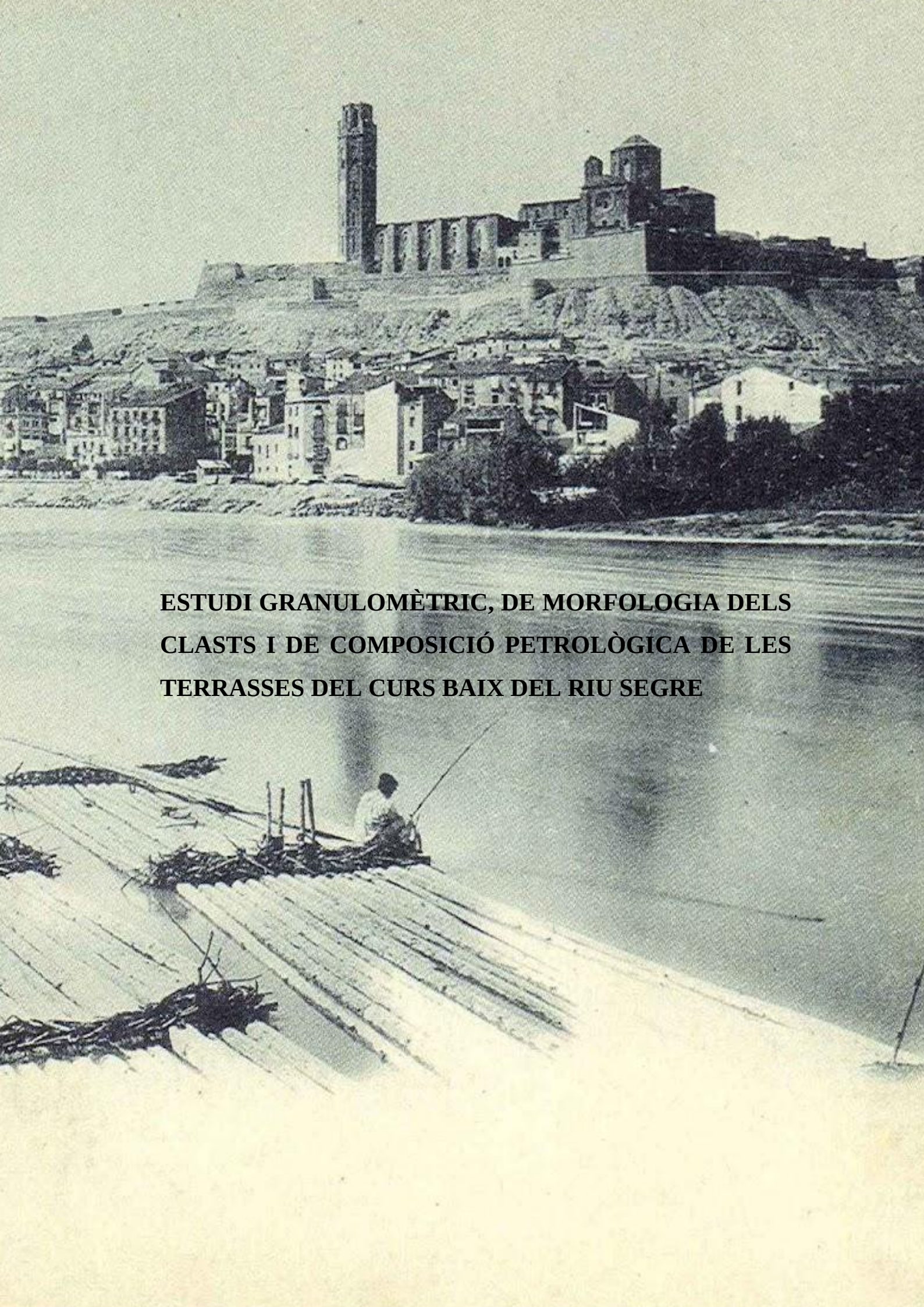


ESTUDI GRANULOMÈTRIC, DE MORFOLOGIA DELS CLASTS I DE COMPOSICIÓ PETROLÒGICA DE LES TERRASSES DEL CURS BAIX DEL RIU SEGRE

ÍNDEX

Pàgines

1. Hipòtesi de treball.....1

2. Introducció a les terrasses i a la dinàmica del riu.....2
   2.1. Introducció a la dinàmica del riu.....2
   2.2. Les terrasses.....3
   2.3. Formació i origen.....4
   2.4. Tipologia.....6
   2.5. Canvis en la dinàmica de la Terra durant el últims 2 Ma. El Quaternari.....10

3. Àrea d'estudi.....13
   3.1. Antecedents.....13
   3.2. Característiques físiques de la zona.....16
      3.2.1. Marc geogràfic de la conca del riu Segre.....16
      3.2.2. Geologia de la conca del Segre.....18
   3.3. El riu Segre i les seves terrasses. 20
   3.4. Formació i origen de les terrasses del riu Segre.....25

4. Metodologia.....27
   4.1. Revisió dels estudis precedents i de la cartografia geològica.....27
   4.2. Anàlisi de camp.....29
   4.3. Metodologia granulomètrica.....32
   4.4. Anàlisi morfomètric dels clasts.....36
   4.5. Tractament estadístic de les dades.....39
   4.6. Anàlisi litològic i estimació de l'àrea de procedència dels clasts.....39

5. Resultats.....43
   5.1. Descripció general de les terrasses.....43
   5.2. Anàlisi granulomètric.....53

5.3. Anàlisi morfomètric.....58
5.4. Anàlisi litològic.....62
5.4.1. Anàlisi litològic de les graves grolleres.....62
5.4.2. Anàlisi litològic dels còdols.....64

6. Conclusions.....70

7. Bibliografia.....72

Annex 1. Descripció de les litologies més freqüents aportades a la conca

Annex 2. Taules descriptives de camp

Annex 3. Documentació fotogràfica extreta explicativa
3.1.Estudi de les terrasses al camp
3.2.Procés de tamisatge i pesat al laboratori
3.3.Anàlisi morfomètric
3.4.Anàlisi petrològic

Annex 4. Gràfics complementaris

4.1. Diagrames de Zingg
4.2. Histogrames de les freqüències litològiques

1. HIPÒTESI DE TREBALL

La geologia basa els seus fonaments en la hipòtesi general de l'uniformisme dels processos geològics. L'uniformisme dicta que els processos naturals que actuaren en el passat són els mateixos que actuen en el present. El fet que aquest treball quedi emmarcat dins d'aquesta branca científica ens porta a adoptar aquesta hipòtesis com a base de tots els processos geològics que formen les terrasses.

En altres hipòtesis de treball d'ordre menor es considera que:

- La intensitat dels processos de meteorització està en relació al temps transcorregut, per tant, com més antiga sigui una terrassa més meteorització haurà sofert i, en canvi, com més moderna, els materials seran més similars als originals.

- La composició en percentatge dels materials de les terrasses ve en funció de dos factors: la superfície de cada material geològic dins la conca de drenatge i la resistència del material a ser fragmentat, polit o dissolt i del tipus de procés de transport dominants en la capçalera (fluvials per aigües corrents o glacials per l'empenta del gel).

2. INTRODUCCIÓ A LA DINÀMICA DEL RIU I A LES TERRASSES

2.1. Introducció a la dinàmica del riu

Cal tenir en compte, abans d'iniciar l'explicació referent a la formació i origen de les terrasses fluvials, els diferents processos que tenen lloc en un curs fix exorreic des del seu naixement fins a la seva desembocadura.

La tendència general del riu és excavar la seva llera per tal d' homogeneïtzar aquesta energia i arribar a aconseguir cert perfil longitudinal amb un pendís regular conegut com a perfil d'equilibri. Aquest perfil, de caire idíl·lic, manté constant la relació entre transport d'al·luvions i erosió, de forma que no arriba a produir-se una autèntica sedimentació al·luvial ja que el pendent és suficientment pronunciat com per evacuar tots els materials detrítics transportats. D'aquesta manera, un riu amb un corrent exempt d'interferències tectòniques i litològiques que l'obliguin a emplenar conques o excavar ràpids, presenta una acció dinàmica que iniciada des del nivell de base del riu tendeix a anivellar el perfil longitudinal fins al seu naixement. Així, en el perfil longitudinal d'un riu es diferencien tres trams associats a l'energia que el riu hi porta en cadascun i, conseqüentment, al processos que hi tenen lloc per excel·lència: el curs alt, mitjà i baix.

Seguint l'ordre natural establert pel recorregut que traça el riu, en primer lloc trobem el seu naixement, situat en el curs alt en el punt més elevat del terreny pel que circula el corrent, on l'aigua recollida queda drenada. En aquest tram el riu té un comportament torrencial, erosionat els materials de l' àrea font gràcies a la seva energia potencial. Aquesta ve donada per l'elevat cabal i la forta pendent per la que baixa, dos factors que permeten assolit gran potència energètica a l'aigua per excavar verticalment i incidir sobre els materials detrítics del fons de la llera originant valls molt tancades amb la tradicional forma de "V" i congostos. L'erosió i el transport predominen sobre la sedimentació, originant excavacions en la llera.

En el curs mitjà el curs fluvial circula a una alçada més propera a la del nivell de base i la seva capacitat erosiva queda minvada per la progressiva disminució de la pendent i, conseqüentment, per la pèrdua de velocitat del flux. D'aquesta manera el riu inverteix la

majoria de la seva energia al transport dels materials que han estat prèviament erosionats en el tram anterior. En aquest estadi el riu tendeix a excavar horitzontalment la base de la vall fluvial, eixamplant-la a mesura que el corrent descendeix pel seu curs. L'erosió horitzontal dóna lloc a les anomenades planes d'inundació, amplies valls de fons pla que queden fora de la llera per on acostuma a circular el riu. Aquestes, però, poden arribar a quedar cobertes pel corrent de forma esporàdica en el cas d'avingudes o crescudes periòdiques, en les quals el riu es desborda sobre l'esmentada plana, dipositant-hi els al·luvions remoguts.

Finalment, el curs baix està més pròxim al nivell mínim d'energia potencial i, exceptuant modificacions externes (sobretot eustàtiques i tectòniques) hi predomina la sedimentació i emplenament de dipòsits. El riu hi circula per terrenys molts plans, perdent la velocitat, i tragina grans quantitats de sediments, els quals poden quedar acumulats a la desembocadura originat illes sedimentàries anomenades deltes, o bé estuaris en rius que desemboquen en grans mars.

El desenvolupament de les valls fluvials queda marcat per la intensa i ininterrompuda labor erosiva de les corrents fluvials. El resultat d'aquesta erosió dóna lloc, entre d'altres coses, a les esmentades planes d'inundació en el curs mitjà i baix. Aquestes prenen un paper fonamental en la formació de les terrasses fluvials, tractant-se dels seus antecedents immediats. L'acció transportadora del riu remou els sediments, erosionats en la seva àrea font, al llarg del corrent fins a dipositar-los en la desembocadura. És ocasionalment, en els períodes en que es donen crescudes del cabal com en les avingudes o inundacions quan les planes d'inundació esmentades queden cobertes, moment en que és possible la sedimentació dels materials transportats pels rius en aquestes zones, formant dipòsits d'al·luvions.

2.2. Les terrasses

Les terrasses fluvials són definides com els graons topogràfics que flanquegen banda i banda de les planes i valls al·luvials situats en un pla més elevat i paral·lel a la llera del riu i la seva actual plana d'inundació (fig. 1). Les terrasses fluvials son restes de l'antiga plana d'inundació que el flux d'aigua ocupava en un moment previ en que circulava a major altura abans de sofrir un procés d'encaixament i crear una nova plana d'inundació

a un nivell inferior per la qual discorre actualment. Són originades a partir d'una interrupció temporal dels sediments, els quals no poden arribar a desembocar al final de la seva conca a causa d'un fenomen extern com pot ser un canvi en el pendent, en el nivell de base, etc. Les terrasses, doncs, no són estructures geogràfiques permanents si no que, com la resta del relleu, tenen una durada efímera (que pot durar milions d'anys) i acaben essent erosionades. Presenten nivells aplanats i separats per talussos, els escarpaments de terrassa, i acostumen a queden fora de l'abast de les crescudes ordinàries. Són pròpies del curs mitjà i baix, on la vall fluvial és més ampla i el corrent del riu perd velocitat. També poden formar-se en el curs alt, però és poc usual, ja que l'energia incisiva en aquest tram és molt alta i la vall fluvial massa tancada per a que aquestes s'hi puguin formar.

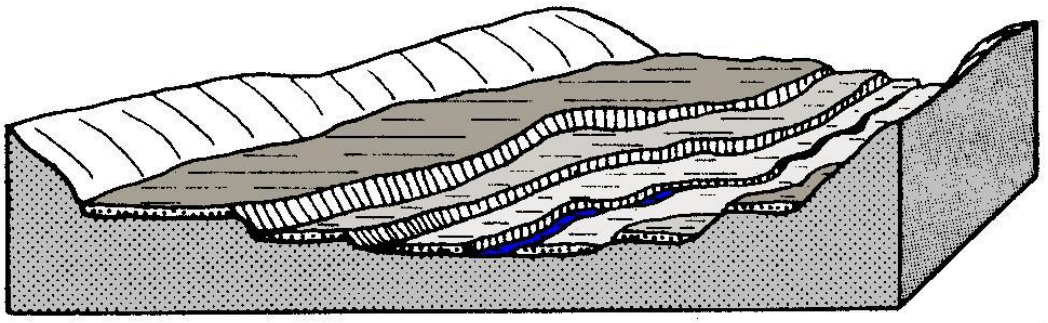


Fig. 1. Dibuix esquemàtic de les terrasses fluvials d'un riu.

2.3. Formació i origen de les terrasses

El principi bàsic en la formació de les terrasses ve donat per l'alternança entre dos processos. Per una banda, té lloc un primer estadi en que el riu, seguint el seu mecanisme natural, erosiona lateralment la vall que el drena (sobretot zones de poca pendent en el curs mitjà i baix) i, ocasionalment, en períodes de crescudes, diposita sediments i al·luvions en la plana d'inundació. Es tracta d'un període marcat per un equilibri dinàmic i una estabilitat climàtica i tectònica en que el riu tendeix a assolir els seu perfil d'equilibri mitjançant els processos erosius, de transport i sedimentació corresponents a cada tram com s'ha explicat prèviament. Aquest és l'estadi en que es dóna una transferència i acumulació de sediments. Aquest període d'estabilitat, però, pot veure's alterat per diferents pertorbacions (canvis hidrològics, aixecaments

tectònics), que comporten modificacions de diferent grau al perfil longitudinal del riu, sobre el qual repercuteixen de forma directa. D'aquesta manera, en contraposició té lloc un procés on l'acció del riu erosiona la llera, el substrat rocós i els sediments que s'han anat acumulat prèviament per tal d'adaptar-se al nou perfil.

Com s'ha explicat anteriorment en la definició, les terrasses es troben situades paral·lelament a la llera del riu però a diferent altura. La causa dels canvis en la elevació de les diferents terrasses és atribuïda a l'encaixament del riu sobre la seva llera, causat entre d'altres factors, per les variacions en el nivell de base (elevació del punt més baix del sistema fluvial, pel general la seva desembocadura). Quan el nivell de base d'un riu descendeix, el riu tendeix a assolir el perfil d'equilibri per la qual cosa es dóna un fenomen que pren el nom d'erosió remuntant. Aquest fenomen erosiu actua al llarg de tot el curs fluvial provocant una incisió del riu sobre els materials del fons de la llera progressivament aigües amunt (des de la desembocadura fins al seu naixement), per tal d'encaixar el perfil longitudinal del riu al nou nivell de base. Aquest procés es el responsable de la disminució gradual de l'elevació de la llera, de forma que després d'aquest primer estadi l'anterior plana d'inundació del riu queda a banda i banda del llit però a un nivell superior al que es troba ara el curs.

Els estadis d'incisió s'alternen amb estadis de sedimentació, com queda explicat anteriorment. Així, la vall queda tallada i ampliada per la erosió fluvial sobre les roques. Posteriorment, en les grans avingudes, és coberta de sediments que queden dipositats en la nova plana d'inundació del riu (situada a un nivell inferior a l'antiga plana d'inundació i al mateix nivell que l'actual llera). Una vegada acumulats en el dipòsit, si es dóna una nova pertorbació, el riu torna a encaixar-se sobre aquests nous sediments, deixant penjades les terrasses formades a banda i banda de la vall.

Tot i això, es complex establir amb precisió els processos que originen aquestes alternances entre els estadis de sedimentació i els d'incisió o encaixament, causants de les estructures fluvials que s'estudien en aquest treball.

En el seu origen, es creia que era degut exclusivament als canvis eustàtics del nivell del mar, com a conseqüència de l'alternança entre períodes glacials i interglacials (glacio-eustàcia). Posteriorment, però, s'observà que això era únicament possible en el cas de rius exorreics i en llocs propers a la seva desembocadura, tenint en compte que el nivell

de base en rius exorreics és el mar i que el seu volum d'aigua en relació amb les oscil·lacions glacials no és suficientment gran.

Així, més tard, es va determinar que en zones més llunyanes a la desembocadura la causa estava vinculada a les fluctuacions climàtiques que tenen lloc durant el Quaternari, les quals provoquen un major o menor sedimentació d'al·luvions, i poden ser correlacionades a escala mundial. Parlem, doncs de les desglaciacions.

Durant els períodes glacials les temperatures disminueixen i la major part de les precipitacions cauen en forma de neu que s'acumula a les zones d'alta muntanya formant-hi glaceres. Conseqüentment el cabal disminueix i així ho fa la capacitat erosiva del riu. Durant aquests períodes, els rius, minvats d'una força erosiva que els permeti erosionar i transportar grans quantitats de materials, són incapaços d'aprofundir la llera del riu i dipositen abundants sediments de graves, sorres i argiles. Quan es dóna el següent període interglacial, la temperatura torna a augmentar de la mateixa forma que ho fa el cabal del curs fluvial, gràcies a l'increment de precipitacions i a les aigües de fusió de la neu acumulada a les muntanyes. L'augment notable del cabal permet l'aprofundiment, per part del corrent, dels materials detrítics del fons de la llera dipositats anteriorment, de manera que obre una llera més profunda deixant a banda i banda del corrent la capa de sediments corresponent a l'últim període glacial, és a dir, la terrassa. Les desglaciacions explicarien el transport de blocs de grans dimensions que no han pogut ser transportats per riuades.

2.4. Tipologia

Podem classificar les terrasses dins de dos grans grups segons el procés dominant:

- Terrasses erosives: Situades en zones properes al naixement (curs alt). Per l'elevada energia d'incisió que té el riu en aquests trams muntanyosos i de fort pendent, és poc probable la formació de terrasses, però poden tenir-ne de tipus incisiu (pel fet d'estar situades en zones on predomina l'erosió) i rocoses, és a dir, queden tallades sobre el mateix aflorament, no sobre al·luvions dipositats posteriorment.

- Terrasses al·luvials: Pròpies de les planes, amb acumulacions sedimentàries. La majoria de les terrasses existents pertanyen a aquest grup dins la classificació. Les estudiades en aquest treball formen part d'aquest grup.

Segons la disposició estratigràfica, geomorfològica i el ritme d'erosió i sedimentació:

- Terrasses esglaonades: Les terrasses esglaonades són formades en rius on la taxa de desnivell entre el naixement i el nivell de base del és molt gran per la qual cosa l'encaixament del riu es més marcat i ràpid, fet que li permet incidir més profundament en la massa rocosa fins arribar al substrat. Mostren tot l'al·luvió excavat i inclús part del substrat, el qual pot arribar a aflorar.

- Terrasses encaixades: Formades en episodis d'erosió remuntant lenta. El riu no té el temps ni l'energia suficient per erosionar tots els materials per la qual cosa no s'observa el substrat, si no que les terrasses són esculpides sobre masses d'al·luvions sobreposats i son el reflex de varis episodis successius i propers temporalment d'acumulació i incisió.

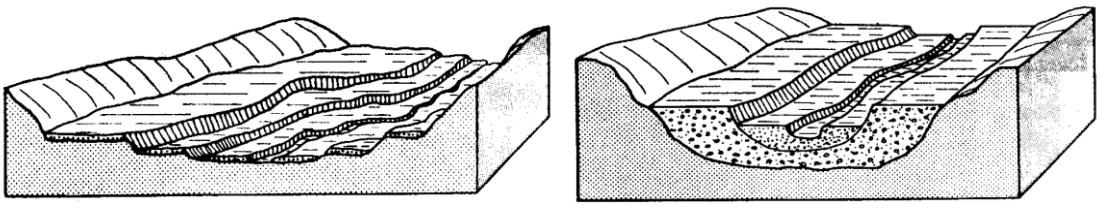


Fig. 2. Terrasses esglaonades (esquerra) i terrasses encaixades (dreta).

Segons el seu procés desencadenant del seu origen:

- Terrasses eustàtiques: Són resultants als canvis en el nivell de base general, és a dir, el mar. L'ascens del nivell de base (moviment eustàtic positiu) altera l'equilibri entre erosió i sedimentació dels rius exorreics dels continents donant lloc a un procés de sedimentació remuntant. Quan el pendent disminueix, les aigües perden l'energia per evacuar els materials detrítics, que s'acumulen al curs inferior constituint una plana al·luvial. Quant aquesta queda emplenada, la sedimentació ascendeix curs amunt. Aquests processos són els causants d' un

estadi d' al·luvionament. Contràriament, quan el nivell del mar descendeix (moviment eustàtic negatiu) s' originan una erosió regressiva al llarg dels rius que esdevé la causa de l'etapa d'incisiva. Cal matisar que els moviments eustàtics majoritàriament afecten a les àrees més properes a la desembocadura.

