

# Estudi del glaciariisme quaternari de les Altes Valls de la Ribagorça

Joan Manuel Vilaplana i Fernández

**ADVERTIMENT.** La consulta d'aquesta tesi queda condicionada a l'acceptació de les següents condicions d'ús: La difusió d'aquesta tesi per mitjà del servei TDX ([www.tesisenxarxa.net](http://www.tesisenxarxa.net)) ha estat autoritzada pels titulars dels drets de propietat intel·lectual únicament per a usos privats emmarcats en activitats d'investigació i docència. No s'autoritza la seva reproducció amb finalitats de lucre ni la seva difusió i posada a disposició des d'un lloc aliè al servei TDX. No s'autoritza la presentació del seu contingut en una finestra o marc aliè a TDX (framing). Aquesta reserva de drets afecta tant al resum de presentació de la tesi com als seus continguts. En la utilització o cita de parts de la tesi és obligat indicar el nom de la persona autora.

**ADVERTENCIA.** La consulta de esta tesis queda condicionada a la aceptación de las siguientes condiciones de uso: La difusión de esta tesis por medio del servicio TDR ([www.tesisenred.net](http://www.tesisenred.net)) ha sido autorizada por los titulares de los derechos de propiedad intelectual únicamente para usos privados enmarcados en actividades de investigación y docencia. No se autoriza su reproducción con finalidades de lucro ni su difusión y puesta a disposición desde un sitio ajeno al servicio TDR. No se autoriza la presentación de su contenido en una ventana o marco ajeno a TDR (framing). Esta reserva de derechos afecta tanto al resumen de presentación de la tesis como a sus contenidos. En la utilización o cita de partes de la tesis es obligado indicar el nombre de la persona autora.

**WARNING.** On having consulted this thesis you're accepting the following use conditions: Spreading this thesis by the TDX ([www.tesisenxarxa.net](http://www.tesisenxarxa.net)) service has been authorized by the titular of the intellectual property rights only for private uses placed in investigation and teaching activities. Reproduction with lucrative aims is not authorized neither its spreading and availability from a site foreign to the TDX service. Introducing its content in a window or frame foreign to the TDX service is not authorized (framing). This rights affect to the presentation summary of the thesis as well as to its contents. In the using or citation of parts of the thesis it's obliged to indicate the name of the author.

043  

---

VIC



JOAN MANUEL VILAPLANA

ESTUDI DEL GLACIARISME QUATERNARI  
DE LES ALTES VALLS DE LA RIBAGORÇA

DEPARTAMENT DE GEOMORFOLOGIA I TECTÒNICA  
FACULTAT DE GEOLOGIA  
UNIVERSITAT DE BARCELONA

043 Vil

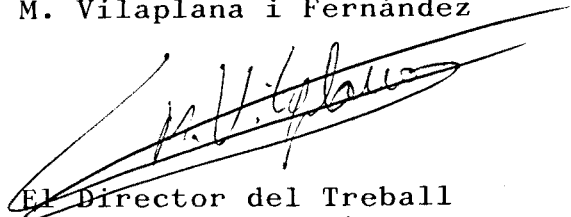
R. 1368

Memòria presentada pel sotasignat Joan Manuel Vilaplana i Fernández, i dirigida pel Dr. David Serrat i Congost, per optar al Grau de Doctor en Ciències Geològiques.

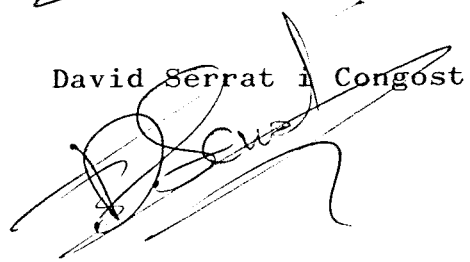
Signat: Joan M. Vilaplana i Fernández

Vist i Plau del  
Cap del Departament

Josep M<sup>a</sup> Fontboté i Mussoles



El Director del Treball



David Serrat i Congost

*A la Mercè*

*i al Pau*

*Jo sóc d'una petita terra  
sense rius de debò, sovint assedegada de pluja,  
pobra d'arbres, gairebé privada de boscos,  
escassa de planures, excessiva de muntanyes,  
. . .*

*Alts cims trenquen la meva pàtria en dos Estats,  
però una mateixa llengua és encara  
parlada a banda i banda,  
. . .*

*SALVADOR ESPRIU (de " M'han demanat  
que parli de la meva Europa", 1959).*

## AGRAIMENTS-

No voldria començar el text de la present memòria sense abans haver fet esment de totes aquelles persones i institucions que d'una manera o altra han col.laborat i m'han ajudat a fer possible la terminació d'aquest treball. Vagi per a tots ells el meu agraïment més sincer, a la vegada que expresso les meves disculpes a aquelles persones que per oblit no intencionat hagi pogut ometre.

Primerament voldria agrair la participació que el Dr. David Serrat i Congost, director del treball, col.llega i amic ha tingut en la realització de la present tesi doctoral. A ell li dec la meva iniciació en aquesta disciplina geològica, les anades i discussions conjuntes sobre el terreny, la vinculació a la "INQUA Commission on Genesis and Lithology of Quaternary Deposits", així com la correcció i crítica del text original de la present memòria.

Vull esmentar també la col.laboració i la influència que en Juan Ramón Vidal Raomani, del Laboratorio Xeològico de Laxe (Do Castro-Sada) ha tingut en l'evolució del meu treball tant en l'aspecte de contingut científic com en l'aspecte humà. A ell li dec una gran dosi de moral injectada en moments un xic difícils, que encara que llunyans crec que van ésser decisius.

La col.laboració de Josepa Brú i Bistuer en la realització del treball de camp ha estat per a mi un fet digne de resaltar. A ella li haig d'agrair haver-me "soportat" durant les campanyes de cartografia dels sediments quaternaris, així com, les de vegades poc amenes parrafades sobre el valor, l'ús i l'interès dels nostres treballs.

*Al Dr. Christian Schlüchter de l'E.T.H. de Zürich, gran coneixedor del Glaciarisme Quaternari als Alps i a la vegada entusiasta defensor de la recerca en el camp del glaciarisme i de la Geologia del Quaternari en el Pirineu. Li agraeixo enormement el seu ajut en les visites i discussions realitzades sobre el terreny així com el seu gran interès en el seguiment del meu treball.*

*Voldria fer menció especial dels professors de l'I.T.C. d'Enschede (Hol.landa), senyors Robert Soeters i Niek Rengers, amb els quals he compartit dies de camp on han demostrat ser uns grans coneixedors de la geologia de la comarca. A ells vull agrair la seva desinteressada col.laboració, la qual ha desembocat en una estreta amistat.*

*Vull agrair també la decisiva col.laboració del Dr. Albert Casas i Ponsati en la realització, interpretació i discussió dels sondatges elèctrics realitzats a les cubetes de Bono i de Barruera. Penso que hem aconseguit establir un important vincle de col.laboració interdisciplinària que pot obrir noves vies d'estudi dintre de la geomorfologia del Pirineu.*

*Al Dr. Alex Verdaguer per la seva col.laboració en el mostreig i tractament analític dels sediments de Llauset, així com per les profitoses discussions mantingudes conjuntament.*

*A en Xavier Tomás, del Departament d'Ecologia de la Universitat de Barcelona, que ha classificat els exemplars de diatomees trobats en el fang negre de Llauset i amb el qual he discutit el seu valor paleo-ambiental.*

*A la Dra. Esperança Tauler, la qual ha realitzat les determinacions mineralògiques per difracció de Raigs X, de les matrius dels tills argilosos. Amb ella espero poder continuar aquesta interessant línia de col.laboració.*

*Vull també fer patent el meu agraïment a en Carles Martí Bono, amb el qual hem mantingut interessants discussions sobre qües-*