Així doncs, glaciació i desglaç són fenòmens correlatius amb els moviments eustàtics. A tota fase glacial li correspon un moviment eustàtic negatiu mentre que a la fase interglacial li correspon un moviment eustàtic positiu.

- Terrasses climàtiques: Són el resultat de l'alternança entre episodis de sedimentació i erosió durant les diverses crisis climàtiques del Quaternari. Són causades per canvis climàtics (oscil·lacions climàtiques) i es desenvolupen durant la transició entre unes condicions i unes altres.

  La rexistàsia és una situació que es dóna en la transició entre un període glacial a un interglacial. Les temperatures disminueixen de la mateixa forma en que ho fa la humitat originant un clima sec que provoca una disminució de la cobertura vegetal. L'absència de vegetació facilita l'acció erosiva del vent i les pluges, deixant el subsòl i les roques exposats a aquests agents. Hi ha una incrementació de detrits per la gelifracció. Tot això comporta un augment de la quantitat de sediments que el riu transporta i es produeix una etapa de sedimentació.

  Contràriament, en la biostàsia es dóna una situació d'equilibri entre el sol, el clima i la vegetació. Es produeix un increment en la temperatura i la humitat, passant d'un estadi glacial a un interglacial. L'augment de la cobertura vegetal protegeix el sol de l'erosió física, cosa que estabilitza el sistema. Així, disminueix la carga sedimentària del riu i augmenta la seva energia potencial com a conseqüència, les precipitacions augmenten i així ho fa el cabal.

  Aquest concepte de la rexistàsia ha estat des de fa unes èpoques en declivi perquè no s'aprecia una davallada suficient d'humitat en la capçalera de les conques.

  Terrasses tectòniques: Són produïdes per moviments tectònics en els que es donen deformacions del terreny que influeixen en la dinàmica del riu. Si la conca queda elevada s'incrementa l'energia potencial del riu i com a conseqüència la seva capacitat erosiva i incisiva en la zona, formant

acumulacions de sediments en els sectors més baixos; pel contrari, si l'àrea descendeix, el riu perdrà energia en aquell sector i tendirà a sedimentar-hi els materials (sedimentació in situ).

També pot establir-se una associació dels diferents tipus de terrassa amb els diferents trams de la conca. Cal dir que aquesta associació no és estricta ni rígida, si no que pot tenir excepcions per les contínues variacions que tenen lloc al curs d'un riu.

El curs baix, queda regulat energèticament pel seu nivell de base, per la qual cosa els fenòmens d'aterrassament acostumen a ser de tipus eustàtic i al·luvial, per la gran importància que té la sedimentació en aquest tram. En el curs mitjà, el riu tendeix a sedimentar part de la seva càrrega i la dinàmica del riu ve condicionada pel seu cabal que, en un principi, depèn de la regularitat en les precipitacions en la conca; així, s'hi formen, majoritàriament, terrasses climàtiques i al·luvials. En el curs alt, el riu arriba al seu màxim d'energia potencial per la qual cosa excava permanentment la llera, formant terrasses erosives.

També es poden fer algunes classificacions secundàries tipològiques i descriptives:

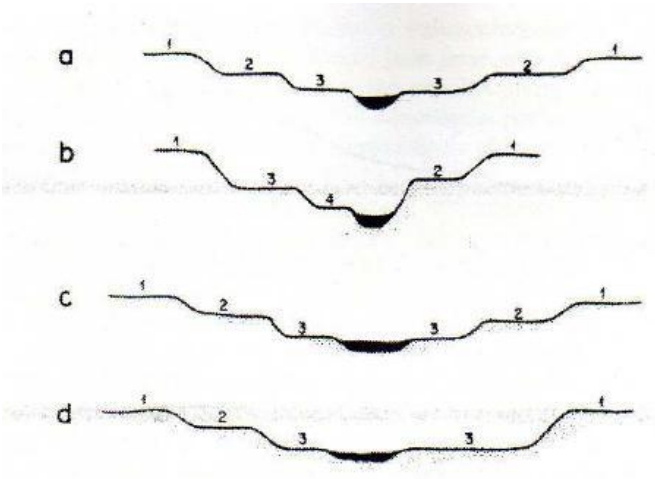


Fig. 3. Esquema de diversos tipus de terrasses.

Tal com indica l'esquema de la figura 3, les terrasses "a" i "c" corresponen a un exemple de terrassa cíclica i simètrica , i les "b" i "d" a una terrassa acíclica i asimètrica. Totes quatre son uniformes.

<u>Terrasses cícliques</u>: Presenten el mateix nombre de nivells a banda i banda del riu.

<u>Terrasses acícliques</u>: Presenten diferent nombre de nivells.

Terrasses uniformes: Presenten terrasses a les dues bandes del riu.

Terrasses no uniformes: Presenten terrasses únicament a una banda del riu. Pot ser que aquestes existissin anteriorment però hagin estat erosionades per factors externs.

La disposició de les terrasses també varia en funció a les fases de sedimentació i incisió com es mostra en l'esquema següent (fig.4).

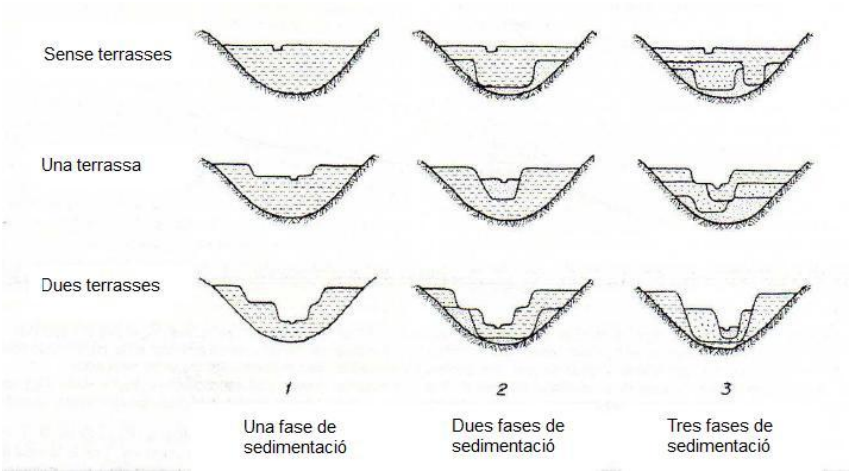


Fig. 4. Esquema representatiu de la morfologia de les terrasses en funció als seus períodes d'incisió i deposició.

2.5. Canvis en la dinàmica de la Terra durant el últims 2 Ma. El Quaternari

El Quaternari (o Neozoic) és l'últim període dins la divisió temporal geològica. Queda emmarcat dins de l'era cenozoica des de fa 2,58 Ma fins al present. El Quaternari és un període destacat geològicament pels seus canvis climàtics que donaren lloc a glaciacions i períodes interglacials com també ho és antropològicament per l'aparició de l'*Homo Sapiens*.

Durant les glaciacions, extenses zones del planeta són ocupades per casquets de gel, el clima es refreda a nivell global, afectant les zones tropicals, i té lloc una regressió del mar que disminueix la superfície d'oceans i mars. Els períodes interglacials, pel contrari, presenten un clima semblant a l'actual.

En la història de la Terra, des de temps precambrians, es reconeixen varies èpoques regides per cicles glacials que han anat quedant cronològicament marcades dins la

història geològica a partir de rastres erosius i sedimentaris. Dins d'aquesta perspectiva general, el Quaternari suposa un període glacial iniciat fonamentalment al Terciari Superior, del que encara queden restes d'acumulacions de gel que ocupen un 10% de la superfície terrestre (l'actual Gronelàndia i l'Antàrtica), mentre que en l'últim glacial, fa uns 18.000 anys, quasi una tercera part de les àrees continentals de la Terra va quedar coberta.

Així, el Quaternari, responsable de molts dipòsits i formes de relleu actuals, queda dividit en dues èpoques geològiques: el Plistocè i l'Holocè.

La primera i més extensa de les dues, el Plistocè, comprèn des dels 2,58 Ma fins fa 12.000 anys aproximadament. És caracteritzada principalment pels cicles de glaciacions que s'hi donaren, amb alternança períodes glacials i interglacials en intervals d'aproximadament entre 40.000 i 100.000 anys.

La segona època, l'Holocè, s'inicià a continuació del Pliocè, fa 12.000 anys i s'allarga fins a l'actualitat. És un període interglacial posterior a l'última glaciació, la Glaciació de Würm, en que el progressiu desgel va fer pujar el mar uns 120 metres, inundant moltes zones de la Terra.

Els estudis de Penk i de Brükner (1901-1909) reconeixien quatre cicles de glaciacions importants (amb els seus corresponents períodes glacials i interglacials) dins d'aquest període. Cronològicament queden disposades en el següent ordre: la Glaciació de Günz (fa 1,1 Ma), la Glaciació de Mindel (fa 580.000 anys), la Glaciació de Riss (fa 200.000 anys) i finalment la Glaciació de Würm o Wisconsin (fa 80.000 anys). Estudis recents, però, han datat dues glaciacions anteriors a aquestes: la Glaciació de Biber (fa 2,5 Ma) i la de Donau (fa 1,8 Ma).

Aquesta última glaciació (Würm) va tenir diferents efectes sobre la Terra, alguns dels quals causants de la geomorfologia actual. El pes del gel provocà l'esfondrament de les masses continentals; el nivell dels mars va descendir (moviment eustàtic negatiu) per l'acumulació d'aigua glaçada als pols; es formaren valls en forma d'U a causa de l'erosió de les roques sota els glacials, els quals al seu pas arrancaren grans fragments de roca traslladant-los a altres àrees; les zones seques i gelades prop dels glacials sense vegetació van patir l'erosió eòlica; els sols gelats permanentment es van convertir en tundra i patiren diàclasis profundes; els cursos fluvials van quedar alterats i

conseqüentment encaixaren la llera sobre els materials sedimentats prèviament, formant les terrasses.

La glaciació de Würm, última glaciació que ha afectat la Terra va finalitzar fa uns 10.000 anys, donant lloc a un període interglacial (l'Holocè). Durant aquest període, el gel acumulat durant la glaciació anà desapareixent progressivament.

3. ÀREA D'ESTUDI

3.1. Antecedents

Diversos autors han realitzat estudis geomorfològics dins l'àmbit de les terrasses del riu Segre. La investigació fou iniciada per Lluís Solé i Sabarís (1946, 1956) qui juntament amb Llopis (1946) descriu i cartografia en el tram Balaguer-Lleida quatre nivells de terrassa més un peudemont superior (a 180 m de la llera) i una sobreelevació de la llera, que posteriorment és considerada com una terrassa inferior per Calvet (1980). Solé (1946) observa una sèrie de nivells poc desenvolupats situats a les desembocadures dels afluents i intercalats entre els nivells generals de terrassa que considera com a terrasses poligèniques (figs. 5 i 6). Posteriorment, però, Calvet (1980) explicita que aquests materials dipositats no són exclusius dels tributaris. Peña (1978), a partir dels treballs anteriors d'altres autors considera cinc nivells de terrassa i un nivell Plioquaternari superior a 125-250 m sobre la llera.

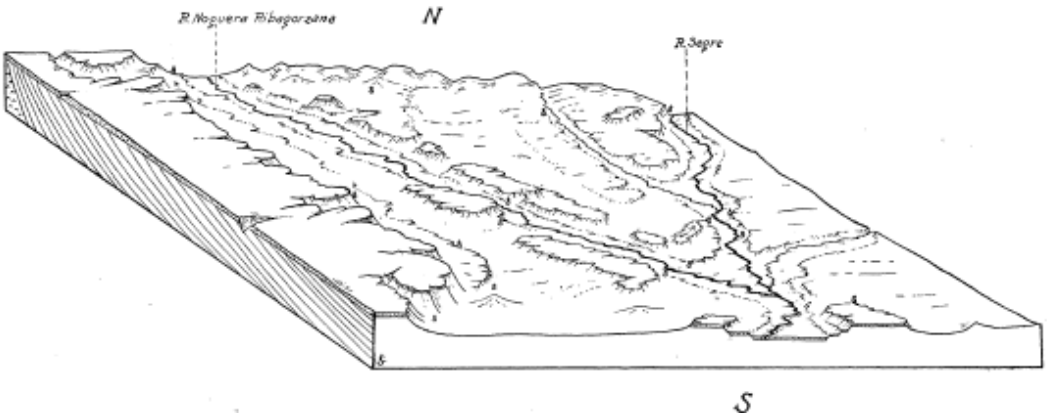


Fig. 5. Bloc diagrama de la part septentrional del pla de Lleida per Solé (1946)

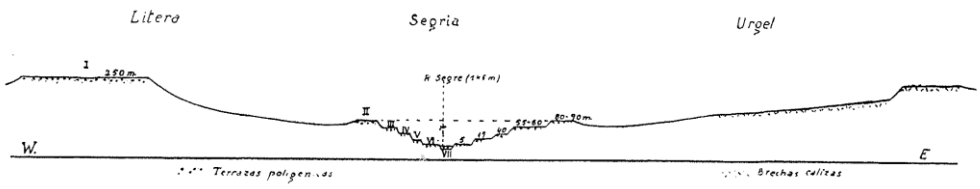


Fig. 6. Tall esquemàtic de les terrasses del riu Segre des de la Litera a l'Urgell (Solé, 1946).

Bomer (1978) per la seva part, estudia la seva datació i, establint una correlació entre terrasses del Segre, Ebre i nivells marins, considera el nivell de la T1 com a posterior a l´última glaciació, mentres que als nivells T2 i T3 els atribueix al Würm i el T4 al Riss. Aquests postulats han estat revisats posteriorment, a la vegada que qüestionats.

Així, la datació més actual de terrasses del Segre és la feta per Sancho *et al.* (2007) qui relaciona l'edat de les terrasses del Cinca amb les seves corresponents al Segre (Taula 1).

Nivel	Elevación sobre lecho actual (m)	Edad (kaño) (Sancho *et al.* 2007)	Edad de la superficie	Peña y Sancho (1988)	Mapa Geo. C. Segrià (IGC, 2006)	Badia *et al.* (2009)
1	150	- - -		T8 – NC3		
2	115-120	- - -		T7 – NC2		
3a-3b	80-90	> 780	Pleistoceno Inferior	T6 – NC1	S.Qt5	Qt1
4	55-60	176 ±14	Pleistoceno Medio	T5	S.Qt4	Qt2
5	35-40	64 ±4	Pleistoceno Superior	T4	S.Qt3	Qt3
6	15-20	49 ±4	Pleistoceno Superior	T3	S.Qt2	Qt4
7	10	11 ±0,8	Pleistoceno Superior	T2	S.Qt1	Qt5
9	1,5-3	0,025-1	Holoceno	T1		Qt6-Qt7

Taula 1. Quadre que mostra les edats (senyalades en vermell) de les terrasses del Cinca (Sancho *et al*, 2007), tot indicant l'elevació sobre el riu a la que es troben. Aquesta elevació es correspon a la de les del Segre i és per aquest motiu que queden correlacionades pel que fa a l'edat. La nomenclatura utilitzada per l'IGC (senyalada en blau), és similar a l'emprada en aquest treball per anomenar els diferents nivells del Segre. Així, S.Qt1 equival a substrat quaternari 1, és a dir, a la terrassa T1.

Calvet (1980) analitza les terrasses del riu Segre en el tram Balaguer-Lleida agafant com a model de base el treball de Solé (1953) i en descriu un nou nivell de terrassa indicat com a T4 situat entre els nivells 2 i 3 que Solé havia, prèviament, estudiat. Així, Calvet té en consideració sis nivells de terrassa que descriu pròpiament de tipus climàtic, més un nivell de peudemont.

Actualment tots els nivells que tant Solé (1946), Peña (1978) i Calvet (1980) descriuen com a peudemont superior o plio-quaternari són considerats pertanyents a les terrasses superiors (nivells 6,7) de la Noguera Ribagorçana. Així, Peña i Sancho (1988) fan una correlació altimètrica entre les terrasses del Segre, el Cinca i la Noguera Ribagorçana a partir de la connexió directa existent entre el nivell 6-7 del Noguera Ribagorçana amb la

terrassa de 90 m, tant del Segre (T5) com del Cinca. Així, aquests autors defineixen el nivell 6-7 del Noguera Ribagorçana com un nexe d'unió quaternari entre els tres sistemes de terrasses (Taula 2).

Nivells		CINCA (m)	NOGUERA RIBAGORÇANA (m)	SEGRE (m)
Mapa geològic de Catalunya (IGC, 2006)	Peña i Sancho (1988)			
	T1	2-3	1,5-8	1,5-2
S. Qt 1	T2	10	10	10
S. Qt 2	T3	20	20	18-20
S. Qt 3	T4	45	35-40	35-40
S. Qt 4	T5	60	50-65	60
S. Qt 5	T6	85-90	90-100	80-90
	T7	100-105		
	18	115-120	115-120	
	19	150	150	
	T10	190		
	T11	200		

Taula 2. Correlació altimètrica entre les terrasses dels rius Cinca, Noguera Ribagorçana i Segre feta per Peña i Sancho (1988)

Posterior és el primer estudi de Balasch (1990), qui cita únicament quatre nivells d'aterrassament, considerant el tercer nivell de terrassa de Calvet com un subnivel de la quarta terrassa. Remacha i altres (2006) ja consideren les cinc terrasses localitzades en el tram Balaguer-Lleida que actualment es tenen com a referència.

En cap cas dels anteriors, però, s'ha arribat a aprofundir en l'estudi de terrasses a nivell d'extracció de materials i posterior anàlisi, sinó únicament anàlisi de camp.

Camacho *et al*. (1991) fa un estudi petrològic de les terrasses del Segre així com la conca de drenatge de riu en general, dins el marc d'una investigació relacionada amb les aportacions d'or al Segre. El seu treball determina que el principal curs tributari d'or sedimentari en la planícia al·luvial del Segre és el riu Noguera Pallaresa.

L'estudi de les terrasses de Camacho *et al.* fa un comptatge de materials semblant al fet en aquest treball, però al tram del riu localitzat a l'altura de Balaguer.

La correlació dels diferents nivells de terrasses del riu Segre fet pels diferents autors, juntament amb la nomenclatura utilitzada en aquest treball queda reflectit a la taula 3.

SOLÉ (1953)	PEÑA (1978)	CALVET (1980)	REMACHA, BALASCH I ESCORIHUELA (2006)	PRESENT ESTUDI
Peudemont (180m)	Nivell plio-quaternari (125-250 m)	Nivell de peudemont		
Nivell I (85m)	Terrassa superior (80-90 m)	T_{VI} (80-90 m)	T6 (80 m)	T5
Nivell II (60 m)	Terrassa alta (35-60 m)	T_V (55-60 m)	T5 (60 m)	T4
Restos poligènics (30-40 m)		T_{IV} (30-40 m)	T4 (40 m)	T3
Nivell III (20 m)	Terrassa mitjana (15-20 m)	T_{III} (15-20 m)	T3 (20 m)	T2
Nivell IV (5m)	Terrassa baixa (7-12 m)	T_{II} (8-10 m)	T2 (10 m)	T1
Llera sobreelevada	Terrassa inferior (1-3 m)	T_I (1-3 m)	T1 (4-5 m)	T0 (Plana d'inundació)

Taula 3.Correlació de les terrasses del Segre a l'àrea de Balaguer –Lleida segons els diferents autors.

3.2. Característiques físiques de la zona

3.2.1. Marc geogràfic de la conca del riu Segre

La conca del riu Segre queda situada geogràficament dins marc espanyol, al nord-est de la península Ibèrica, en la comunitat de Catalunya. Aquesta conca comprèn territoris de

tres estats: França (en el seu naixement), Andorra i Espanya (on desemboca); drenant la zona central del vessant sud dels Pirineus. La seva superfície és de 12.982 km^2 amb un cabal mitjà de 100,2 m^3/s. El seu recorregut té una longitud d'uns 265 km des dels pics de l'Alta Cerdanya (Llo) fins a la seva desembocadura a la vall de l'Ebre pel seu pas per Mequinensa. El Segre, doncs, és un riu exorreic que forma part de la xarxa de tributaris del riu Ebre, esdevenint el més rellevant de tota la conca pel seu cabal. Tot hi tenir 95 afluents (87 pel marge dret i 8 per l'esquerre), el riu rep principalment les aigües dels seus dos afluents més importants: la Noguera Pallaresa i la Noguera Ribagorçana. Destaquen, entre d'altres, afluents dins la zona pirinenca com el Carol, el Cadí i el Valira; en el Prepirineu el Sallent, la Ribera Salada, el Rialb i el Llobregós; i dins el marc de la Depressió Central de l'Ebre el riu Sió, l'Ondara, el Corb, el Femosa, el Set i la Vall Major. El trobem embassat en els embassaments d'Oliana, Rialb i Sant Llorenç de Montgai (fig. 7).

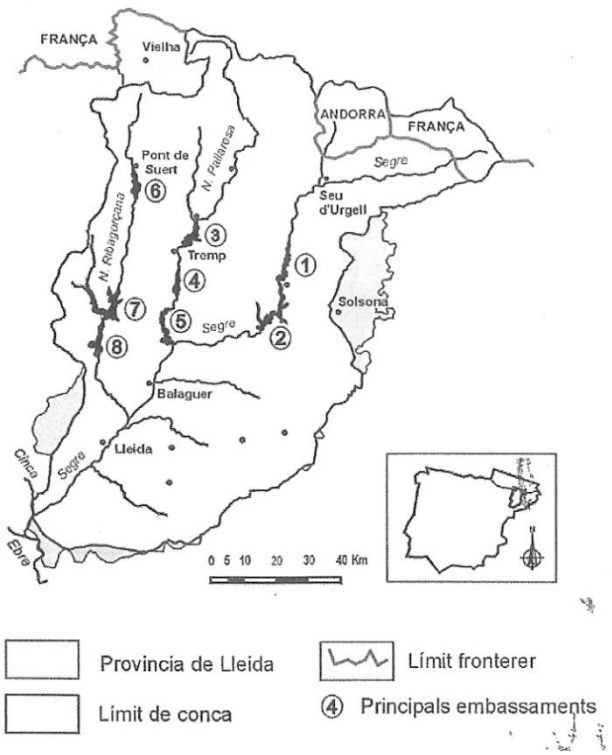


Fig. 7. Mapa representatiu de la conca del Segre fet per Remacha i altres (2006) amb la situació dels principals envassaments i límits adimnistratius. 1 Oliana, 2 Rialb, 3 Sant Antoni, 4 Cellers, 5 Camarasa, 6 Escales, 7 Canelles, 8 Santa Anna.