*tions sedimentològiques i estratigràfiques dels dipòsits glacials.*

*A en Joan Martí i Riba que ha compartit amb mi jornades de camp i que m'ha facilitat l'estada a la casa de Pont de Suert.*

*A en Jaume Bordonau per la seva important col.laboració en l'aixecament del perfil estratigràfic de Llestui, així com en d'altres tasques relatives al present treball.*

*A en Joan Manuel Ros, a l'Eduard Clavero i a l'Anna per la seva col.laboració en la realització de la part gràfica.*

*D'una manera especial agraeixo el treball de mecanografiat del text, dut a terme per la Sra. Beatriz Garzón; feina llarga i feixuga sense la qual hom no podria veure materialitzada la present memòria.*

*El meu agraïment és també extensiu a diverses entitats - col.lectives que cito a continuació.*

*Primerament vull fer menció del Departament de Geomorfologia i Tectònica de la Facultat de Geologia, al seu director i a tots els seus membres per haver-me acollit amb cordial relació de treball durant els anys de realització de la present tesi doctoral.*

*Al Servei de Microcòpia Electrònica de la Universitat de Barcelona i especialment al Dr. Ramón Fontarnau del qual he rebut assessorament i ajut en la preparació i observació de les mostres visualitzades amb el microscopi electrònic de rastreig.*

*El meu agraïment també a l'empresa ENHER que em va facilitar l'estada i l'accés a la vall de Llauset, així com gran quantitat de documentació cartogràfica de la mateixa vall i molt especialment dels treballs relacionats amb l'obra hidroelèctrica del llac de Llauset. Vull fer una especial menció dels enginyers Sr. Rotger i Sr. Buil per la seva desinteressada col.laboració.*

*D'una manera molt especial voldria manifestar el meu reconeixement a tota la gent de l'Alta Ribagorça. A aquells que més directament he tractat com ara fondistes, pastors, batlles, guardes forestals, i a tots els seus habitants en general per l'ajut espontani i amical que m'han ofert.*

*Finalment vull esmentar la tasca de correcció del manuscrit original realitzada per la Mercè. A ella li dec l'ajut moral en els moments de flaqueza i a ella li agraeixo d'haver suportat les tensions i els neguits que tot treball d'aquesta envergadura inevitablement comporta. A la Mercè i a tots els que han compartit aquest període de la meua vida, la meua més sincera consideració.*

---

Una part d'aquest treball ha rebut l'ajut econòmic de la CIRIT de la Generalitat de Catalunya. També la cartografia dels sediments quaternaris ha estat possible gràcies al suport econòmic del Servei Geològic de Catalunya. A ambdues institucions el meu agraïment.

# I N D E X

1. INTRODUCCIÓ.	1
1.1. Plantejament i objectius del treball. .	3
1.2. Metodologia de treball . . . . .	5
1.3. El marc geogràfic. . . . .	8
1.4. El marc geològic . . . . .	12
1.4.1. Referent a l'estratigrafia i ma- terials . . . . .	13
1.4.2. Referent a l'estructura . . . . .	17
2. GEOMORFOLOGIA DE L'ALTA RIBAGORÇA	18
2.1. El glaciariisme quaternari i la seva in- portància morfogenètica . . . . .	20
2.1.1. Formes d'erosió glacial. . . . .	27
2.1.2. Els mecanismes erosius de les - glaceres. . . . .	46
2.1.3. Formes d'acumulació glacial . .	50
2.2. Altres tipus de modelatge no glacial . .	60
2.2.1. Principals processos periglacials i formes associades . . . . .	60
2.2.2. Modelatge fluvial i torrencial..	66
2.2.3. Els llacs i els estanys . . . . .	68
2.2.4. Els moviments en massa que afec- ten els vessants.. . . . .	70
2.2.5. Les superfícies d'aplanament . .	78
2.2.6. Influència de l'estructura en el relleu. . . . .	81
2.3. Cronologia de les principals formes del relleu de les altes valls de la Ribagor- ça. . . . .	84
2.3.1. El relleu pre-glacial . . . . .	84
2.3.2. El relleu glacial . . . . .	85