La conca del riu Segre, al nord queda geogràficament delimitada per França, al sud i a l'est per la mar Mediterrània. Així, geomorfològicament al nord limita amb la serralada pirinenca, a l'est amb la Depressió Central Catalana i a l'oest amb el riu Ebre.

3.2.2. Geologia de la conca del Segre

El mapa geològic ens presenta la distribució dels materials segons l'època de formació. Així, si es compara el mapa geològic de Catalunya amb el mapa de relleu català on apareixen el Pirineu axial, el Prepirineu, la Serralada Prelitoral i la Serralada Litoral, s'observen semblances importants.

L'àrea del Pirineu axial queda clarament marcada per materials paleozoics i granítics associats. Els materials que foren sedimentats al Paleozoic van patir diversos processos de metamorfisme i altres transformacions per situar-se al fons de grans acumulacions sedimentàries, localitzar-se en zones properes als materials intrusius o ser plegats per forces externes associades a moviments orogènics. Com a conseqüència, actualment quasi no es troben margues, argiles, gresos o calcàries del Paleozoic, sinó gneissos, pissarres, esquistos, quars i granits. Dins la conca del Segre, el corrent principal passa per les masses de granitoides que es situen al llarg del massís granodioritic d'Andorra fins al mont Lluís (Cerdanya). La Noguera Ribagorssana i la Pallaresa (els dos afluents més importants del Segre) estan exposades a una àrea granítica,de menor extensió, situada al massís de la Maladeta i per tant, també són una font aportant de materials granítics al Segre.

També són d'edat paleozoica les pissarres, que juntament amb els quars intruïts en filons és troben en tot l'alt Segre, en la part de la Cerdanya i del riu Valira. En la zona pirenaica corresponent a les Nogueres destaca més l'aflorament de pissarres que el de granits descrit anteriorment.

Els gneis ocupen una regió molt reduïda (menys de l'1% en superfície) dins la conca del Segre i afloren en el seu extrem en dues valls de la capçalera del riu Valira (Incles i Ransol).

Les facies del Carbonífer (Culm) de la conca del Segre provenen principalment de dos grans conjunts on es troba el riu del Cantó (en el marge dret del Segre) i en la cara nord del Cadí (al seu marge esquerra). La Noguera Pallaresa i els seus tributaris en aquest cas no són grans aportadors de materials del Carbonífer per la poca superfície que ocupa aquesta facie dins la seva conca de drenatge.

Les vulcanites (o andesites) de l'Estefanopermià ocupen molt poca àrea dins la conca del Segre (1-2%) i arriben al corrent principal gràcies a l'aportació detrítica de

tributaris. Dins la zona de drenatge del Segre es situen a les valls dels rius del Cadí en la seva cara nord, el riu de la Vansa i el de Montsec de Tost, i en la zona de la Noguera Pallaresa i els seus afluents es troben a les valls laterals del pont de Suert (vall del riu Baliera, Noarre, Flamisell i Vuguia).

Els materials paleozoics, juntament amb els granits associats foren afectats per moviments orogènics originats al final del Paleozoic, concretament al Carbonífer Superior, durant un període situat aproximadament fa uns 250 i 350 Ma. És el que s'anomena l'orogènia herciniana, que comportà una sèrie de fenòmens orogènics que modificaren el relleu, formant serralades, amb noves àrees d'erosió i sedimentació. En aquell període a Catalunya predominaven les terres emergides i, conseqüentment, els fenòmens erosius.

Del Mesozoic, segona gran era geològica, a Catalunya s'hi troben restes de materials sedimentats a l'inici del Triàsic (primera època del Mesozoic). Es tracta de materials continentals dipositats al final del Permià i inici del Triàsic: la facie Permotrias o Buntsandstein, caracteritzada per gresos i argiles de color rogenc.

A partir del Triàsic Mitjà, gran part de Catalunya fou ocupada pel mar, de forma que al fons d'aquestes zones s'hi acumularen grans dipòsits de calcàries i margues, que actualment constitueixen els relleus del Prepirineu.

En el cas de la conca del Segre, aquesta rep materials carbonàtics principalment de les Nogueres, ja que tenen més superfície calcària exposada. Les calcàries juràssiques i cretàciques es troben principalment en els Prepirineus centrals (Cadí, Montsec), juntament amb les eocenes, que també afloren lleugerament als Preprirneus orientals. Les ofites també es situen en aflorament triàsics petits (representen menys de l'1% de la superfície de la conca) i bordegen els mantells del Prepirineu central, tant a la banda nord com en la sud. No al centre. Així, es troben en zones bastant properes (30-40 km) a les terrasses del Segre en el seu pas per Lleida, per la qual cosa, encara que l'exposició d'aquestes sigui petita, en poden arribar materials.

L'última gran era geològica, el Cenozoic, queda dividida en dues èpoques, el Terciari i el Quaternari. Poc després d'iniciar-se el Terciari, una sèrie de moviments orogènics s'activà per a donar lloc a la gran serralada alpina dels Pirineus durant l'Eocè i fins a finals del Terciari.

A l'àrea central del Pirineu axial s'hi van formar més tard, en època miocena, diverses foses, entre les quals la Cerdanya, on s'hi dipositaren posteriorment materials. Aquesta fosa deriva dels moviments de descompressió dels Pirineus, un cop ja aixecats.

El riu Segre i els seus afluents discorren per sobre de tots aquests materials encaixant-hi la seva llera.

Els dos tributaris més importants del Segre, és a dir, la Noguera Ribagorçana i la Noguera Pallaresa tenen la capçalera orientada de nord a sud en el nucli de la serralada pirinenca, lloc de major precipitació de la conca, caracteritzat per materials sedimentaris i ignis metamorfitzats i plegats pertanyents al Paleozoic. Aquests materials són restes de l'antiga serralada herciniana, coberta posteriorment per materials de l'antic mar mesozoic.

Els estudis de Remacha i altres (2006), exposen com el Segre en canvi, en el seu tram superior, travessa en direcció E-W una fosa miopliocena coberta de materials més recents que va esdevenir al Miocè una vall tancada, la Cerdanya, mencionada prèviament. Podríem parlar de la formació lacustre miocena de vall de la Cerdanya com un antecessor al riu Segre (protosegre).

En el curs mitjà, tan el Segre com els seus dos afluents per excel·lència (N. Ribagorçana i N. Pallaresa) travessen materials d'edat mesozoico-terciària, conformats essencialment per carbonats, en el seu pas pels Prepirineus. També reben importants aportacions subterrànies de materials càrstics.

Ja en el seu curs baix, deixant enrere les serralades prepirinenques, discorren per terrenys amb pendent escàs al llarg de la Depressió Central Catalana a través d'una sèrie de terrenys més o menys durs, formats per gresos i conglomerats oligocens, sobre els quals ha excavat la seva llera des de més avall d'Oliana fins a prop d'Artesa de Segre. És en aquest tram inferior on conflueixen les dues Nogueres amb el Segre.

3.3. El riu Segre i les seves terrasses

A banda i banda del riu Segre, trobem actualment una sèrie de terrasses que el flanquegen d'edat quaternària formades durant els últims 2,5 milions d'anys (fig. 8). Són el resultat de l'alternança entre etapes de gran incisió i encaixament amb altres

d’estabilitat i acumulació al·luvial relacionades amb els successius episodis glacials i interglacials característics dels canvis climàtics d’aquesta edat geològica.

És així com les diferents terrasses del riu donen una idea de les cotes per les quals circulava antigament el riu, arribant a ser les més antigues les més elevades, però a la vegada, les que han quedat exposades durant més temps als agents externs i l’erosió. Les terrasses acostumen quedar numerades seguint un ordre ascendent, de les més recents a les més antigues.

Tots els nivells de terrassa del riu Segre són esglaonats i presenten una composició litològica similar, de procedència pirenaica (Peña i Sancho, 1988), amb domini de les graves que s’estructuren de forma massiva o mitjançant estratificacions creuades de tipus planar o en solc. També són freqüents les intercalacions de sorra i es poden observar fins hi tot emplenaments de morfologies de canals, barres longitudinals i materials argilosos dissecats que engloben clasts aïllats (Peña i Sancho, 1988). Les terrasses del riu Segre són principalment formades per dipòsits de còdols de granit (en molts casos alterat per la meteorització), roques calcàries, quarsites, gresos triàsics sobre una matriu sorrenca i conglomerats permotriàsics. La zona superior de les terrasses, sobretot dels nivells més antics, presenten dipòsits de calitx, crostes calcàries resultants de la dissolució del carbonat càlcic de les roques calcàries acumulades en la terrassa i la posterior evaporació de l’aigua del sòl (Remacha *et al*, 2006).

Les principals diferències entre terrasses s’observen segons Peña i Sancho (1988) en el grau d’encrostament, de forma que s’observa una augment d’aquesta crosta en el nivells més alts (fins a 1,5 m de calitxe), mentre que els nivells inferiors no es veuen cimentats. Segons el mateix autor també varia la potència dels dipòsits. En els nivells inferiors és menor (entre 1 i 5 m) i en els superiors és major (de 3 a 8 m).

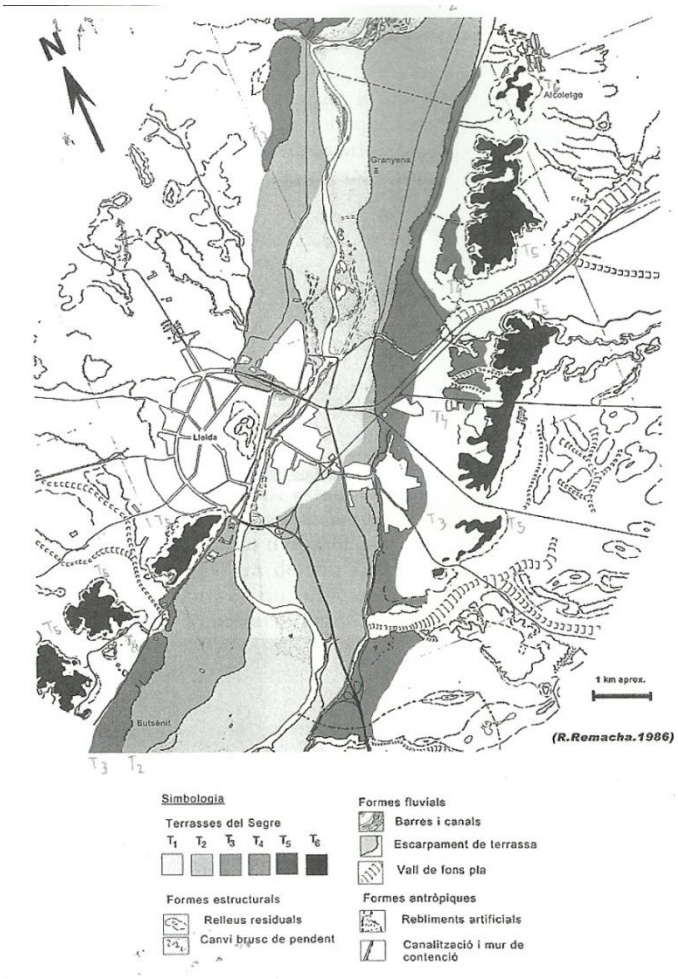


Fig. 8. Mapa geològic amb la representació dels dipòsits quaternaris corresponents a les terrasses del Segre i la seva plana d'inundació actual (segons Remacha, 1986).

La terrassa del Segre situada a una cota més elevada (T5) dins el Pla de Lleida s'observa en molt pocs punts i apareix aïlladament en un turó situat al poble d'Alcoletge i en petites al sud-oest de Balaguer com a Menàrguens, a uns 80-90 metres sobre l'altura actual del riu Segre. Presenta una cimentació de carbonats generalitzada que li dóna gran cohesió i escassament s'hi ha trobat alguns nòduls de ferro.

La segona terrassa (T4) queda situada ser trobada al marge esquerra del riu, a la partida de les Canals, entre la variant nord i la carretera de Barcelona i a tot l'altiplà dels Magraners, fins arribar a la zona de la vall de rec de la Femosa. En el marge dret del riu és localitzada als turons de Gradeny i de la Caparrella. És troba en un estat de conservació millor que la T6 i situada a una cota d'uns 55-60 m sobre la llera del riu. Aquest nivell pot arribar a enllaçar en alguns punts amb restes de glacis molt degradats, com és el cas dels materials localitzats als Magraners, que connecten amb els materials

d'un antic con de dejecció del riu Corb (Remacha *et al*, 2006). La part més oriental de la terrassa en aquest nivell està en contacte amb uns dipòsits més angulosos provinents dels relleus calcaris de la Segarra que marquen un antic pla sedimentari en forma de ventall.

Les observacions fetes per Calvet (1980) mostren dos tipus d'aportacions ben diferenciades: unes procedents de l'àrea pirinenca, de graves ben rodades i de mida variable, podent arribar a trobar-se blocs de fins a 20 cm; i les altres procedents de la Segarra, caracteritzades per la seva composició calcària. Els materials mostren una alteració més important en general que en els nivells inferiors ja que, no són únicament els granits els que pateixen l'efecte de la meteorització, sinó que les calcàries evidencien la dissolució dels seus carbonats. Aquests carbonats recobreixen la part superior de la terrassa en forma de calitxe, compactant els materials.

La tercera terrassa (T3) té poca representació espacial i aflora en petits punts entre el polígon industrial del Segre i el turó de les Canals i entre les carreteres de Barcelona i Tarragona vora la T4. Queda situada aproximadament a uns 10-40 m sobre la llera del riu actual. Els materials d'aquest nivell són constituïts per clasts poligènics de clar origen pirenaic inserits en una matriu arenosa. Les observacions de camp de Calvet ens indiquen la clara alteració dels granits, reservant la lleugera alteració de les altres litologies a zones més superficials de l'acumulació. També observa en general un grau baix de consolidació de tipus calcari.

La T2 queda situada sobre els 15-20 metres. Cal destacar-ne la seva continuïtat, el bon estat de conservació en el que es troba, la seva notable extensió i la bona representació que té als dos marges del riu en tot el sector estudiat. Ja que forma una franja de dipòsits allargats al voltant del riu (igual que en el cas de la T1), pot trobar-se en vàries àrees. Un punt on actualment l'aflorament es troba en molt bones condicions és al marge esquerra del riu, prop de la carretera de Balaguer per Vilanova de la Barca (C13), al Pla d'en Ramón. Presenta un gran recobriment de llims, aportats pels seus afluents, i al peu de terrassa hi afloren els còdols i graves. Segons els estudis de Calvet (1980), el conjunt dels seus materials detrítics no es presenta consolidat, només alguns nivells d'alguns talls mostren una consolidació per carbonats a profunditats variables, cosa que mostra el seu origen freàtic.

Quan la T2 no es troba localitzada al peu d'un nivell superior de terrassa, es troba connectada a les àrees adjacents mitjançant glacis. És el cas de les extenses superfícies situades entre el riu Noguera Ribagorçana i el riu Farfanya.

El primer nivell de terrassa el trobem a la T1 situada a una altura d'aproximadament 8-10 m sobre l'encaix actual del riu, quedant resguardada de les crescudes ocasionals possibles (Calvet, 1980; Remacha *et al*, 2006). Això, juntament a la gran fertilitat del sòl i la facilitat d'instalar-hi els recs, permet que hagi pogut desenvolupar una important activitat agrícola al llarg del temps. Aquesta intensa activitat, però, fa que la dificultat de trobar un tall s'incentivi i que en la majoria d'afloraments el material observable es trobi en un estat molt remogut. S'hi reconeix en general un nivell superior de llims d'un gruix d'1 m sota el qual queden cobertes graves grolleres poligèniques i còdols d' 1 a 6 m de potència. Calvet (1980) observa localment graves calcàries procedents de la Formació Tarrega arrastrades per afluents que provenen de la Segarra. És la terrassa temporalment menys exposada als agents erosius i, conseqüentment, la més extensa i continua de totes, situada en franges allargades a banda i banda del riu. Aigües amunt de la ciutat de Lleida queda localitzada per Remacha i altres (2006) a la plana del Camp Escolar, el barri de Cappont i al llarg de tot el riu a les partides de Granyena i la Plana, i aigües avall a les de Butsènit i Fontanet.

Finalment, al fons de la vall hi trobem la plana d'inundació (T0) d'us 500-1000 m d'amplada formada per les més destacades avingudes que ha patit el riu Segre en els últims deu mil anys i que representa l'últim episodi pel que fa a l'evolució del desenvolupament morfològic de les terrasses del riu. Així doncs, queda sota la influència de possibles futures crescudes. Aquest nivell inferior és considerat per alguns autors (Solé, 1946; Calvet, 1980; Peña, 1983) com a primer dipòsit al·luvial de terrassa, però donat el seu caràcter com a zona inundable i l'alta dinàmica fluvial contemporània que presenta és preferible tractar-la com a plana d'inundació. Presenta un recobriment de llims per la qual cosa destaca la seva fertilitat i activitat agrícola però queda evident la presència de graves grolleres sota aquest recobriment llimós (Calvet, 1980). Es troba a una altura de 1-3 m, però en alguns punts la podem trobar a altures d'entre 4 i 5 metres sobre la llera. Els seus marges estan constituïts generalment per un petit escarp, encara que en altres sectors aquest esglaonament és més suau i el seu accés al primer nivell de terrassa és menys marcat.

3.4. Formació i origen de les terrasses del riu Segre

Abans d'endinsar-nos en l'estudi de les terrasses situades en un tram determinat del riu Segre, concretament en el seu pas per la ciutat de Lleida, és important conèixer l'origen i els canvis soferts al llarg de la història del mateix com també de la Depressió Central Catalana en un àmbit més generalitzat. Així, hem de remuntar-nos fins fa 55.8 Ma, moment en que s'inicia l'Eocè. Durant l'Eocè, té lloc, bàsicament, l'aixecament dels Pirineus a causa de la compressió entre la placa Euroasiàtica i la microplaca Ibèrica, que comporta la desaparició gradual del mar que ocupava l'espai entre les dues i la precipitació dels materials mesozoics sedimentats, a banda i banda de la serralada. En el vesant sud de l'orogen, aquests materials van ser dipositats a la Depressió Central Catalana, durant el període transcorregut entre l'Eocè i el Miocè. La Depressió Central Catalana queda estesa entre el Sistema Mediterrani, els Pirineus i continua àmpliament cap a l'oest constituint la depressió de l'Ebre. Així, s'inicià com una conca eocènica marina situada al centre de Catalunya, originada a partir de la col·lisió entre les dues plaques, on hi afluïen rius i rierols procedents dels Pirineus i l'antic Massís Català. A mesura que avançà l'Eocè i, conseqüentment, s'accentua l'orogènia pirinenca, la comunicació amb el mar queda tancada. És així com, durant aquest període geològic i fins a finals del Miocè, l'estadi embrionari del riu Ebre (protoebre) té un caràcter endorreic, quedant retingut en la seva conca per les grans formacions orogràfiques que l'envolten, és a dir, els Pirineus en la part septentrional, la serralada Ibèrica al seu oest i les serralades Litorals al sud-est.

La Depressió Central Catalana va anar quedant omplerta dels materials dipositats durant aquest període sobre els sediments mesozoics ja dipositats prèviament, durant l'aixecament pirenaic. Aquests dipòsits, però van patir les deformacions pròpies del procés orogènic Alpí. Això explica que aquests sediments, els quals avui dia formen el substrat rocós, es mostrin plegats. En acabar el Mesozoic, la depressió quedà formada per un basament de sediments marins (de l'antic mar mesozoic), eocènics, i una part superior, constituïda per sediments lacustres de finals de l'Eocè i de l'Oligocè, separats especialment en la part central de la conca per un gruix de sals i guixos.

El gran moment que marca els canvis més importants pel que fa a la conca de l'Ebre és dóna a finals del Miocé, en el Messinià (crisi messiniana), fa uns 6 Ma. És el moment en que la conca deixa de ser endorreica per passar a quedar oberta al mar Mediterrani.

La causa deriva del balanç negatiu del Mediterrani. L'aigua aportada pels rius que desemboquen al Mediterrani és inferior a l'aigua evaporada per la qual cosa el mar pateix un assecament progressiu. S'han trobat sals datades del període Messinià que verifiquen el fet. Aquest davallament sobtat del nivell del mar va comportar com a conseqüència l'encaixament dels rius, rierols i xarxes fluvials que desembocaven al mar Mediterrani, iniciant-se una erosió remuntant. És el cas d'un rierol que a causa d'aquesta excavació va capturar l'Ebre a l'altura de la serra de Cavalls (serralada prelitoral) permetent així la formació d'una xarxa fluvial exorreica, la xarxa que dóna lloc a la conca actual de l'Ebre, de la que el Segre n'és l'afluent principal. La xarxa fluvial seguidament quedà encaixada sobre els materials terciaris de la Depressió Central Catalana que anteriorment havien quedat sedimentats i s'inicià el buidat erosiu de la conca. El riu té una gran capacitat erosiva, sobretot en els materials làbils, que el permet excavar congostos en zones pirinenques. Així doncs, durant el període comprés des del Miocè fins a finals del Pliocè el riu desenvolupa un acció bàsicament erosiva. A l'inici del Quaternari, però, la dinàmica del riu canvia i aquest tendeix a dipositar part dels materials fluvials transportats.

Així, és a partir del Quaternari que es donen una sèrie de fluctuacions climàtiques relacionades amb períodes glacials i interglacials en que el riu alterna fases d'erosió i deposició respectivament excavant valls amplies acompanyades de terrasses, tal com s'ha explicat prèviament. Aquesta incisió del riu Segre sobre el nivell detrític superior és d'uns 170 m segons Calvet (1980).

4. METODOLOGIA

4.1. Revisió dels estudis precedents i de la cartografia geològica

El primer pas en l'estudi abordat ha consistit en la revisió dels treballs bibliogràfics publicats sobre les terrasses del riu Segre, especialment en el tram d'estudi i sobre la temàtica de les terrasses fluvials i els canvis climàtic del quaternari, en general. Així s'ha iniciat un treball de lectura i comprensió de la informació prèvia elaborada per altres estudiosos sobre el mateix tema amb el qual s'han preparat els antecedents d'aquest estudi.

En paral·lel, s'ha dut a terme una anàlisi prèvia de la informació cartogràfica editada fins el present per tal de seleccionar els indrets en els quals s'ha dut a terme el mostreig de les terrasses. D'aquesta manera s'ha fet una revisió preliminar de la cartografia topogràfica i geològica editades a escala 1:250.000 i a escala 1:50.000. En la cartografia més detallada, el mapa geològic comarcal a 1:50.000 de l'Institut Geològic de Catalunya (full del Segrià) s'han identificat cinc nivells de terrassa del riu Segre, a més de la plana d'inundació actual del propi riu. El present estudi s'ha limitat als afloraments existents entre les poblacions de Vilanova de la Barca al nord de la zona, i Butsènit (Lleida) al sud de la mateixa, ja que és en aquest tram on es troba millor desenvolupat el conjunt de les terrasses del curs baix del Segre, d'acord amb la representació cartogràfica.

Guiats pels motius de limitació temporal del propi estudi, s'ha seleccionat un sol punt com a representatiu de cada terrassa fluvial de Segre i un darrer de la plana d'inundació actual. Aquesta metodologia implica que com a hipòtesi de treball s'adopta per a l'actual anàlisi que el punt mostrejat en cada nivell de terrassa és representatiu de les propietats del conjunt de cada terrassa en la zona estudiada. Cal indicar que en la terrassa més elevada, la corresponent al nivell d'Alcoletge, es van mostrejar inicialment dos punts per la dificultat de localitzar afloraments d'aquesta terrassa inalterats. Tot i així, finalment es va adoptar la mostra d'un sol dels afloraments per la inseguretat que mostrava el segon, més proper a la població i amb major probabilitat d'haver estat alterat. Finalment, els afloraments escollits en relació a cada terrassa són els següents (per ordre d'elevació, és a dir, des dels més baixos als més elevats):

- T0 (Plana d'inundació del riu): Gravera de Los Alous, Alcoletge, Segrià.

- T1: Camí de la partida de Butsènit, Lleida, Segrià.
- T2: Pla d'en Ramón, Vilanova de la Barca, Segrià.
- T3: Magraners, Lleida, Segria.
- T4: Magraners, Lleida, Segrià.
- T5: Tossal d'Agustinet, Alcoletge, Segrià; Tossal dels Morts, Alcoletge, Segrià.

Les figures 9 i 10 mostren respectivament la situació dels punts seleccionats sobre una part dels mapes topogràfic i geològic de Catalunya a escala 1:250.000. La localització i situació exacta dels punts que constitueixen els aflorament de mostreig de les terrasses ha estat obtinguda mitjançant un GPS de camp i la seva posició ha estat comprovada en gabinet amb el suport dels mapes interactius de l'Institut Cartogràfic de Catalunya (ICC), en els quals s'ha assenyalat les coordenades sobre la projecció UTC 31N/ED50.

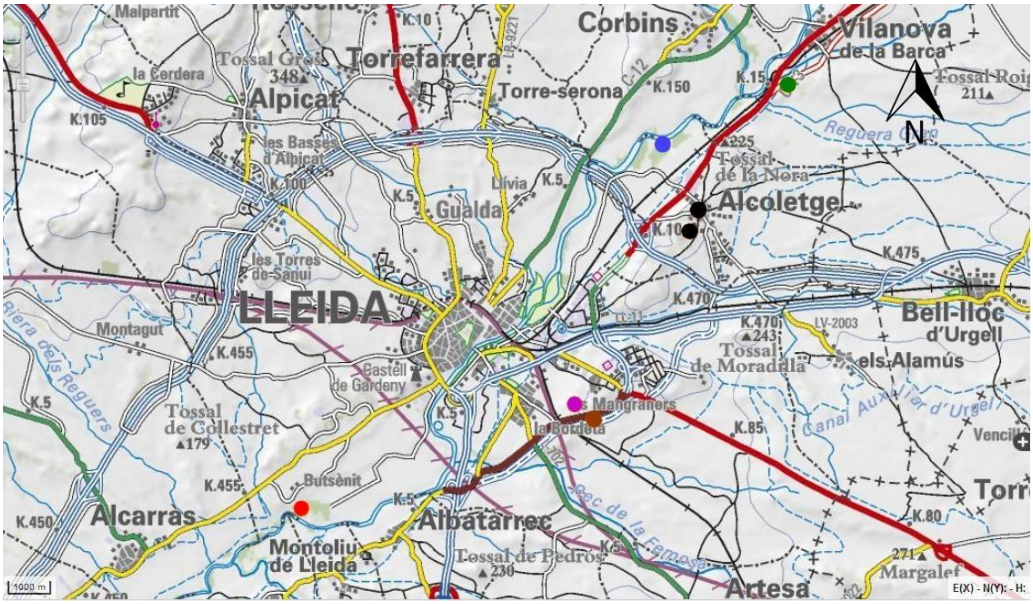


Fig. 9. Mapa topogràfic a escala 1:250.000 del nucli urbà de la ciutat de Lleida i les afores. Els punts marcats corresponen als afloraments escollits de totes les terrasses. La T0 és senyalada en color blau, T1 en vermell, T2 en verd, T3 en violeta, T4 en marró i, finalment, T5 en negre.

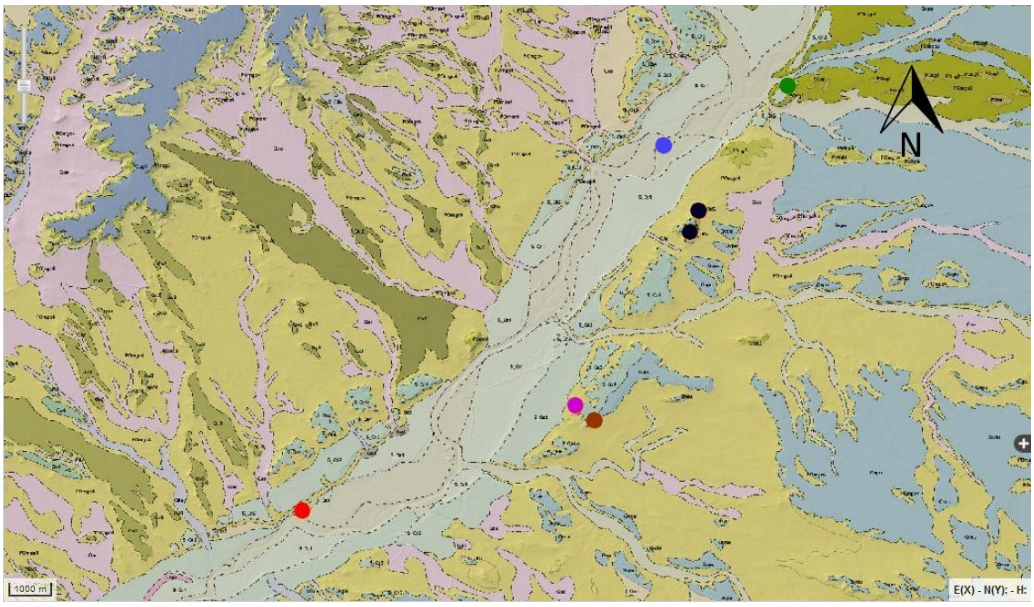


Fig. 10. Mapa geològic a escala 1:250.000 del nucli urbà de la ciutat de Lleida i afores. Els punts marcats corresponen als afloraments escollits de totes les terrasses. La T0 és senyalada en color blau, T1 en vermell, T2 en verd, T3 en violeta, T4 en marró i, finalment, T5 en negre.

4.2. Anàlisi de camp

Per realitzar l'extracció dels materials corresponents a cada terrassa fluvial que després seran analitzats en el laboratori, un cop seleccionats els punts a mostrejar en el mapa geològic, s'inicia la tasca del mostreig al camp.

Es visiten cadascun dels punts escollits prèviament. Un cop observats els afloraments es fa una valoració i, considerant-ne les seves condicions, es decideix d'entre tots els punts escollits de la mateixa terrassa quin n'és el més idoni, donades les condicions, per a fer-ne el mostreig. En les terrasses més baixes, com és el cas de la T1, i en les més elevades, parlem de la T5, la dificultat per trobar un bon aflorament s'incentiva en el primer cas per la forta explotació que pateix el terreny a nivell agrari i en el segon cas, el fet de ser la terrassa més antiga comporta que hagi quedat durant més temps exposada als efectes de la meteorització i a determinats agents erosius, per la qual cosa les zones on aflora queden reduïdes a una àrea mínima.

Prèviament a l'extracció es neteja l'aflorament de tots els residus que s'observen, des de la vegetació que pot estar cobrint-lo fins a deixalles abandonades i, mitjançant un aparell de posicionament GPS, s'obtenen les coordenades sobre la projecció UTM

31N/ED50 de l'aflorament, que posteriorment seran corregides de possibles errors mitjançant els mapes topogràfics digitals de l'ICC.

En l'extracció de materials de les terrasses s'utilitza el mètode volumètric, el qual consisteix en extraure una mateixa quantitat de materials de cada terrassa per tal de manipular quantitats semblants i equiparables de cadascuna. En aquest cas s'omple, amb l'ajuda d'una pala i un pic, un cabàs d'uns 20kg aproximadament. Per les condicions de l'aflorament s'extrauen els materials dels punts més tous, menys cimentats i intentant evitar, a ser possible, les zones superiors de la terrassa on poden aparèixer restes de l'horitzó petrocàlcic endurit, facilitant el treball i el posterior anàlisi. L'excepció és per aquells casos en què les condicions de l'aflorament no són bones i el tall de la terrassa no s'observa complet. Sota aquestes condicions, no es pot realitzar l'extracció en cap altre punt i el mostreig queda relegat a l'aflorament disponible.

Fig. 11. Tall de la terrassa T4 als Magraners (Lleida) on s'ha extret el material i s'ha fet el comptatge de còdols.

El treball de camp queda completat amb una fitxa representativa i estàndard de cada terrassa (Annex 2) que s'omple en el mateix lloc d'extracció. En ella s'hi descriuen les característiques de l'aflorament tot indicant la seva situació geogràfica mitjançant un mapa topogràfic i geològic, descrivint l'estructura vertical i litològica, mostrant les seves alteracions i, fent un comptatge de blocs i còdols per determinar-ne la naturalesa.
Es compten aproximadament cent còdols. En el cas de no arribar a trobar-ne un centenar se'n compten i descriuen tots els possibles observats a l'aflorament. En el cas dels blocs se'n fa un comptatge suficient (uns 25 exemplars) per determinar la naturalesa dels més abundants, d'acord amb la falta de fragments d'aquestes dimensions en els afloraments (representen aproximadament entre el 0 i 1 % del total de materials). El comptatge de

còdols i blocs al camp evita el fet d'haver d'emportar-se una gran quantitat de materials d'aquestes dimensions al laboratori, cosa que resultaria molt costos i obligaria a agafar una mostra molt més abundant i gran del conjunt de materials. D'aquesta manera es pot fer una descripció litològica més acurada dins el terreny estadístic de les fraccions més grolleres.

Per altra banda, també es determina el grau d'alteració de granits fent un comptatge de 100 clastes de granit trobats en l'aflorament per extreure'n un percentatge orientatiu. Si l'aflorament no es bo i les condicions no permeten la troballa dels 100 granits, en aquest cas se'n compten aproximadament 50 ja que aquesta n'és una quantitat ben representativa del conjunt. Els comptatges de còdols, blocs i granits és fan dins del mateix aflorament seleccionant els primers exemplars observats per continuïtat.

Com s'ha explicat, en les extraccions fetes al camp no s'agafen blocs (clastes superiors a 256 mm) de l'aflorament. Així, per definir el percentatge que representen respecte del total es segueix el següent procés:

Es determinen les dimensions aproximades d'un bloc mitjà (35x25 cm). Per definir la freqüència en percentatge és multiplica la superfície del bloc per cent (35x25x100), de forma que s'obté una superfície de 87500 cm^2 (8,75 m^2). Així, al camp es delimita una àrea d'aquestes dimensions i es compta la quantitat de blocs que queden dins la zona seleccionada de forma que s'obté directament el percentatge (fig. 12). Un bloc d'aquestes dimensions en una secció aproximada de $9m^2$ suposaria un percentatge de l'1% sobre el total dels components. Si es comptabilitzen 2 blocs en la secció delimitada el percentatge augmentaria al 2% i així successivament.

Fig. 12. Delimitació d'una àrea de 8,75 m^2 aproximats en la paret de la T2 per tal de determinar el percentatge de blocs. Se n'observa dins la zona delimitada un (senyalat en vermell), de forma que el percentatge de la fracció bloc en la terrassa T2 és de l'1%. Amb una línia blanca queda delimitada la terrassa en la seva part superior, la qual queda en contacte amb uns dipòsits de llims, de color més ataronjat.

Finalment, és determina el diàmetre del clast més gran de l'aflorament mitjançant una cinta mètrica, utilitzant com a referència l'eix A del fragment (concepte i la mesura dels clasts explicat en l'apartat "Anàlisi morfomètic dels clasts"). Com a complement de la informació anotada en la fitxa i les mesures fetes en la pròpia terrassa, es duu a terme un reportatge fotogràfic dels principals aspectes dels afloraments (Annex 3).

4.3. Metodologia granulomètrica

Un cop recollits els materials pertanyents a cada terrassa en els diferents punts assenyalats anteriorment, aquests son traslladats al laboratori per al seu tractament. Es fa una separació de les mostres de cada terrassa segons les diferents fraccions granulomètriques i a continuació cada fracció es pesa per separat per extreure el percentatge que representa aquesta en el total de la mostra.

Tamisatge i pesat

El tamisatge de les mostres obtingudes de cada terrassa és un procés consistent en fer-les passar per diferents tamisos constituïts per malles fines quadrades de diferents llums (2, 1 i 0,05 mm) per tal de separar les fraccions granulomètriques desitjades. Les fraccions superiors a la llum de malla del tamís queden retingudes, mentre que les de mida inferior poden passar pels forats i quedar separades de les granulometries

superiors. Les fraccions còdol i grava grollera queden separades mitjançant l'ús d'una plantilla metàl·lica calibrada amb quadrats de dimensions d'acord amb l'escala de Wentworth.

A continuació es fa un pesat de les fraccions prèviament separades amb una balança per saber la quantitat que s'ha obtingut de cada fracció en cada terrassa.

La classificació granulomètrica escollida per a l'estudi de terrasses segons la mida (mm) de les partícules es dona en relació amb l'escala logarítmica de Wentworth (1922) per ser una classificació d'ús i acceptació internacional. Cal tenir en compte que en aquest estudi, la quantitat de grups granulomètrics establida per Wentworth (1922), s'ha reduït i se n'han escollit 7. El següent quadre (taula 4) mostra les fraccions i les mides acceptades de l'escala de Wentworth en el present treball.

Fracció		**Mida (mm)**
Bloc		>256 mm
Còdol		64-256 mm
Grava	Grava grollera	16-64 mm
	Grava fina	2-16 mm
Sorra	Sorra molt gran	1-2 mm
	Sorra fina	0,063-1 mm
Llims i argiles		<0,063 mm

Taula 4. Classificació de les partícules segons la seva mida d'acord amb Wentworth (1922).

Els materials utilitzats en els processos de separació i pesada, tal com es mostra en les figures 13 i 14 són els següents:

- Mostra de 20 kg (aprox.) extreta de la terrassa.
- Cabassos, safates i recipients per a posar les fraccions tamisades.
- Balança de 25 kg per a pesar les fraccions més pesades
- Balança de 3 kg pel pesatge de les granulometries més lleugeres.
- 3 tamisos de 2, 1 i 0,05 mm.
- Plantilla metàl·lica calibrada segons l'escala de Wentworth.

Fig. 13. Taula de laboratori preparada amb tots els instruments necessaris per al tamisatge i pesatge (esquerra); Carret amb totes les diferents fraccions separades dels materials de la plana d'inundació (dreta).

Seguidament es descriu el procés seguit en el tamisatge i pesat de les fraccions granulomètriques. Aquest procés es repeteix en les mostres obtingudes en cada un dels sis nivells.

- Es fa un pesatge del cubell en el qual es dipositaran els materials per a esser pesats posteriorment. Així s'obté la tara que després caldrà restar del pes obtingut en el conjunt del cubell més la mostra.

- Es pesen en el cubell tots els materials obtinguts de cada terrassa amb una balança de 25 kg.

- A continuació es separa la fracció de còdols i graves grolleres mitjançant una plantilla calibrada. Aquesta està formada per diversos forats quadrats amb les dimensions corresponents a la mesura de les fraccions granulomètriques més grans. En aquest cas per tal de separar els còdols i les graves grolleres es fan passar els materials pels quadrats de costat 256 mm(còdols) i 64 mm(graves grolleres). Per exemple, si un clast pot passar pel quadrat de 256 mm de costat, però no pot travessar el de 64 mm queda considerat com a còdol. Per tal que la selecció sigui correcta, s'ha de tenir com a referència de mesura, a l'hora de passar qualsevol material pels forats de la plantilla, l'eix "b" del clast (explicació dels eixos d'un clast en l'apartat "Anàlisi morfomètric dels clasts").

- Un cop separats els còdols i les graves grolleres, és dipositen en safates a part i es pesen mitjançant una balança.

- Seguidament, es separen les graves fines de la fracció més petita representada per sorres, llims i argiles. En aquest cas s'utilitza un tamís amb una llum de malla de 2 mm. Aquest deixarà passar la fracció més petita (sorres, llims i argiles) i retindrà, pel contrari, les graves.

- A continuació es pesen per una banda les graves fines i per l'altra la fracció composta per sorres, llims i argiles.

- Per tal de no haver de tamisar tota la fracció (inferior a 2 mm) que pot arribar a ser de diversos kg, se'n seleccionen uns 200g i sobre aquesta quantitat de mostra es determina quina proporció correspon a la fracció sorra i quina correspon a les fraccions de llims i argiles (que es tractaran en aquest estudi de forma agrupada, ja que no són l'objectiu essencial del mateix). La resta de la mostra fina no seleccionada no es necessari conservar-la.

- En el conjunt de les sorres s'utilitza un tamís amb una llum de malla d' 1 mm per tal de separar la sorra molt gran del conjunt de sorra fina, llims i argiles. Un cop tamisada es pesa i es posa en un recipient tancat tot indicant-ho amb un retolador.

- S'utilitza un tamís de 0,05 mm de llum de malla per separar les sorres fines dels llims i les argiles. Tot i que l'escala Wentworth situï la separació en 0,063 mm en aquest treball s'accepta la feta amb 0,05 mm. Un cop separades es posa cada fracció en un recipient diferent tot indicant-ho en una etiqueta.

  La separació entre llims i argiles no es fa per tractar-se d'una quantitat molt petita que no interfereix en els resultats.

- Finalment es pesen, per una banda les sorres fines, i per altra els llims i les argiles.

Fig. 14. Procés de tamisatge de la mostra de la terrassa T2 (esquerra) i de pesat de la mateixa (dreta).

4.4. Anàlisi morfomètric dels clasts

S'analitzen els índex d'morfomètrics del materials corresponents a la fracció grava grollera (16-64 mm), determinada com a fracció més representativa de totes, a partir de 100 partícules seleccionades a l'atzar entre els materials corresponents a aquesta fracció extrets en cada terrassa.

En el cas de la terrassa T2, s'ha fet un estudi més complet, analitzant una població més gran, en concret de 200 clasts, per tal d'estudiar si apareixen relacions entre la morfologia dels clasts i la litologia que els forma (mitjançant el Diagrama de Zingg, 1935). Es a dir, si un tipus de litologia presenta unes formes característiques de manera més abundant que altres es possible que sigui degut a alguna propietat de la roca, com per exemple la isotropia en el cas del granit que donaria lloc a una forma esfèrica o l'esquistositat en el cas de les pissarres que condicionaria una morfologia aplanada.

Els índex són calculats utilitzant fórmules que inclouen una sèrie de paràmetres. Els paràmetres bàsics són representats pel valors dels tres eixos (*a,b,c*), descrits per Cailleux (1947), els quals en aquest cas han estat obtinguts mitjançant el mesurament directe de la partícula amb l'ús d'un peu de rei. Així, *a,b,c* corresponen als valors dels eixos ortogonals major, intermedi i menor d'un clast. Determinats els valors dels eixos *a, b, c*, poden ser definits una sèrie d'índexs, entre els quals son ben coneguts els proposats per

Wentworth (1922), Zingg (1935) i Sneed i Folk (1958), amb els que es pot estimar amb certa precisió la forma del clast (taula 5 i fig. 15).