2.3.3. El relleu post-glacial. . . . .	86
3. PETROGRAFIA I SEDIMENTOLOGIA DELS DIPÒSITS GLACIALS I D'ALTRES SEDIMENTS RELACIONATS.	88
3.1. La problemàtica classificació dels dipòsits d'origen glacial . . . . .	91
3.1.1. Till: un sediment. . . . .	91
3.1.2. Factors a considerar en la gènesi dels tills. . . . .	93
3.1.3. Principals propietats comuns en la majoria de tills . . . . .	95
3.1.4. La classificació genètica dels dipòsits glacials, elaborada en el si de la "INQUA" Comission on Genesis and Lithology of Quaternary Deposits". . . . .	98
3.2. L'interès dels sediments glàcio-lacustres. . . . . .	100
3.2.1. Importància dels ambients glàcio- lacustres al Pirineu. . . . .	101
3.3. Metodologia i tècniques d'estudi en el tractament del material sedimentari . . . . .	104
3.3.1. La selecció de les formacions se- dimentàries . . . . .	104
3.3.2. El tractament analític dels di- pòsits. . . . .	104
4. ANALISI SECTORIAL	107
4.1. La vall de Llauset . . . . .	109
4.1.1. La cubeta lacustre de Llauset. . . . .	117
4.1.2. El complex sedimentari de Llestui . . . . .	143

4.1.3. A tall de resum conclusions: la glacera de Llauset . . . . .	161
4.2. La Vall de Boí: sector de Taüll, Erill i Durro. . . . .	165
4.2.1. Els dipòsits quaternaris de les valls de Taüll i de Durro. . . . .	168
4.2.2. El sector de Taüll i d'Erill . . . . .	176
4.2.3. El sector de Durro . . . . .	200
4.2.4. Les fases glacials al sector de Taüll-Erill . . . . .	202
4.3. Les cubetes de fons de vall . . . . .	206
4.3.1. La cubeta de Bono . . . . .	210
4.3.2. La cubeta de Barruera . . . . .	223
4.3.3. A tall de conclusió: sobre l'evolució de les cubetes de fons de vall. . . . .	231
4.4. Els complexos terminals de les glaceres de la Ribagorçana i de Tor . . . . .	234
4.4.1. Complexos terminals de la glacera de la Ribagorçana . . . . .	237
5. EL PROBLEMA DE LES TERRASSES FLUVIALS	252
5.1. Les terrasses de les altes valls de la Noguera Ribagorçana i de la Noguera de Tor. . . . .	256
5.2. Síntesi i descripció dels diferents nivells de terrasses de l'alta conca de la Noguera Ribagorçana . . . . .	260
5.3. Correlació entre les terrasses fluvials i els dipòsits glacials . . . . .	267

6. CRONOLOGIA DELS DIFERENTS EPISODIS GLACIALS A LES ALTES VALLS DE LA RIBAGORÇA.	273
6.1. Síntesi de les fases glacials a la con- ca de la Noguera Ribagorçana . . . . .	275
6.2. Síntesi de les fases glacials a la con- ca de la Noguera de Tor . . . . .	283
6.3. Cronologia glacial de l'Alta Ribagorça: a tall de síntesi estratigràfica. . . . .	288
6.4. Correlació amb altres sectors del Piri- neu . . . . .	290
6.4.1. Pirineu Oriental . . . . .	290
6.4.2. Valls d'Andorra . . . . .	290
6.4.3. Pirineu Occidental . . . . .	291
6.4.4. Vessant septentrional del Piri- neu . . . . .	292
6.4.5. A tall de conclusió . . . . .	294
7. CONCLUSIONS	297
7.1. Apèndix. . . . .	303
8. BIBLIOGRAFIA.	304
8.1. Bibliografia regional . . . . .	305
8.2. Bibliografia temàtica . . . . .	313
8.2.1. Bibliografia temàtica general ..	313
8.2.3. Bibliografia temàtica específica	314
8.3. Cartografia . . . . .	322