Índex	**Fórmula**	**Autor**
Índex d'aplanament de Wentworth (FI)	(a + b) / 2c	Wentworth (1922)
Índex d'elongació d'Sneed & Folk	c / a	Sneed & Folk (1958)
Índex de rodament de disc (DRI)	(a – b) / (a – c)	Sneed & Folk (1958)
Diagrama de Zingg	b / a c / b	Zingg (1935) Zingg (1935)
Índex d'esfericitat de projecció màxima (Φ_i)	$\sqrt[3]{\frac{c^2}{ab}} = \sqrt[3]{\frac{b}{a(\frac{c}{b})^2}}$	Sneed & Folk (1958)

Taula 5. Índex morfomètrics utilitzats

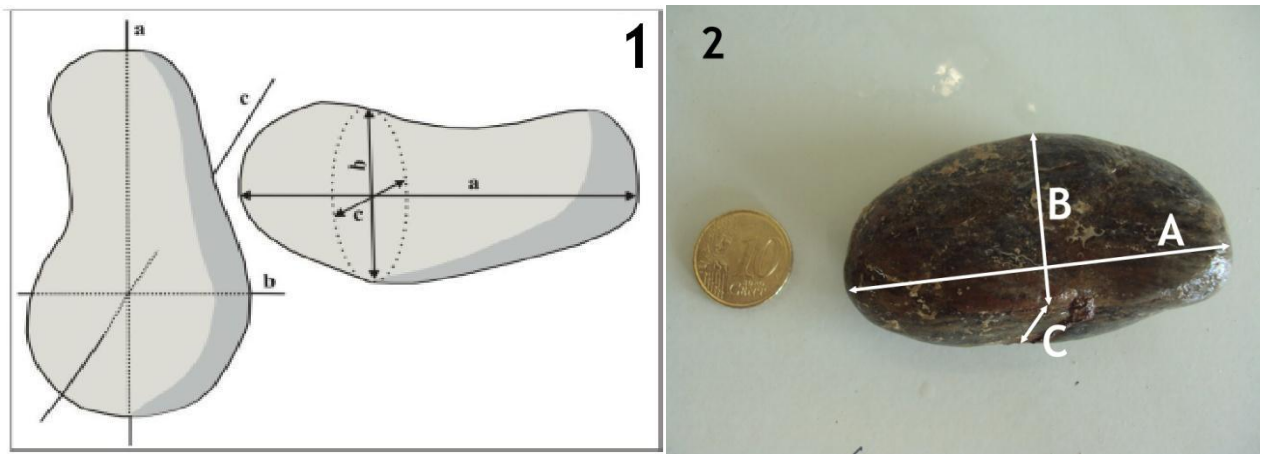


Fig.15. 1. Concepte i mesura dels eixos *a, b, c* d'un clast tal com son descrites per Cailleux (1947); 2. Eixos *a, b , c* sobre un còdol extret de la T1 a l'altura de Butsènit.

La partícules queden classificades segons la longitud dels seus eixos en les següents formes: discoïdal, esfèrica, el·lipsoïdal i cilíndrica (taula 6 i fig. 16) d'acord amb les relacions entre els quocients axials b/a i c/b i segons la proposta de Zingg (1935).

Classe	b/a	c/b	Forma
1	>2/3	<2/3	Discoïdal
2	>2/3	>2/3	Esfèric
3	<2/3	<2/3	El·lipsoïdal
4	<2/3	>2/3	Cilíndric

Taula 6 . Classificació de la forma de les partícules segons Zingg (1935).

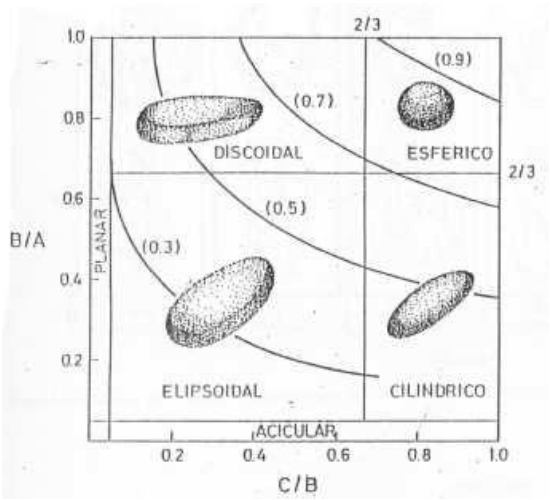


Fig. 16. Il·lustració de la classificació morfològica de les partícules en el Diagrama de Zingg (1935).

Amb els índex de la taula 5 s'han determinat les següents propietats implicades en l'estudi de la morfologia de les graves grolleres:

Esfericitat: Mesura del grau d'aproximació a la forma esfèrica. Per a representar-la utilitzem l'índex de Màxima Projecció d'Esfericitat (Sneed & Folk, 1958) per ser la millor mesura per reflexar el comportament hidràulic de les partícules durant el transport (Sneed&Folk, 1956; Dobkins &Folk, 1970; Folk, 1974). Els valors de la Màxima Projecció d'Esfericitat varien entre O (mínima esfericitat) i 1 (màxima esfericitat).

Aplanament: Aquesta propietat no mesura l'aplanament (Wentworth, 1922) sinó que es la inversa de l'esfericitat. Ens serveix per a tenir una segona referència respecte aquests valors i varia entre 1 (màxima esfericitat, aplanament mínim) i infinit (mínima esfericitat, màxim aplanament).

Elongació: Mesura l'allargament del clast i varia entre 1 (mínima elongació) i infinit (màxima elongació).

4.5. Tractament estadístic de les dades

Els resultats referents al pes dels materials extrets de les terrasses són recollits en gràfics de diversos tipus. S'elabora un histograma de la freqüència de cada fracció granulomètrica en les diverses terrasses com també la corba granulomètrica acumulada dels sediments de cada terrassa. Les freqüències granulomètriques són percentuals, és a dir, és determina el percentatge que es troba en cada interval granulomètric a partir dels continguts en pes de cada fracció. D'aquesta manera es posa en relleu la fracció predominant.

Amb els resultats obtinguts es determina la mitjana i la mitja, que són les mesures de tendència central i ens reflecteixen la capacitat o l'energia mitjana de l'agent de transport, en aquest cas el corrent d'aigua. També s'utilitza la desviació estàndard, que mostra el grau de selecció granulomètrica en torn de la mitjana (transport selectiu) i és una mesura del grau de fluïdesa i viscositat del corrent d'aigua (taula 7). Aquests tres coeficients són calculats a partir de l'escala Fi (Φ), definida per Krumbein com el logaritme negatiu en base 2 del diàmetre expressat en mm ($\Phi = -\log_2 d_{mm}$). Aquesta escala és la utilitzada per Folk i Ward (1957) per obtenir els índex o coeficients estadístics que caracteritzen les fraccions granulomètriques de les terrasses. Els resultats, també poden ser expressats en mm utilitzant l'operació inversa ($2^{\Phi} = d_{mm}$).

Coeficient estadístic	**Fórmula**
Mitja	$\frac{\Phi_{16} + \Phi_{50} + \Phi_{84}}{3}$
Mitjana	Φ_{50}
Desviació estàndard	$\frac{\Phi_{84} - \Phi_{16}}{4} + \frac{\Phi_{95} - \Phi_{5}}{6,6}$

Taula 7. Coeficients estadístics de Folk i Ward (1957) utilitzats en l'anàlisi estadístic de les terrasses del riu Segre.

4.6. Anàlisi litològic i estimació de l'àrea de procedència dels clasts

Les fraccions separades prèviament al laboratori son posteriorment analitzades. Les classes granulomètriques més rellevants pel que fa a la composició litològica que integren són els còdols (64-125mm) i les graves grolleres (16-64mm), per la qual cosa

s'han adoptat aquestes fraccions com les més representatives del conjunt, sobre les quals s'ha realitzat l'estudi litològic. Les graves fines (2-16mm) i les sorres (0,063-2 mm) tenen una representació menor a les anteriors i són més difícils de descriure per la seva mida més reduïda i per això no s'han tingut en compte en aquest estudi. Així mateix, els llims i argiles són encara més difícils d'analitzar per la seva mida i tenen poca rellevància respecte del pes total de mostra.

El primer pas de l'anàlisi litològic ha estat establir les classes litològiques en que queden classificats els materials en funció a l'experiència adquirida al camp. D'aquesta manera s'adopta una classificació (taula 8) que queda establerta d'acord a la procedència dels materials a escala espacial de la conca de drenatge (Zona Axial Pirinenca, Prepirineus i Depressió Central Catalana), temporal (Paleozoic, Mesozoic i Cenozoic) i en relació als cicles orogènics (cicle Alpí i cicle Hercinià). Les litologies citades en aquest treball són descrites en l'Annex 1. S'ha seguit sempre amb el mateix criteri de classes petrològiques a totes les terrasses.

Zona axial pirinenca	Fragments de quars, quarsites i lidites
	Granitoides, gneisos o similars
	Pissarres i esquists
	Conglomerats del Carbonífer, Culm
	Gresos del Carbonífer
	Vulcanites Estefanopermià
	Conglomerats del Permotrias
	Gresos del Permotrias
	Calcàries Griotte
	Pòrfirs (roques filonianes)
Prepirineus	Calcàries, dolomies i calcarenites juràssiques i cretàciques
	Calcàries, dolomies i calcarenites eocenes
	Ofites
Depressió Central Catalana	Conglomerats oligocens
	Gresos oligocens, limolites

Taula 8. Classificació petrogràfica seguida en aquest treball.

Gràcies a un martell d'acer es trenquen les diferents graves i còdols per a determinar-ne les classes. El martell s'utilitza per picar totes les graves i còdols i observar-ne el seu interior, ja que l'aparença exterior del clast pot ser motiu de dubte. L'interior del material no ha estat rodat i arrossegat pel corrent ni presenta generalment les alteracions que podem trobar en la superfície dels còdols. Així, els cristalls del seu interior mantenen l'aspecte original i ens permeten identificar la roca més fàcilment. Aquest procés queda il·lustrat en la figura 17.

Fig. 17. Trencament de còdols i graves grolleres amb l'ajut del martell.

Donada la possibilitat de confusió entre els materials amb quars i materials amb carbonats es prudent utilitzar algunes proves indicadores de les propietats dels components com són la duresa o els continguts en carbonats.

El martell també és emprat per determinar la duresa dels fragments segons la seva resistència a ser o no ser ratllats per l'acer. Els materials quarsosos, per exemple, ratllen l'acer mentre que els calcaris no. Per a la diferenciació dels components de materials formats per diòxid de silici (com és el cas del quars) i de calcita (roques carbonàtiques) s'apliquen sobre la superfície rocosa del fragment unes gotes d'HCl (àcid clorhídric) rebaixat a l'11%, tenint en compte que en el cas de tractar-se d'un carbonat s'observa l'efervescència de la roca mentre hi té lloc la reacció química següent:

$$CaCO_3 + 2HCl \rightarrow CaCl_2 + H_20 + C0_2$$

En l'analisi litològic de cada unitat de terrassa es descriuen aproximadament unes 200 graves grolleres escollides a l'atzar d'entre totes les tamisades. A més de les graves, en cada terrassa s'ha analitzat també la composició de 100 còdols i en aquest cas la descripció ha estat feta tant al camp com al laboratori. Finalment, en el cas dels blocs (>25,6 cm) se n'analitzen uns 25 per aflorament tot indicant la seva naturalesa en les taules fetes al camp. Els resultats dels blocs, però, no s'utilitzaran en l'elaboració dels gràfics litològics, només serviran d'orientació.

Tots els comptatges de còdols s'han realitzat dues vegades, una a l'inici del treball i l'altra al final, ja que al principi no es tenia tanta pràctica com la que s'ha anat adquirint al anar trencant i identificant còdols posteriorment. Així, els resultats obtinguts el segon cop són els esmentats en l'apartat "Resultats. Anàlisi litològic" i els acceptats, ja que s'han extret després d'haver adquirit una experiència prèvia.

5. RESULTATS

5.1. Descripció general de les terrasses

Les observacions fetes al camp davant dels afloraments corresponents a les 5 terrasses més la plana d'inundació actual, així com les mostres extretes en aquests nivells i tractades posteriorment en el laboratori, permeten descriure detalladament aquestes unitats morfològiques i sedimentàries. Com a premissa per a aquest treball es considera que els afloraments i les mostres seleccionades en cada terrassa són representatives de tota la extensió d'aquests dipòsits en el curs baix del Segre, tant pel que fa a les granulometries, formes dels components, com a les litologies. Per tant, els resultats i la seva interpretació compten amb aquesta extrapolació i caldria en futurs treballs corroborar aquest extrem amb un major nombre d'afloraments analitzats en cada nivell.

El tram del riu Segre que ha quedat emmarcat en l'estudi (entre Vilanova de la Barca, al nord i Butsènit, al sud) es troba a una altura topogràfica que oscil·la entre els 167 m i 124 m respecte el nivell actual del mar i el pendent general del curs del riu assoleix el 0,5%.

Com a característica general s'aprecia que la fracció predominant en gairebé tots els nivells de terrassa és la grava grollera (16-64 mm). Per altra banda, la matriu de totes les terrasses és de natura llimosa i sorrenca.

S'observa, a més, que en els diversos punts de mostreig la potència de les terrasses (calculada com la diferència entre l'altura de la part superior i de la base de la terrassa) és bastant homogènia, amb valors compresos entre 4-5 m. Aquestes potencies regulars no es correspondrien amb les descripcions de Peña i Sancho (1988) ja que aquests afirmen que les terrasses augmenten la seva amplada a mesura que es situen a nivells superiors.

La relació entre l'altura topogràfica de les diverses terrasses i la seva potència ens permet concloure que les terrasses del riu Segre són esglaonades (no encaixades), és a dir, en la seva formació durant els períodes erosius el riu aprofundí la seva llera excavant els sediments acumulats prèviament fins arribar al substrat i s'encaixa en aquest de manera que cada nivell de terrassa queda desconnectat de l'anterior. Aquet fet

demostra que els ritmes incisius són més importants que els ritmes d'acumulació en les terrasses del Segre.

L'altura de les terrasses sobre la llera actual és un criteri d'antiguitat relativa, de manera que com més elevada és una terrassa més antiga la considerem. Les altures i potència de les terrasses determinades en aquest treball han estat contrastades amb la informació proporcionada pels estudis anteriors. Calvet (1980) observa que les terrasses situades a altures superiors, i per tant d'edats més antigues, es troben més distanciades les unes de les altres pel que fa a l'altitud. Contràriament, els nivells més actuals, són més propers els uns als altres. El tall de la figura següent (fig. 18) extret pel mateix Calvet (1980) permet percebre millor aquest fet.

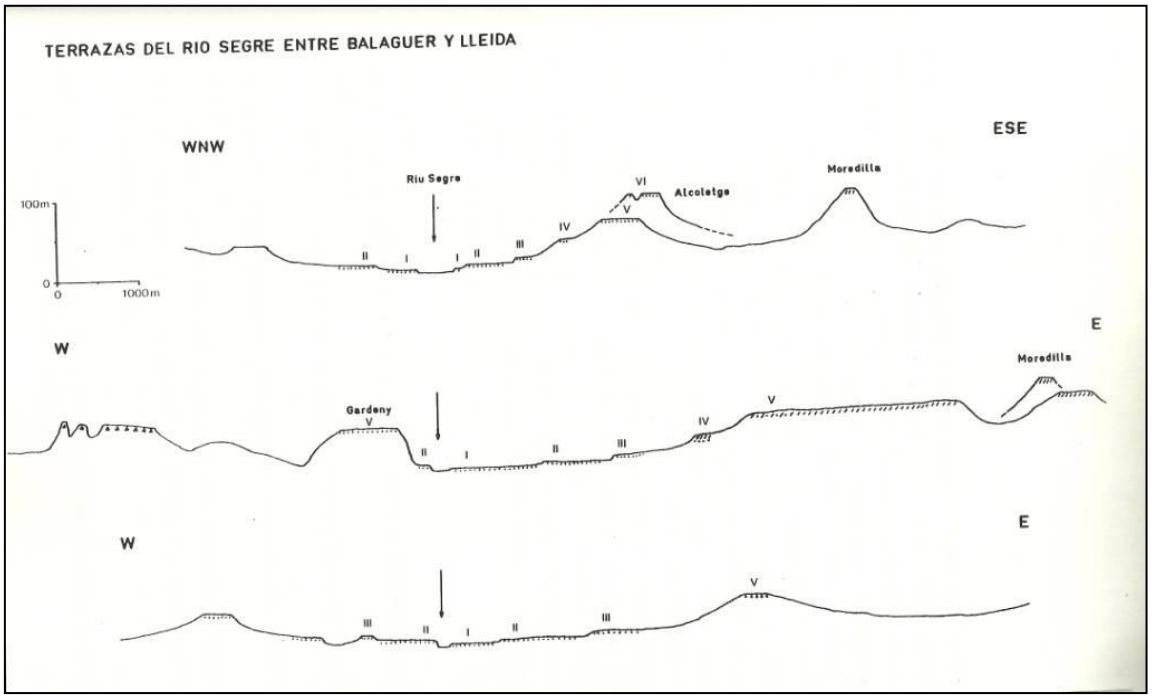


Figura 18. Talls il·lustratius dels diversos nivells de les terrasses del Segre en el seu tram Balaguer-Lleida fets per Calvet (1980). S'ha de tenir en compte la denominació que l'autor fa servir per anomenar cada terrassa, diferent de l'emprada en aquest estudi. Les correlacions dels nivells de terrassa considerats pels diferents autors es troben a l'apartat d'antecedents.

Això pot respondre a dues raons:

- Que en les terrasses més antigues el període incisiu fos més marcat i l'encaixament més intens que en els nivells més moderns.

- Per altra banda, també podria estar relacionat amb el temps transcorregut entre la formació de les terrasses, sent més llarg en el cas de les terrasses antigues i més curt en els nivells actuals.

Aquest, però, no és un factor que pugui interpretar bé els temps d'incisió. En aquesta darrera interpretació caldria tenir en compte la migració horitzontal de les terrasses, més important en les elevades i menor en les baixes.

En aquest treball s'ha contrastat la informació de Calvet fent una estimació de les seves altures en el tram delimitat. S'ha determinat que l'encaixament mitjà entre les terrasses és de 18,5 m. El salt vertical del dos primers nivells (T0-T1) és relativament petit, inferior als cinc metres. Pel contrari, els salts entre les terrasses T1 i T2, la T3 i la T4, i entre la T4 i la T5 oscil·len entre els 16 i 18 m. És entre els nivells de terrassa T2 i T3 s'observa una diferència més gran que a la resta (24,5 m), seguida per els nivells T3-T4 (18 m). Tot i això, tenint en compte que les extraccions han estat, a excepció de la T5, fetes des d'un sol punt, els resultats són orientatius.

Amb això es pot veure que la separació de les terrasses és més o menys regular al llarg dels nivells.

Un criteri addicional per valorar l'antiguitat de les terrasses l'ofereix l'estat de dissolució dels clastes de carbonats. Les roques de contingut carbonatat (calcàries, dolomies, calcarenites, etc.) és dissolen amb facilitat en presència d'aigües bicarbonatades. Les plantes arrelades al sòl, absorbeixen diòxid de carboni i aigua, de forma que es produeix la reacció següent:

$$H_20+CO_2 \rightarrow H_2C0_3$$

Aquest àcid carbònic (H_2C0_3) dissolt en l'aigua en forma de bicarbonats i carbonats és el responsable del procés que dóna lloc a la dissolució de les calcàries. Aquests carbonats que es dissolen es redistribueixen i per capil·laritat ascendeixen cap a la part superior del dipòsit al·luvial, precipitant i recobrint els materials clàstics presents. Quant

aquests carbonats redistribuïts es compacten al llarg del temps formen una capa molt dura i blanquinosa a la part superior de la terrassa, una mena de crosta carbonatada anomenada calitxe o horitzó petrocàlcic.

La presència d'aquesta redistribució de carbonats és manifesta amb la troballa de materials embolcallats per carbonats i la formació del calitxe en la part superior de la terrassa. Així com més antiga és la terrassa més redistribució carbonàtica presenta i conseqüentment, més encrostament tenen els seus materials.

En la terrassa T5 destaca el grau de dissolució de les calcàries en la cara superior i inferior dels clasts (perpendiculars a l'eix A) i aquesta dissolució disminueix a mesura que ens trobem en les terrasses més modernes, com s'observa en les fotografies següents (fig. 19). El nivell de terrassa superior (T5) també presenta molt arrebossament dels seus materials.

Figura 19. D'esquerra a dreta i de dalt a baix. 1. Calcària de l'Eocè amb alveolines sense alteració corresponent a la terrassa T1; 2. Grava calcària dissolta en la seva part superior pertanyent a la T4; 3. Conjunt de graves grolleres extretes corresponents a la T5 en que s'aprecia el recobriment carbonàtic; 4. Conjunt de tres graves grolleres extretes de la T4 que mostren marcades dissolucions de carbonats en la cara superior; 5. Imatge de dues graves grolleres pertanyents a la terrassa T5 (la més antiga) amb mostres de dissolució de la cara superior més intenses que en la T4.

Plana d'inundació actual

La zona amb dipòsits al·luvials més propera a la llera actual del riu és la plana d'inundació (fig. 20), estudiada al marge esquerra del riu, concretament a l'antiga Gravera de los Alous (Alcoletge) a 2 m sobre l'encaix actual del riu. Els materials dipositats al llarg de la plana pertanyen a les diverses riuades que el riu Segre ha patit al llarg dels últims mil·lennis, destacant per recents les dels anys 1982, 1994 i 1997. Aquestes crescudes van deixar barres longitudinals formades per morfologies de graves i còdols que actualment encara es poden veure. Destaca una gradació creixent de la mida dels materials, especialment en el cas dels blocs i els còdols, a mesura que ens apropem al canal principal. Els materials d'aquesta plana no es troben gens recoberts de carbonats ni tampoc s'observen dissolucions de la superfície dels clasts. Els granits d'aquesta plana d'inundació són gairebé tots frescos. Únicament s'observa com un percentatge molt baix (0-1%) dels granitoides presenta un inici de desagregació causat per factors externs (cops del transport), però que no pot ser considerat una alteració.