## I N D E X D E F I G U R E S

Fig. 1.	Resum metodològic per a l'estudi del glaciariisme quaternari al Pirineu	6
Fig. 2.	Situació de l'àrea estudiada dins Cata lunya . . . . .	9
Fig. 3.	Conca hidrogràfica de les altes valls de la Ribagorça . . . . .	10
Fig. 4.	Esquema geològic de l'Alta Ribagorça.	14
Fig. 5.	Les geleres quaternàries del Pirineu català . . . . .	22
Fig. 6.	Extensió de les glaceres de l'última glaciació . . . . .	25
Fig. 7.	Esquema geomorfològic del modelatge glacial de la Ribera de Sant Nicolau.	26
Fig. 8.	Situació dels circs glacials. . . . .	29
Fig. 9.	Esquema geomorfològic de l'alta vall de la Noguera de Tor. . . . .	45
Fig. 10.	Condicions de l'abrasió glacial en els circs i en les valls . . . . .	48
Fig. 11.	Preparació del llit rocós d'una vall sota condicions periglacials. . . . .	51
Fig. 12.	Perfil transversal de la Ribagorçana a Senet . . . . .	57

Fig. 13. Desprendiments gravitacionals a la Vall de Boí . . . . .	72
Fig. 14. Perfils transversals de la Ribera de Sant Nicolau . . . . .	74
Fig. 15. Classificació dels tills (A. Dreimains, 1979). . . . .	98
Fig. 16. Classificació genètica dels tills ( XI Congrés de l'INQUA, 1982). . . . .	99
Fig.17a. Situació de la vall de Llauset . . . . .	110
Fig.17b. Mapa litològic de la vall de Llauset.	112
Fig. 18. Paràmetres físics del llac de Llauset.	119
Fig. 19. Esquema foto-geomorfològic de la cubeta del llac de Llauset . . . . .	120
Fig. 20. Punts de màxima profunditat de la cubeta de Llauset . . . . .	122
Fig. 21. Perfil estratigràfic de la formació lacustre de Llauset. . . . .	126
Fig. 22. Granulometria de la matriu del till sub-glacial de Llestui. . . . .	145
Fig. 23. La vall de Llauset durant l'últim màxim glacial . . . . .	162
Fig. 24. Situació del sector de Taül - Erill - Durro . . . . .	166



Fig. 25. Esquema foto-geomorfològic de la confluència de la vall del Ginebrell amb la de Sant Martí . . . . .	172
Fig. 26. Granulometria de la matriu dels tills sub-glacials de Taüll i d'Erill. . . . .	179
Fig. 27. Perfil i tall de la morrena d'Erill . . . . .	184
Fig. 28. Perfil estratigràfic de Sant Martí . . . . .	187
Fig. 29. Geometria dels diferents cossos resistius dels sediments glacials del Ginebrell . . . . .	194
Fig. 30. Les fàcies deposicionals dels sediments de Mulleres . . . . .	198
Fig. 31. Les fases glacials al sector de Taüll-Erill . . . . .	205
Fig. 32. Situació de les cubetes de Bono i de Barruera . . . . .	207
Fig. 33. Esquema foto-geomorfològic de la cubeta de Bono. . . . .	212
Fig. 34. Tall de la morrena de l'Artiga . . . . .	215
Fig.35a. Perfils transversals de la cubeta de Bono . . . . .	217
Fig.35b. Perfils transversals de la cubeta de Bono . . . . .	218

Fig. 36. Perfil geolèctric transversal de la cubeta de Bono . . . . .	220
Fig. 37. Perfils geolèctrics parcials de la cubeta de Bono . . . . .	221
Fig. 38. Perfil geolèctric longitudinal de la cubeta de Bono . . . . .	222
Fig. 39. Esquema foto-geomorfològic de la cubeta de Barruera . . . . .	225
Fig. 40. Perfil geolèctric longitudinal de la cubeta de Barruera. . . . .	228
Fig. 41. Perfil transversal de la cubeta de Barruera . . . . .	230
Fig. 42. Situació dels complexos morrènics terminals. . . . .	235
Fig. 43. Granulometria de la matriu dels tills dels complexos terminals. . . . .	241
Fig. 44. Tall interpretatiu del complex terminal del Seminari de Vilaller. . . . .	243
Fig. 45. Cartografia dels nivells de terrasses fluvials . . . . .	259
Fig. 46. Esquema dels diferents nivells de terrasses . . . . .	264
Fig. 47. Perfil transversal de la Noguera Ribagorçana a St. Antoni . . . . .	268