Figura 20. Plana d'inundació actual del riu Segre a l'altura de la Mitjana d'Alcoletge amb escàs recobriment de vegetació.

Terrassa 1 (T1)

El primer nivell de terrassa que trobem (T1) ha estat tradicionalment aprofitat per conrear arbres fruiters i es difícil trobar bons talls pel seu intens aprofitament, sinó és en antigues graveres (Cafisol, Sorigué, etc). L'aflorament estudiat es troba a una altura de 4 m sobre el riu en la partida de Butsènit (Lleida) i en el marge dret del riu (fig. 21). Encara que només hagi estat possible observar 1 m de potència de tall, es calcula que

l'amplada de la terrassa en aquest sector és de 5 m aproximadament per la morfologia dels talussos. Així, es tracta d'un aflorament petit, parcialment cobert de vegetació i no mostra la terrassa sencera.

El tall observat està compost, majoritàriament, per acumulacions de graves grans i còdols en una matriu sorrenca i llimosa. Destaca l'alta presència de granitoides tot i tractar-se d'un aflorament de dimensions reduïdes i l'escassetat de blocs. El tall mostra la part superior de la terrassa i per això els materials trobats estan més compactats i embolcallats de carbonats que si es tractés de la base (la qual no s'observa), ja que en aquesta part superior s'hi ha donat una redistribució dels carbonats.

Figura 21. Aflorament de la terrassa T1 a la partida de Butsènit (Lleida) just per sobre del reg de Butsènit.

Terrasa 2 (T2)

L'aflorament de la T2 (fig. 22) és troba a una altitud de 19,8 m, al marge esquerra del riu, en el Pla d'en Ramon (Vilanova de la Barca). Correspon a un dels punts més elevats de la terrassa tenint en compte que aquesta queda representada dins del marc dels 15-20 m (Calvet, 1980). El tall complet permet l'observació dels 5 m de potència que té la terrassa, encara que aquesta altura pot variar depenent del punt des del qual s'estudia l'aflorament. En quant a les estructures sedimentàries presents es veu, sobretot, estratificació horitzontal en la part superior i estratificació creuada en la base, encara que en altres sectors aflora un dipòsit massiu de sediments. Les bones condicions del tall permeten descriure amb claredat la disposició interna dels cossos sedimentaris. Així, en la seva part superior el sòl està format per llims i argiles amb un gruix d'entre 0,5 i 1

m. La resta està compost per graves, blocs i sorres dipositades de forma massiva. La dissolució dels materials carbonàtics augmenta cap al sostre del tall i s'observen nivells de sorra lenticulars propers a la base. En la base d'aquesta terrassa afloren els materials oligocènics i el contacte és una base erosiva, es a dir, no presenta el mateix nivell a tots els punts.

Figura 22. Aflorament de la T2 prop de Vilanova de la Barca, d'obertura recent a causa de la construcció de la variant de la carretera C-13 al seu pas per Vilanova de la Barca.

Terrassa 3 (T3)

El tercer nivell de terrassa (T3) oscil·la entre els 30-40 m segons Calvet (1980), Remacha i altres (2006) i el trobem representat als 46-47 m en el punt observat (Magraners, Lleida) a la riba esquerra del riu (fig. 23). Aquesta variació no és de caire important tenint en compte que a uns 50 m en horitzontal és troba cartografiada per l'IGC la T3 a la mateixa altura. Es pot separar bé de la T4 perquè aquesta està situada entre el 55-60 m (Calvet, 1980), clarament més elevada. Així, s'observa com l'altura de la terrassa pot oscil·lar, dins d'un interval d'altitud aproximat, depenent del lloc on s'observa l'aflorament. Això pot indicar que hi ha llocs on s'hi dipositá més material que en altres i que les incisions del riu poden ser més importants en alguns sectors que en altres.

Tot i ser un tall petit s'observen uns 3 m de potència. Es tracta de l'atasconament lateral de la terrassa, ja que es veu un contacte lateral (límit) amb material oligocè al marge esquerra del tall. L'estratificació es massiva i es veu una gradació de l'encrostament al

llarg de la terrassa, que és més pronunciat en la part superior, mentre que la resta dels materials no es troben tan compactats.

És la terrassa en que s'observa més abundància pel que fa a blocs respecte tots els altres nivells (molts d'ells escampats pel terra al quedar despresos de la paret), cosa que implica una energia molt gran per part del corrent a la vista del transport.

L'alteració química dels materials encara es baixa. Els quars comencen a mostrar algunes dissolucions i les calcàries tenen alguna forma de dissolució superficial però molt escassa. El mateix succeeix pel que fa als granits, dels quals únicament un 5% mostra alguna alteració.

Fig. 23. Terrassa T3 a l'altura de la nova urbanització de Magraners (Lleida) i just per sobre d'un canal de regadiu..

Terrassa 4 (T4)

La quarta terrassa formada en el temps, la T4 (fig. 24), apareix entre els 55-60 m segons mostren els estudis previs de Solé (1945-46), Calvet (1980), Remacha i altres (2006). En aquest estudi ha estat mostrejat un aflorament del marge esquerra del riu a 62 m d'altura (zona superior dels Mangraners, prop de la Variant sud de Lleida). S'ha calculat que la seva potència de la terrassa en aquest sector és de 4 m.

Es una terrassa formada en general per graves grolleres i materials petits dipositats massivament en l'aflorament observat. Hi ha una presència quasi nul·la de blocs i baixa de còdols. Alguns dels còdols, de naturalesa més tova, mostren senyals d'haver estat

dissolts. Així el grau de dissolució dels clasts calcaris és molt elevat en la cara superior dels clastes i hi ha acumulacions o arrebossaments en la cara inferior dels mateixos.

Aquest nivell de terrassa ja presenta una compactació important. Cal destacar com la part superior es troba recoberta d'una crosta carbonàtica de 1-1,5 m de gruix (calitxe) molt dura i d'aspecte blanquinós amb diverses làmines ondulades que emmascara i compacta els materials. En els nivells precedents no hi havia hagut mostres clares de calitxe. També s'identifiquen en la part superior carbonatats amb senyals de la dissolució que han patit. La base de la terrassa és erosiva i molt irregular amb solcs diferents en la base d'un metre de desnivell.

Un dels aspectes més importants de l'observació feta a peu de tall és l'alt grau d'alteració general dels granits de la terrassa (80,2%). La majoria es troben en estat de desagregació i arenització. A la vegada, el grau de dissolució dels quars és major. Així, aquesta terrassa mostra de forma evident el canvi brusc respecte l' alteració gairebé nul·la dels materials dels altres nivells.

Figura 24. Aflorament de la part superior de la T4 a Magraners al costat de la Variant sud (imatge esquerra). A la imatge de la dreta es marca amb una línia vermella el contacte dels materials de la terrassa (dalt) amb el substrat oligocènic de tonalitat ataronjada (sota).

Terrassa 5 (T5)

De la terrassa T5 (fig. 25) en queda ja molt poca representació en l'àrea estudiada, essent la més elevada de tot el conjunt respecte el nivell actual de la llera, a la vegada que la més antiga dins l'escala temporal. Queda compresa dins dels 80-90 m segons els

estudis mencionats de Calvet (1980) i Remacha i altres (2006), encara que aquests no considerin el mateix nombre de terrasses i per tant aquest nivell tingui una altra equivalència dins la seva sèrie de terrasses (Taula 3, "Antecedents"). Els materials han estat observats en dos afloraments situats en dos turons molt propers al nucli urbà d'Alcoletge (marge esquerra del riu) a l'altura de 78 m respecte el nivell actual de la llera. S'ha calculat que la seva potència completa pot ser de 4,5 m. Aquests resultats són una estimació del gruix que pot tenir la terrassa a partir de la diferència d'altura entre la part superior i la base de la terrassa per falta d'un bon aflorament on pogués ser observar un tall complet.

El material de l'aflorament del Tossal de l'Agustinet és extret en una cuneta en superfície perimetral propera al tall. L'accés al mateix (d'1m de potència) es troba rodejat per una tanca de forma que queda inaccessible. Es pot veure el contacte amb els materials oligocens per la qual cosa es determina que l'aflorament correspon a la base de la terrassa.

La fracció granulomètrica més abundant és la grava grollera (com a la resta de terrasses) disposada en petites passades de nivells a la paret del tall.

La compactació dels materials és molt forta tot i tractar-se de la part baixa de la terrassa. Fins i tot s'observa calitxe, però no sencer sinó restes de l'horitzó petrocàlcic fragmentades per l'home que l'ha conreat. És una terrassa on la quantitat de calcàries dissoltes és molt important, cosa que explicaria la redistribució d'aquests carbonats que haurien originat el calitxe o petrocàlcic. També s'observen alguns clasts recoberts per embolcalls de carbonats.

També a Alcoletge, però ara en la part més alta de la població trobem l'aflorament del Tossal dels Morts amb un tall molt petit. No s'hi observa la base ni la part superior de la terrassa, encara que la primera és pot intuir a partir dels materials oligocènics que es troben a altures inferiors del tossal. En aquest cas la sedimentació de les graves també és massiva.

Respecte a l'alteració dels materials de la terrassa T5 s'evidencia com la majoria de granits es descomponen al tocar-los i altres mostren restes d'haver estat anteriorment a la paret de la terrassa enganxats però ara han quedat disgregats i han caigut. El

percentatge d'aquests és molt elevat (80%) i similar al de la T4. També es troba el quars alterat i amb mostres de dissolucions.

Figura 25. Afloraments del nivell T5 en el nucli d'Alcoletge. Tall situat al tossal de l'Agustinet en l'escarpament on es situa el dipòsit de l'aigua (imatge esquerra) i materials del tossal dels Morts que són a la zona culminant del nucli urbà d'Alcoletge (imatge dreta).

5.2. Anàlisi granulomètric

L'estudi de les terrasses del riu Segre s'ha realitzat mitjançant el mostreig de 6 nivells al·luvials, 5 corresponents a terrasses fluvials (T1-T5) i un a la plana d'inundació (T0), d'on s'han extret uns 20 kg de material representatiu de cada nivell. Posteriorment, mitjançant un procés de tamisatge s'han separat les diferents fraccions granulomètriques, de cara a descriure les característiques que representen en les terrasses.

En l'anàlisi granulomètric, els resultats mostren un percentatge molt baix de la fracció blocs (clasts majors de 256 mm) en tots els nivells. En l'estudi, els blocs no han estat traslladats de l'aflorament per a ser analitzats al laboratori per la dificultat que suposaria el transport. S'ha fet, però, una estimació del percentatge d'aquesta fracció directament al camp i s'ha vist que és inferior a l'1% en la majoria de casos sent, per tant, aquesta la fracció més minoritària. El nivell amb un predomini més alt correspon a la T3 (2%).

Mitjançant el pesatge de cada fracció s'ha determinat el percentatge que ocupen en el total del conjunt. En la següent taula i histograma (taula 9 i fig. 26) s'indica la proporció

obtinguda entre les diferents granulometries de cada terrassa, tot especificant el percentatge que aquestes representen en el total de la mostra.

S'observa que la fracció dominant en gairebé tots els nivells (a excepció de T4) són les graves grolleres (16-64 mm), en valors que oscil·len entre el quasi 29% i el 59%. La terrassa on la proporció d'aquests materials ha estat més gran és la T1 (59,13%), mentre que T3 i T4 (29%) la freqüència és la més baixa. A la T4 la fracció dominant són les graves fines (30,5%) seguida molt de prop per les graves grolleres (28,6%)

Les fraccions còdol (64-256 mm) i grava fina (2-16 mm) esdevenen la següents més representatives del conjunt. En els nivells T2 i T5 els còdols assoleixen un 28% en els dos casos, sent aquestes les dues terrasses on el percentatge de còdols és més gran. En la resta de nivells (T0, T1 i T3) predominen en segon lloc les graves fines.

Recolzant-nos en la taula i el gràfic es pot concloure que les poblacions de materials extretes en els nivells T2 i T5 són les més grolleres (predominen les fraccions graves grolleres i còdols, 16-256 mm), mentre que la resta són granulomètricament més fines (són més freqüents les graves grolleres i les fines, 2-64 mm).

Les fraccions més lleugeres (sorres, llims i argiles) són més abundants en la T3 (26,78%) seguida de la T4, (21,22%). Així però, en el cas de la T2 s'observa un davallament important pel que fa aquesta fracció (8,65%) respecte de la resta de nivells, essent així la terrassa amb menys matriu.

La T5 és la terrassa de caràcter més llimós, cosa que es relaciona amb l'arrebossament que presenten els materials extrets d'aquest nivell i que al ser tamisats mostren fragments pulverulents del calitxe. A banda, en aquesta terrassa es comprova que un 4% de fragments grollers corresponen a fragments de l'horitzó petrocàlcic, la qual cosa ens indica l'alt grau d'encrostament de l'aflorament on s'han extret els materials, així com de la terrassa en sí.

L'augment de fraccions grolleres en les terrasses T2 i T5 pot veure's vinculat a un augment de la força de l'agent de transport dels materials, en aquest cas del corrent fluvial, en el moment de la deposició d'al·luvions. També podria donar-se el cas de que l'àrea font no tingues en la seva disposició materials prou grans en el període de formació de la resta de les terrasses i conseqüentment els materials que arriben són més petits.

		Nivells de terrassa					
		T0	T1	T2	T3	T4	T5
Percentatge (%)	Blocs	0,5	0	1	2	0,5	0
	Còdols	15,08	11,99	28,56	19,78	19,15	28,95
	Graves grolleres	38,42	59,13	42,87	28,76	28,66	34,17
	Graves fines	28,7	14,79	18,97	22,69	30,51	15,12
	Sorres molt grans	3,87	1,79	1,52	5,93	3,6	2,7
	Sorres fines	11,15	8,86	6,77	17,29	15,95	9,73
	Llims i argiles	2,28	3,44	0,31	3,56	1,67	5,27
	Sorres,llims i argiles	17,3	14,09	8,65	26,78	21,22	17,7
	Petrocàlcic	0	0	0	0	0	4,06
	Total de fraccions	100	100	100	100	100	100

Taula 9. Distribució dels diferents percentatges en relació amb les fraccions granulomètriques de cada nivell de terrassa.

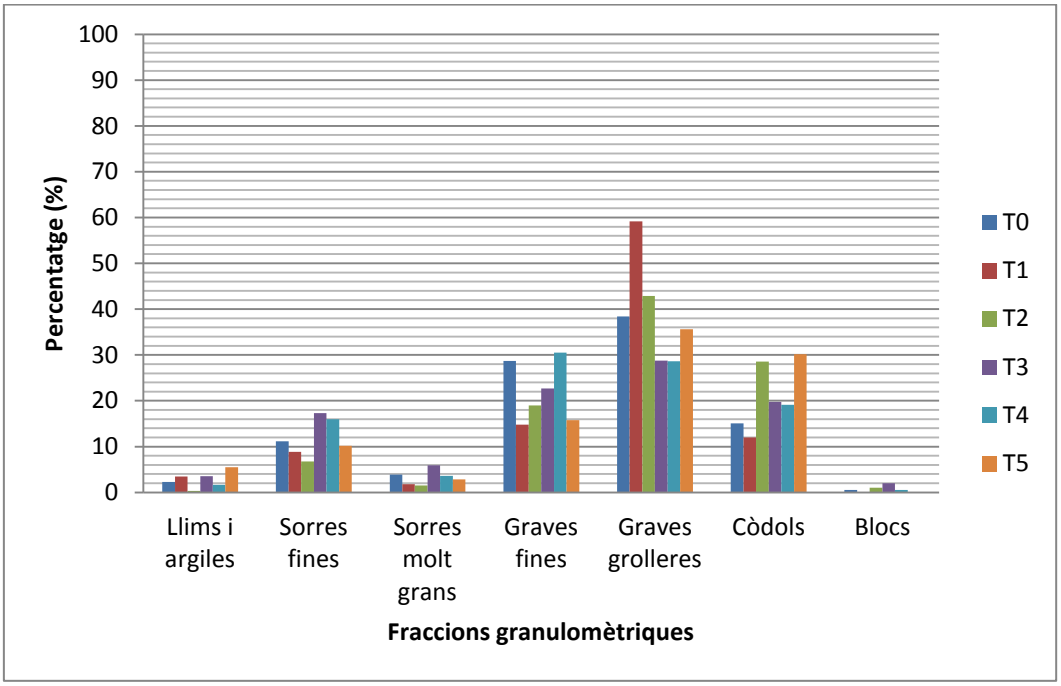


Fig. 26. Histogrames de freqüències granulomètriques. En aquest gràfic no es té en compte el petrocàlcic de la terrassa T5 i s'han extret els percentatges d'aquesta terrassa sense tenir en compte aquesta calitxe.

La taula i gràfic anteriors (taula 9 i fig. 26) queden complementats amb el gràfic de freqüència acumulada (fig. 27), que ens permet veure les diferències entre les 6 poblacions.

S'observa que la població mitjana és la T0, corresponent a la plana d'inundació. La T3 és la que conté més materials pel que fa a les fraccions petites (0,0625-16 mm), mentre que la T2 és la que menys. El gràfic mostra la importància que prenen els materials més grollers (16-256 mm) ja que és en aquest interval cada corba tendeix a augmentar més ràpidament el seu pendent. El cas més extrem és el de la població T1 que, sent un nivell amb una freqüència baixa en relació als materials lleugers (0,0625-16 mm) passa a esser el més representatiu en quant a les fraccions grans (còdols).

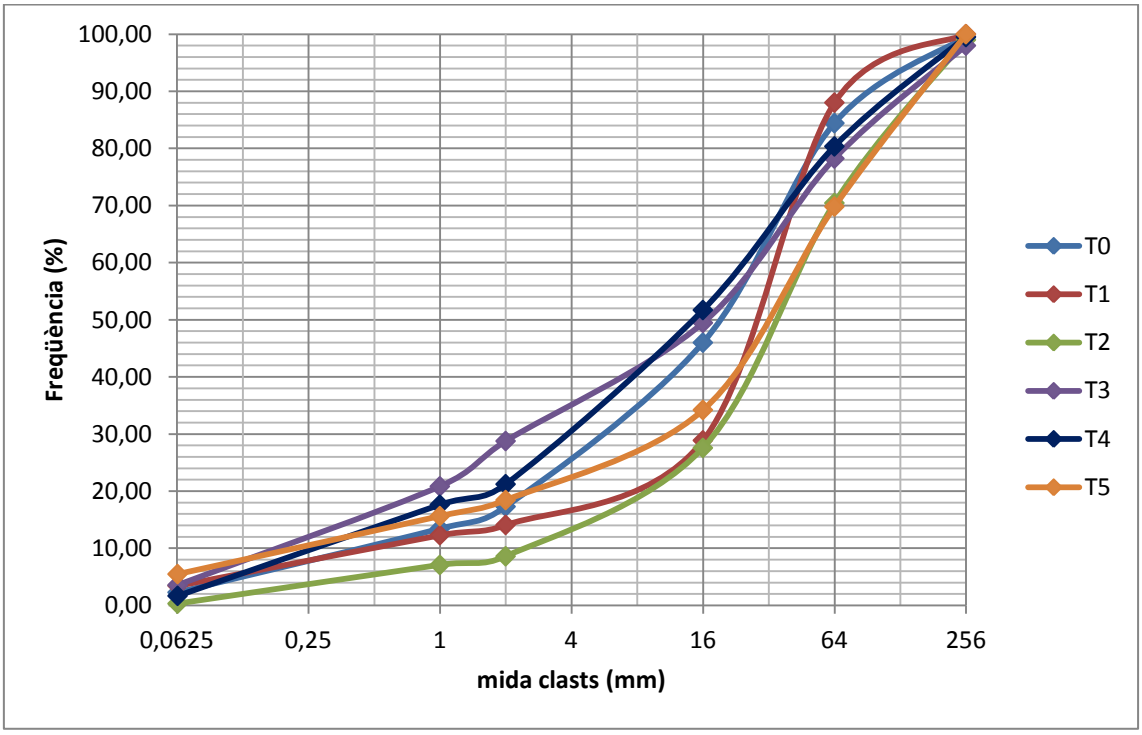


Figura 27. Gràfic de les freqüències granulomètriques acumulades de cada terrassa.

A partir de les dades anteriors s'han calculat els coeficients de Folk i Ward (1957) corresponents a la mitja, la mitjana i la desviació estàndard respecte a les freqüències granulomètriques de cada nivell (taula 10).

La mitja i la mitjana ens mostren la tendència central respecte a la mida més representada de partícules. En general, es veu com en el cas de la mitja els valors oscil·len entre els 8,46 mm (en el cas de la T3) i els 27,99 mm (referit a la T2), valors

compresos en la fracció grava. Així, és diu que la tendència central de les terrasses del Segre en el seu pas per Lleida és el transport de graves (2-64 mm), amb un valor mitjà al voltant dels 15 mm.

La mida mitja de les partícules és major en les poblacions de la T2 (≈28%), seguida per la T1 i T5, en els tres casos dins l'interval de graves grolleres (16-64 mm). Les poblacions més petites són la T3 i T4 amb una partícula mitjana de 8,5 mm i 9,3 mm respectivament.

La mitjana ens mostra quina mida prenen les partícules en el punt de freqüència 50%. Els resultats són semblants als de la mitja, essent T2, T5 i T1 els nivells més grollers, mentre que s'observa una davallada de la mida en les partícules de la T3 i T4. Això, es complementa amb el gràfic anterior (fig. 27) on aquests nivells ascendeixen més gradualment al llarg del gràfic, mentre que els altres (T2, T5 i T1) ho fan de manera sobtada a partir de la fraccions grans (16-256 mm).

No obstant, però, s'adverteix que tant la mitja com la mitjana no augmenten o disminueixen gradualment, sinó que assoleixen valors màxims en el cas de la T2 i la T5. Aquesta informació corrobora els resultats extrets anteriorment (taula 9) en què s'indica aquests dos nivells com a portadors dels materials més grollers. El fet que la mida mitjana es situï aproximadament en els 35 mm en tots dos casos, mida propera a la corresponent als còdols (64-256 mm), indica que la força del corrent d'aigua en aquests casos era major per a poder transportar aquests sediments.

Com s'observa, la desviació respecte el valor central (desviació estàndard) és més elevada en la T3 i T5, cosa que indica que la selecció granulomètrica per part del corrent d'aigua al dipositar els al·luvions fou menor, mentre que els materials més ben seleccionats són els de la T1 i T2, en el sentit que mostren menys variabilitat.

La disminució de la selecció de materials en el cas de la T5 pot anar lligat amb un augment de la força del corrent, cosa que explicaria l'augment de material groller en aquesta i a la vegada impediria la selecció de granulometries.

Coeficient	**Nivell de terrassa**						
	T0	**T1**	**T2**	**T3**	**T4**	**T5**	**Conjunt**
Mitja (mm)	12,65	16,82	27,99	8,46	9,29	15,78	15,17
Mitjana (mm)	19	28,30	34,50	15,90	14,10	32	23,97
Desviació estàndard (mm)	7,23	5,98	5,33	11,86	9,8	11,53	8,62

Taula 10. Taula comparativa dels coeficients de Folk i Ward (1957) al llarg dels sis nivells.

La terrassa T1 és una de les terrasses en que més bé s'aprecia la selecció del material, és a dir, en què una classe (en aquest cas la de graves grolleres) presenta més percentatge sobre el total de la mostra (≈60%). Indica que és una terrassa molt homogènia amb una capacitat de transport que és molt predominant.

5.3. Anàlisi morfomètric

D'acord amb els criteris morfològics de Zingg (1935), qui pren com a base la relació dels valors axials b/a i c/b, s'elaboren els diagrames de Zingg (Annex 4). Els resultats queden resumits en el gràfic de la figura 28.

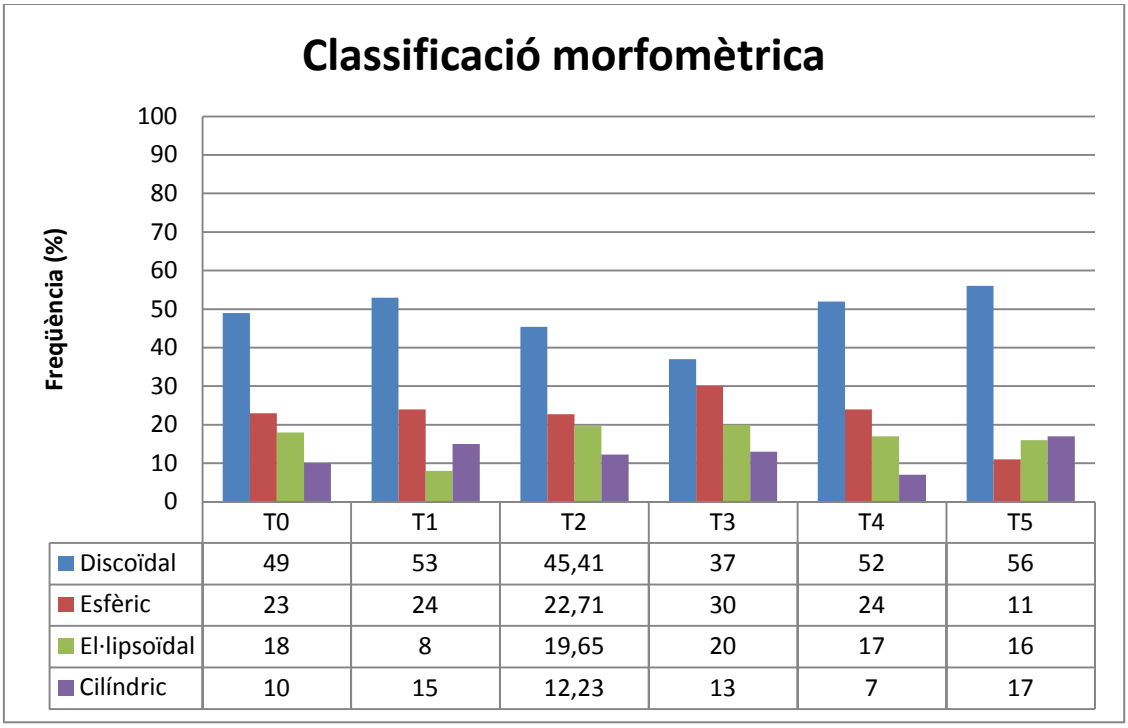
Els resultats mostren en la totalitat dels conjunts de graves grolleres estudiats (T1, T2, T3, T4, T5 i plana d'inundació) una distribució de morfologies dels clasts molt similars:

- Les formes predominants són discoïdals amb percentatges del 37 al 56% amb una mitjana de 48,6%, és a dir que representa gairebé la meitat dels clasts examinats.

- La segona morfologia dominant és la forma esfèrica, la qual queda representada entre un 22 i un 30% (amb una mitjana de 24,7%), és a dir una quarta part de la mostra. Cal destacar l'anomalia única que presenta a aquest comportament la T5 (terrassa més antiga) on disminueix la forma esfèrica fins a un 11% .

- La tercera morfologia en abundància correspon a la el·lipsoïdal amb percentatges que oscil·len entre el 8 i el 20% (mitjana de 16,4%) equivalent a una sisena part de la mostra

- La forma menys representada en els grups estudiats es la de les graves cilíndriques que presenta percentatges entre el 7 i el 17% (amb una mitjana del 12,3%).



	T0	T1	T2	T3	T4	T5
Discoïdal	49	53	45,41	37	52	56
Esfèric	23	24	22,71	30	24	11
El·lipsoïdal	18	8	19,65	20	17	16
Cilíndric	10	15	12,23	13	7	17

Figura 28. Gràfic de barres que mostra la freqüència que té cada tipus de forma entre les graves grolleres dels 6 nivells fluvials.

Hi ha algunes excepcions a les tendències generals ara assenyalades. En el cas de la T1, s'incompleix la tendència i les graves el·lipsoïdals son inferiors a les cilíndriques (15%). En el cas de la terrassa T5 els valors són pràcticament idèntics entre graves el·lipsoïdals (16%) i cilíndriques (17%).

L'augment o disminució d'una determinada morfologia pot estar relacionat amb la presència destacada d'algunes litologies en concret. Per avaluar aquest extrem s'ha fet un estudi comparatiu més exhaustiu entre litologia i morfologia a partir de 229 graves grolleres de la terrassa 2 (T2), en les quals s'ha determinat la morfologia predominant per a les cinc litologies més abundants.

La morfologia discoïdal és la més característica dels elements de natura carbonatada com són les calcàries i dolomies, amb una freqüència del 50 i 55,3% (fig. 30), i també

ho és del grup de les ofites (53,3%). No obstant, 1/3 de les ofites (fig. 31) tenen forma el·lipsoïdal.

Les graves de materials amb quars (fig. 29 esquerra) són majoritàriament esfèriques i discoïdals d'acord als resultats, amb el mateix percentatge en els dos casos (34,9%). Cal dir que en l'aparença de la mostra en ma es veu com presenten cares poc arrodonides, cosa es atribuït a la gran duresa que tenen, i que s'oposa a l'arrodoniment de les seves cares. La morfologia cilíndrica és poc habitual en el quars (9,5%)

El grup dels granitoides (fig. 29 dreta) mostra predomini per la forma esfèrica (46,7%), seguida per la cilíndrica (26,7 %).

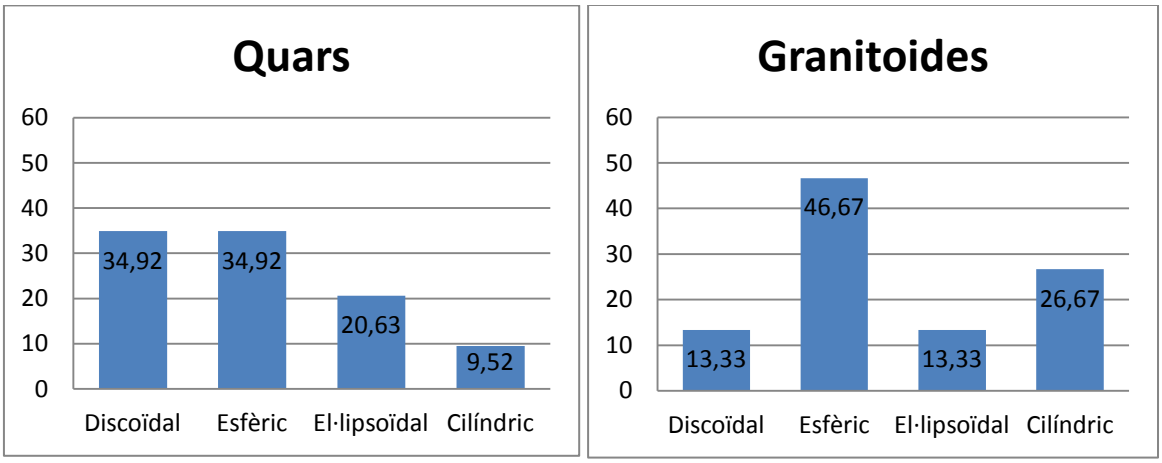


Figura 29. Gràfics del predomini de cada morfologia en el grup dels quars (imatge esquerra) i granitoides (imatge dreta) de les graves grolleres de la T2.

En la terrassa T1 es podria interpretar la disminució de la morfologia el·lipsoïdal respecte a les altres terrasses en termes d'un augment sobtat del quars i, bàsicament, dels granits, que tenen morfologies esfèriques i cilíndriques (sobretot en el cas dels granits), i la disminució de les ofites que sovint presenten una morfologia el·lipsoïdal. L'augment de granits també podria explicar l'augment de la forma cilíndrica de les graves que es dóna en la mateixa terrassa.

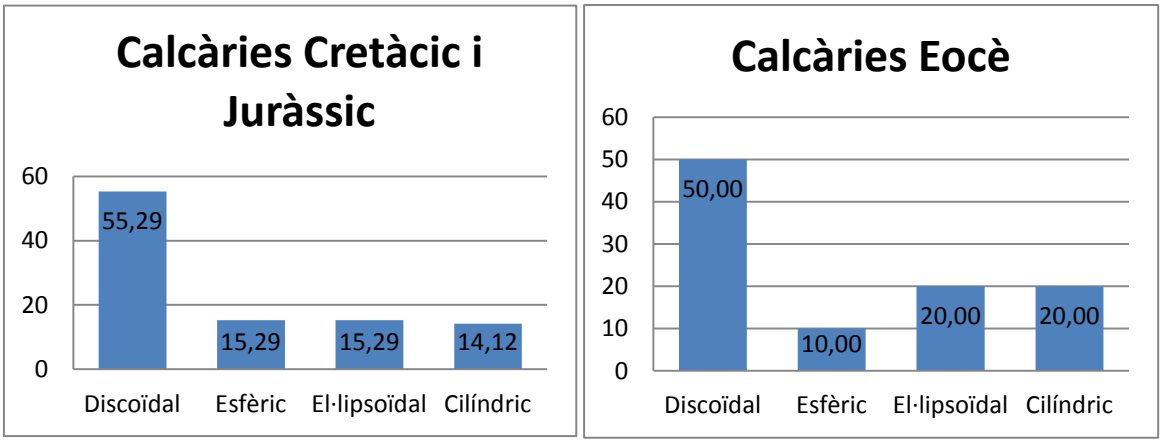


Figura 30. Gràfics de la freqüència en que es troba cada morfologia dins dels grups calcaris de graves grolleres en la T2. En la imatge esquerra es representen les calcàries del Cretaci i Juràssic i en la imatge dreta les calcàries de l'Eocè.

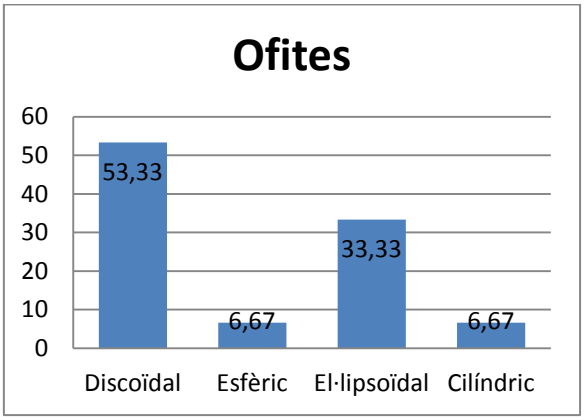


Fig. 31. Gràfic que mostra quina morfologia solen adoptar les ofites de mida grava grollera a la T2.

En la terrassa T5 es produeix una davallada anòmala de la morfologia esfèrica i un augment de la discoïdal i cilíndrica. Aquesta variació podria estar relacionada amb la desaparició dels quars a causa de la seva dissolució, així com la reducció dels granits.

Pel que fa a les demés propietats estudiades a partir de l'índex d'aplanament de Wentworth (1922), de l'índex d'elongació de Sneed & Folk (1958) i de l'índex d'esfericitat de projecció màxima de Sneed & Folk (1958), s'ha observat que les graves de la T0, T2 i T4 són les més aplanades. Els resultats també ens indiquen com la T3 és la terrassa on l'esfericitat dels clasts és més accentuada, cosa que s'adiu als resultats extrets a partir de la classificació feta per Zingg (1935) en la figura 28.

5.4. Anàlisi litològic

5.4.1. Anàlisi litològic de les graves grolleres

S'han identificat graves grolleres de litologies molt variades (graves poligèniques) que pertanyen a totes les grans unitats geoestructurals presents a la conca del Segre: zona axial dels Pirineus, Prepirineus (o unitats sudpirinenques) i la Depressió Central Catalana.

S'han establert 15 grups litològics dins els quals s'han classificat els 1296 exemplars de graves grolleres extrets en el total dels sis nivells. A partir dels gràfics obtinguts de les freqüències de cada litologia en les diverses terrasses (Annex 4) s'extreu un gràfic estadístic idealitzat de la composició litològica mitjana que representa el conjunt de les terrasses del riu Segre en el seu pas per Lleida (fig. 32). Aquesta representació gràfica dóna una idea general de les proporcions en que arriben arrossegades pel riu Segre les diferents naturaleses rocoses al seu tram per Lleida.

S'ha observat com el conjunt de materials queda representat per gairebé un 90% (88,5%) per 5 litologies que destaquen predominantment en els 6 nivells. Aquestes litologies són: calcàries cretàciques i juràssiques, quars, granitoides, ofites i calcàries eocenes, mentre que la resta de materials agrupats comprenen l'11,5% restant. Entre els materials predominants és veu un clar domini de les calcàries cretàciques i juràssiques (39,97%), seguit del grup dels quars (29%), formant entre les dues litologies el 69% de la natura de les graves grolleres.

Cal destacar també l'escassa representació de materials oligocènics, del Carbonífer, del Permotrias i calcàries Griotte en aquesta fracció (fig. 32).

En relació al gran predomini d'aquests cinc grups i la seva rellevància s'ha definit un gràfic on es mostren els canvis de freqüència que aquests materials tenen en els 5 nivells (fig. 33). Aquestes litologies es veu com són les que experimenten més canvis, mentre que les menys freqüents no mostren diferències importants ni remarcables. Per aquest motiu no s'ha comentat la seva evolució al llarg de les terrasses sinó que només han estat discutides les esmentades anteriorment.

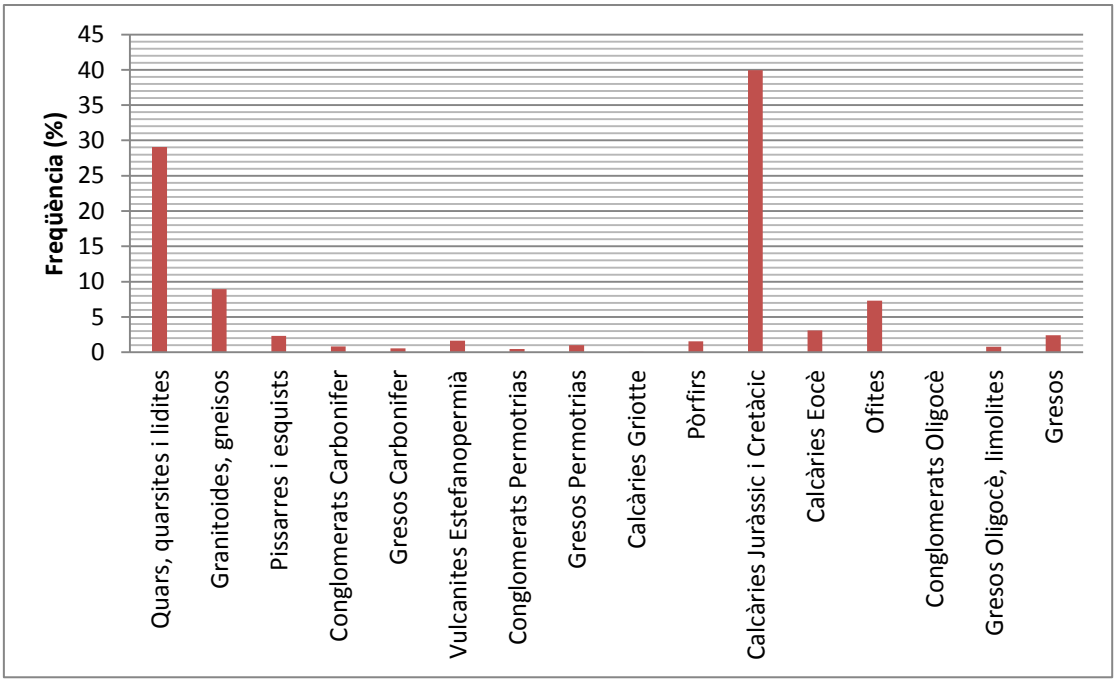


Figura 32. Freqüència litològica mitjana de les graves grolleres (16-64 mm) en el conjunt de les terrasses fluvials del Segre dins el marc lleidatà.

Així, s'observa al gràfic (fig. 33) com dins les litologies més freqüents es troben alguns grups minoritaris amb una proporció similar en el conjunt de les terrasses, com són les calcàries de l'Eocè i les ofites, sense passar en cap cas del 15%. Els granits tenen una proporció anàloga a les calcaries de l'Eocè i les ofites, però mostren un augment molt significatiu en la T1 (27,5%) i una disminució també notable a T5 (1,1%).

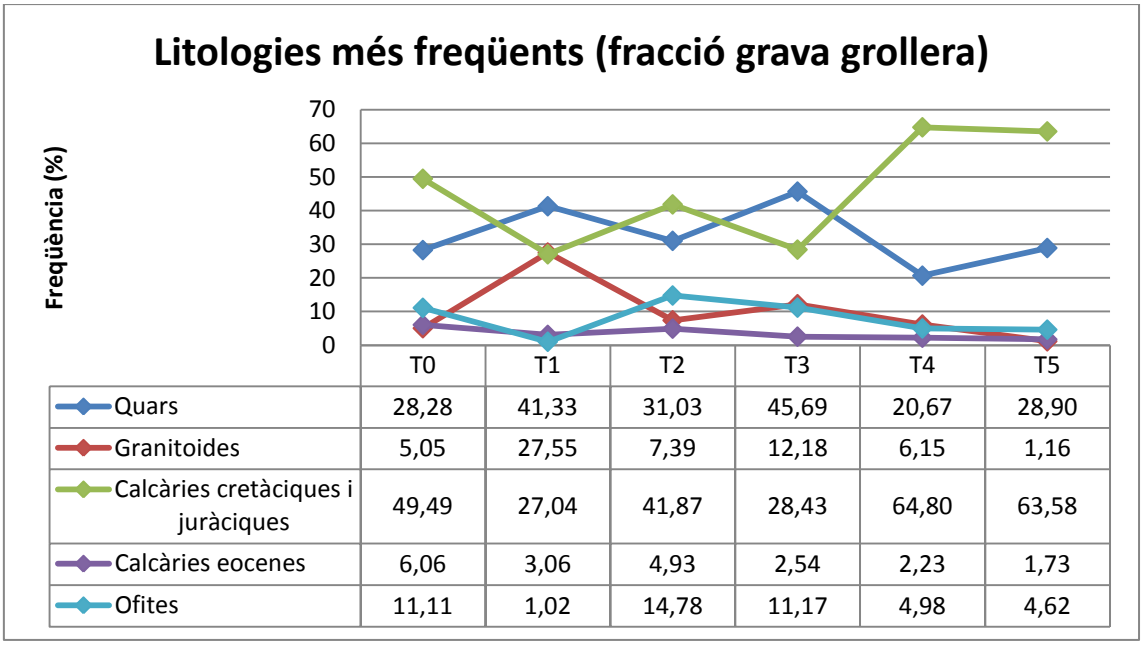
Els grups de calcàries cretàciques i juràssiques i quars mostren una proporció similar però amb un comportament invertit, quan un augmenta l'altre disminueix, oscil·lant entre el 20 i el 65%. Les calcàries cretàciques i juràssiques augmenten fortament a les terrasses inicials (T4-T5), fet que va acompanyat d'una disminució notable dels quars.

Per explicar aquest canvis es pot pensar en raons climàtiques i de transport: en les terrasses T4 i T5 augmenten les calcàries per l'arribada majoritària d'aportacions de graves fluvials procedents bàsicament del Prepirineu, a causa de la inactivitat de la zona axial pirenaica, coberta en aquells moments per enormes masses de gel, en trobar-se en plena glaciació.

Com ja s'ha esmentat abans, la T1 té un nivell anormalment elevat de granits que triplica els continguts mitjans apreciats en la resta i al mateix temps, aquesta notable

augment també apareix en el quars. El mateix succeeix, encara que a una escala menor, en el cas de la T3.

Una interpretació possible d'aquest fet és l'increment de materials traslladats des de la zona axial per l'acabament de l'última glaciació quaternària (Würm) fa uns 10.000 anys que alliberà nombrosos elements clàstics coberts anteriorment per les geleres, els quals no haurien pogut partir de la zona pirinenca abans per l'existència de gel en el fons de les valls. L'edat de la terrassa T1 (10.000-12.000 anys) estimada per Sancho *et al.* (2007) correspon a aquest moment.



	T0	T1	T2	T3	T4	T5
Quars	28,28	41,33	31,03	45,69	20,67	28,90
Granitoides	5,05	27,55	7,39	12,18	6,15	1,16
Calcàries cretàciques i juràciques	49,49	27,04	41,87	28,43	64,80	63,58
Calcàries eocenes	6,06	3,06	4,93	2,54	2,23	1,73
Ofites	11,11	1,02	14,78	11,17	4,98	4,62

Figura 33. Evolució de la freqüència de les litologies més freqüents en la fracció grava grollera (16-64 mm) al llarg dels sis nivells al·luvials.

5.4.2. Anàlisi litològic dels còdols

S'ha fet una descripció litològica d'un total de 100 còdols aproximadament en cada un dels 6 nivells a partir dels que formaven part del material extret i per tant posteriorment tamisat i pesat en el laboratori, i dels recomptes directes en els afloraments de camp. Aquests materials han estat ordenats seguint la mateixa classificació litològica (els mateixos grups litològics) que les graves grolleres i se n'ha elaborat gràfics (Annex 4).

El gràfic de la freqüència mitjana de litologies presents en la fracció còdol (fig. 34) mostra algunes variacions respecte els resultats de la naturalesa de les graves grolleres.

Destaca en primer lloc, l'hegemonia indiscutible del grup dels quars, quarsites i lidites (36,5%), la qual gairebé triplica les dues altres litologies més rellevants que són les calcàries i els granitoides, amb percentatges anàlegs (13,15 i 12,36% respectivament).

En la fracció còdol destaquen en un tercer pla dos grups fins ara pràcticament desapercebuts: els gresos i conglomerats del Permotrias (15,64%) i els gresos i conglomerats del Carbonífer (7,82%). En cada una d'aquestes fàcies, han estat diferenciats en detall els gresos i els conglomerats. Tant als materials del Carbonífer com als del Permotrias predominen lleugerament els conglomerats sobre els gresos, tot i que el lloc de procedència d'ambdues formes detrítiques és pràcticament el mateix. La raó es basa en que els conglomerats, amb còdols de quars, resisteixen millor el transport.

Entre les següents litologies en proporció trobem les ofites (5,3%) i els gresos no classificats en cap grup anterior (4%). La resta de grups són molt minoritaris amb representacions inferiors al 2% i es mantenen homogenis al llarg dels 6 nivells, per la qual cosa no es tracten amb més detall. Únicament mencionar l'absència de conglomerats oligocènics, calcàries Griotte i la feble presència de pissarres, esquists, vulcanites i pòrfirs.

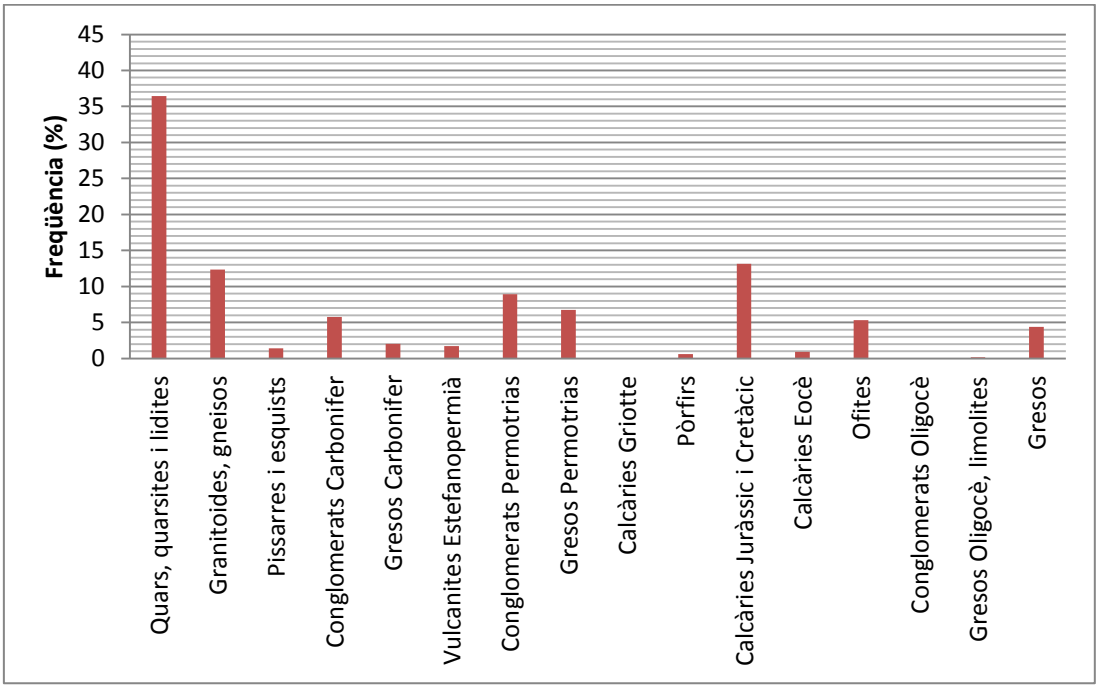


Figura 34. Freqüència litològica mitjana dels còdols (64-256 mm) en el conjunt de les terrasses fluvials del Segre i la seva plana d'inundació en el seu pas per Lleida.

L'anàlisi de la composició litològica dels còdols que pertanyen als 6 nivells estudiats es pot veure en la figura 35 en la qual s'indica la freqüència del sis grups de litologies més abundants: quars, granitoides, carbonats (juràssics, cretàcics i eocens), fàcies Permotrias (conglomerats i gresos), fàcies Carbonífer (conglomerats i gresos) i ofites.

La litologia més destacada en tots els 6 nivells és clarament la del grup dels quars, com ja s'havia destacat en l'anàlisi conjunta de les terrasses (fig. 34), oscil·lant entre el 30% (T0) i gairebé el 50% (T4) del conjunt de còdols comptabilitzats.

Per sota d'una proporció del 30% es situen la resta dels grups (granitoides, carbonats, fàcies Permotrias, Carbonífer i ofites). Dins d'aquest grup de litologies cal destacar com els granitoides van disminuint en quantitat a mesura que les terrasses són més antigues tot i aparèixer de forma massiva (28%) en la terrassa T1 (fig. 35). Aquest fenomen es repeteix de forma idèntica en el cas de les graves grolleres, amb una evolució curiosament similar. Cal dir, tot i això, que la presència de granitoides de mida còdol és lleugerament superior que a les graves grolleres.

Els elements clàstics de les fàcies del Permotrias i Carbonífer mostren una evolució bastant similar en els diferents nivells excepte en la T4, on els materials del Carbonífer sofreixen una lleugera davallada i els del Permotrias un lleuger augment.

Pel que fa als materials carbonàtics s'observa la forta davallada que aquests pateixen en la fracció còdol respecte les graves grolleres, on eren el segon material més representatiu, passant del quasi 45% (fig. 32) a no arribar al 13% (fig. 34). L'evolució al llarg dels nivells de terrassa és semblant, (fig. 35) mostrant un augment cap a les terrasses més antigues. Tot i això, és de destacar l'elevada proporció de carbonats a la plana d'inundació actual (T0) on representen gairebé el 30%.

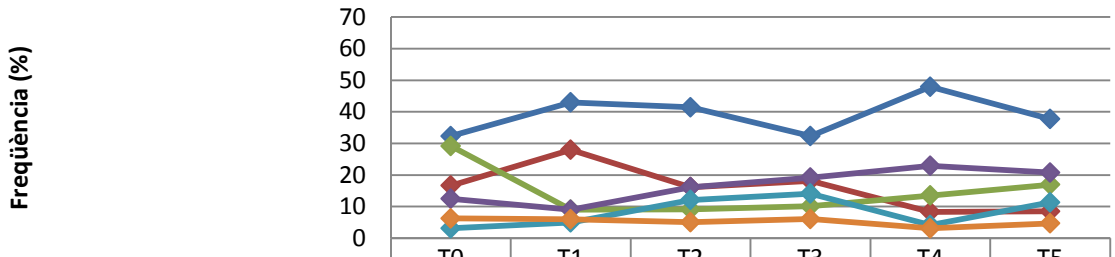
Les ofites són les litologies que mostren menys canvis de freqüència tant en els còdols com en les graves grolleres, mantenint-se en ambdós dos casos per sota del 7% (figs. 32 i 34). Sembla haver-hi una molt lleugera disminució de les ofites cap a nivells més antics (figs. 33 i 35) que podria explicar-se per l'alteració dels materials amb el pas del temps.

L'hegemonia del quars és fàcilment explicable per raó de la duresa que caracteritza aquest material, la qual fa que no es fragmenti al llarg del recorregut fluvial, sinó que es manté poc o molt intacte encara que amb major arrodoniment per atrició. S'observa

com, curiosament, en els nivells en què disminueix el quars de la fracció grava grollera, n'augmenta el contingut en la fracció còdol.

La progressiva disminució de granitoides es pot veure associada, no a una falta d'aportació de granits per part del corrent, sinó a l'alteració d'aquests materials a les terrasses *in situ* a causa de la meteorització per part dels agents geològics externs i la conseqüent disgregació i arenització, cosa que comporta la disminució d'aquesta litologia. Els quars, pel contrari, tot i mostrar signes d'alteració en les terrasses més altes, encara es conserva en clastes sencers gràcies a la seva duresa i inalterabilitat.

El mateix que s'explica dels granits s'aplicaria en el cas dels carbonats, els quals tenen facilitat per ser dissolts en medis àcids i, conseqüentment haurien d'anar disminuint. En canvi, es mantenen o augmenten molt lleugerament, cosa que es pot veure clarament en la figura 35. La presència de molt material calcari en fraccions més petites (graves grolleres) contrasta amb el dèficit de la fracció còdol, cosa que s'explica per la poca consistència dels carbonats, que queden fraccionats amb facilitat al ser transportats pel corrent i arriben majoritàriament en forma de grava grollera.



	T0	T1	T2	T3	T4	T5
Quars	32,29	43,00	41,41	32,32	47,92	37,74
Granitoides	16,67	28,00	16,16	18,18	8,33	8,49
Carbonats (Juràcic, Cretàcic, Eocè)	29,17	9,00	9,09	10,10	13,54	16,98
Permotrias	12,50	9,00	16,16	19,19	22,92	20,75
Carbonífer	3,13	5,00	12,12	14,14	4,17	11,32
Ofites	6,25	6,00	5,05	6,06	3,13	4,72

Figura 35. Gràfic que mostra el percentatge de les sis litologies més freqüents dins la fracció còdol (64-256 mm) al llarg dels sis nivells, mostrant els canvis que experimenten.

Cal destacar que tant els materials del Permotrias com els dels del Carbonífer destaquen en aquesta fracció mentre que en les graves grolleres no són representatius. Això, respon a la mateixa causa que en el cas dels quars: la resistència d'aquests materials davant l'erosió. En presentar una major consistència, no es fragmenten durant el trajecte i romanen amb la mida original de còdol en que van ser incorporats al corrent fluvial.

Un fet que cal destacar dins els resultats extrets és l'alteració dels granits. Aquesta alteració és gradual, és a dir, augmenta com més elevat és el nivell de terrassa i per tant és un molt bon indicador de l'edat de cada una, essent més antigues les terrasses on el granit és mostra més alterat (fig. 36).

La disminució progressiva dels granits a partir de la terrassa T3 (fig. 36), podria atribuir-se a la hidròlisi i desagregació dels seus components (en especial, les plagiòclasis) després de quedar enterrats en la terrassa i estar exposats a canvis freqüents d'humitat i temperatura al llarg dels mil·lennis. Com s'indica en l'anàlisi de percentatge de clastes de granit alterats fet al camp (fig. 36), els granits mostren un canvi substancial pel que fa a la seva alteració a partir de la T4. Així, mentre els nivells inferiors (T0,T1,T2,T3) mostren una tendència a un increment lleuger (tenen entre un 1 i un 10% de granits podrits), les terrasses T4 i T5 són un clar exemple de la meteorització que han patit aquests materials pel llarg període que porten acumulats, amb alteracions del 80% en ambdós casos de granits respecte el total. L'evolució de l'alteració granítica es força evident en les figures 37 i 38. Els granits són, dins el conjunt, els materials més visiblement afectats per aquests processos de meteorització, però també les ofites poden mostrar signes evidents d'alteració química dels seus components.

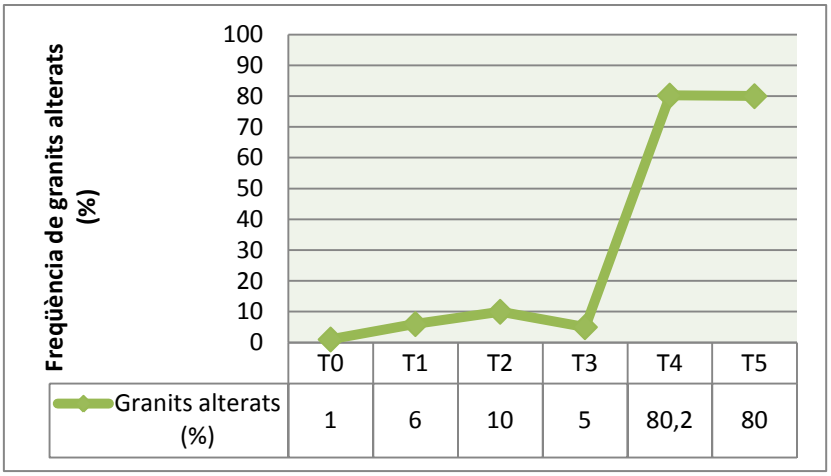


Figura 36 . Percentatge de granits alterats en cada nivell de terrassa i en la plana d'inundació.

Figura 37. Conjunt de quatre granitoides sense alterar extrets a la T1 (imatge esquerra); Dos fragments d'un mateix granitoide molt alterat de la T5 (imatge dreta).

Figura 38. Porció de la paret de la terrassa T4 on es poden observar diferents granits molt propers entre ells amb diferents graus d'alteració. El granit marcat en verd no presenta alteracions, en blau se'n veu un de bastant alterat i el color roig senyala un granit completament alterat, del qual sols en queden petits fragments desagregats.

6. CONCLUSIONS

Les conclusions derivades de l'estudi de les terrasses del Segre fet en aquest treball són les següents:

- El riu Segre a l'altura de Lleida presenta la plana d'inundació més un conjunt de 5 terrasses fluvials esglaonades amb una diferencia d'encaixament entre elles bastant regular al llarg dels nivells amb una mitjana de 18,5 m.

- Als criteris generals d'antiguitat relacionats amb l'alçada relativa entre les terrasses es poden unir dos criteris més analitzats en aquest treball com són l'alteració dels materials granítics, l'encrostament de la part superior de les terrasses i la dissolució dels còdols de calcària. L'antiguitat suposa una disgregació dels granits, els carbonats disminueixen en percentatge i l'encrostament augmenta. La variació més important tan pel que fa a l'alteració dels granits com l'encrostament és entre els nivells T3 i T4. Això pot suposar que el temps transcorregut entre la formació de les dues terrasses es molt mes gran que el transcorregut entre la resta. Aquesta conclusió estaria perfectament d'acord amb les primeres datacions que s'han realitzat (Sancho *et al*, 2007) on es veu que la diferència d'edat entre terrassa i terrassa a partir dels nivells T4 i T5 és major que a la resta (uns 100.000 anys). Aquests indicadors corroboren que les terrasses més antigues, i per tant, situades a una altitud superior han sofert més meteorització.

- La granulometria més important en tots els nivells de terrasses és la de les graves grolleres (16-64 mm) excepte a la T4, on predominen lleugerament les graves fines (2-16 mm) per sobre les grolleres.

- La morfologia dominant de les graves grolleres és la discoïdal. Aquesta és també la forma característica de les calcàries i les ofites, mentre que els granits adopten una forma més esfèrica a causa de la seva isometria. Els quars tendeixen a adquirir aquestes dues formes també. El predomini d'aquesta forma es veu relacionat amb l'elevada presència de quars i calcàries.

- Les litologies més abundants als dipòsits quaternaris del Segre en el seu pas per Lleida són els quarsos i les calcàries. Pel que fa a la fracció grava grollera (16-64 mm) és representada majoritàriament per calcàries (sobretot del període juràssic i cretàcic), seguida dels quarsos, els granits i les ofites. En canvi, en el cas de la

fracció còdol (64-256 mm) l'hegemonia és indiscutiblement del quars, seguit de les calcàries (amb una quantitat bastant més inferior que en les graves grolleres), els granits i les fàcies Permotrias i Carbonífer.

Aquest augment de materials quarsosos i del període Permotrias i Carbonífer en la fracció còdol és degut a la seva duresa, de forma que no es fragmenten durant el trajecte i arriben en porcions més grans. En canvi, les calcàries són més susceptibles a ser fragmentades pel corrent com també a ser dissoltes, per la qual cosa es veuen reduïdes a fraccions més petites (graves grolleres, on són molt abundants).

- Les àrees més exposades dins la conca són la de les pissarres, els granits i els quarsos.

  Però les pissarres, tot i estar distribuïdes en una àrea molt gran no arriben perquè sofreixen atrició durant el transport per la seva esquistositat.

  Al contrari, altres materials les fàcies Permotrias i Carbonífer, tot i tenir afloraments petits dins la conca, són molt durs i per la qual cosa són resistents a l'acció erosiva del corrent i abunden més entre els sediments.

- Les terrasses del Segre són molt riques en materials provinents de la zona axial pirenaica (sobretot T3 i T4 i en especial la T1), que es troba més llunyana, i tenen pocs materials de la DCC, que es troba més propera geogràficament. Això és relaciona amb la duresa dels materials (molt durs en la zona axial i tous i solubles a la Depressió Central) i la resistència que oposen a ser trencats.

- En la terrassa T1 es troba un enriquiment de granitoides que podria estar relacionat amb les darreres etapes glacials, concretament amb la del Würm, (fa 10.000) cosa que es plausible amb la datació feta també per Sancho *et al* (2007) d'aquest nivell. També té una gran quantitat de materials quarsosos i hercinians, provinents del nucli de la serralada pirinenca. L'augment de materials axials podria ser explicat pel transport glacial des de la capçalera. Les geleres tenen més capacitat d'arrossegament de materials pesats, per la qual cosa s'explicaria l'augment sobtat d'aquestes litologies.

7. BIBLIOGRAFIA

- Balasch, J.C. (1990): El relleu de la Depressió Central Catalana a l'àrea de Lleida. In A. López (ed.): Lleida Viva: cultura urbana i medi. Publ. Ateneu Popular de Ponent: 41-52.

- Calvet, J. (1980): Relaciones entre la evolución geomorfològica quaternària de la Depresión Central Catalana (Segarra y Pla d'Urgell) y del valle del Segre. 102 p. Fundación J. March. Madrid (inèdit).

- Camacho, G; Viladevall, M; Marturia, J; i Ponce, J.M. (1991): Los placeres auríferos de la llanura aluvial del río Segre y delta del río Ebro (NE de la península Ibérica). La Paz, 215 p.

- ITGE (1998): Mapa geològico de España (escala 1:50.000). Memoria explicativa de la hoja nº 388. Lérida. 45p. 2 mapes.

- Matas, J. (cord.) (1992): Gran atles geogràfic i històric de Catalunya. Ed. Diari Avui (Bibliotex, S.L.), Barcelona, 480 p.

- Peña, J.L. i Sancho, C. (1988): Correlación y evolución cuaternaria del sistema fluvial Segre-Cinca en su curso bajo (Provs. de Lerida y Huesca). Cuaternario y Geomorfología, Vol.2 (1-4), pp. 77-83.

- Pettijohn, F.J.; Potter, P.; Siever, R.(1987): Sand and Sandstone. Springer Study Edition Series, Springer-Verlag, 2ª ed. 553 p.

- Remacha, R.; Balasch, J.C. & Escorihuela, B. (2006): El riu Segre a Lleida: La morfologia i els cabals. Coneixes la teva ciutat...? El riu Segre: un protagonista anònim. XXVI Campanya Ateneu Popular de Ponent, Lleida, 13-32.

- Santanach, P. *et al* (1986). Geologia I. Història Natural dels Països Catalans. Enciclopèdia catalana, SA. Barcelona.

- Solé Sabarís, LL. (1946): Problemas morfológicos del Llano de Lérida. Ilerda, 6, 7-22.

- Solé i Sabarís, LL. (1958): Geografia de Catalunya. Geografia general. Tom I. Editorial Aedos, Barcelona, 665p.
- Solé Sabarís, LL. (2004): El Pirineu. El medi i l'home, Tremp, Garsineu Edicions, 441 p.