Fig. 48. Extensió de les glaceres durant l'últim màxim glacial . . . . .	277
Fig. 49. Extensió de les glaceres durant la fase post-màxim. . . . .	279
Fig. 50. Extensió de les glaceres durant la fase final . . . . .	281
Fig. 51. Assaig de Síntesi estratigràfica . . .	296
Fig. 52. Assaig de correlació de les fases glacials entre ambdós vessants del Pirineu.	303

## INDEX DE FIGURES FORA TEXT (ANEX)

- I - MAPA LITOLÒGIC DE L'ALTA RIBAGORÇA.
- II - MAPA GEOMORFOLÒGIC DE LES ALTES VALLS DE LA RIBAGORÇA.
- III - PERFILS LONGITUDINALS DE L'ALTA VALL DE LA NOGUERA RIBAGORÇANA I DE LA NOGUERA DE TOR.
- IV - MAPA GEOMORFOLÒGIC DE LA VALL DE LLAUSET.
- V - TOPOGRAFIA I BATIMETRIA DE LA CUBETA LACUSTRE DE LLAUSET.
- VI - PERFILS DE LA CUBETA LACUSTRE DE LLAUSET.
- VII - FÀCIES DEPOSICIONALS DELS SEDIMENTS DE LLESTUI.
- VIII - PERFIL ESTRATIGRÀFIC DE LLESTUI.
- IX - MAPA DELS SEDIMENTS QUATERNARIS DE LES VALLS DE TAÜLL I DE DURRO.
- X - PERFIL ESTRATIGRÀFIC DE MULLERES.

## 1. INTRODUCCIØ

"El món, en crear-lo Déu, era completament pla, i el Creador volgué fer-hi relleus. Amb un sac ple de rocs al coll corre-gué per la terra i deixà anar un roc aquí, un roc allà, i els rocs creixien, creixien fins a esdevenir muntanyes. En passar pel Pirineu, el sac se li estripà i tots els rocs li caigueren a terra".

Joan AMADES (Geografia fabulosa, 1979).

## 1.1. PLANTEJAMENT I OBJECTIUS DEL TREBALL

El present estudi està enquadrat dins d'una sèrie de treballs de geomorfologia regional del Pirineu, que s'han fet i s'estan fent per diversos investigadors de la Universitat de Barcelona. La majoria d'ells tracta d'una manera prioritària el paper morfogènètic del glaciàrisme quaternari de la serralada pirinenca, tot i que en alguns casos, els altres sistemes morfogènètics existents són tractats exhaustivament.

A partir de la tesi de llicenciatura realitzada sobre el mateix tema a les Valls d'Andorra, on vaig aplegar l'estudi geomorfològic juntament amb el sedimentològic, he intentat aprofundir en aquest últim aspecte de cara a obtenir una més gran informació del fet geològic glacial.

Així doncs, he de dir que, tot i considerant el present treball com un estudi regional, s'han definit els següents objectius:

- Paper morfogènètic del glaciàrisme quaternari i, en un segon nivell, el dels altres sistemes acompanyants (periglacial, fluvial, lacustre, etc.)
- Estudiar la petrografia i sedimentologia dels dipòsits glacials i dels altres sediments relacionats per tal de:
  - a) - definir els diferents tipus de tills existents en aquesta àrea del Pirineu, en funció de les classificacions actuals.
  - b) - reconstruir models deposicionals lligats a

l'ambient glacial quaternari.

- c) - Establir una estratigrafia relativa dels dipòsits quaternaris a nivell de la conca estudiada, i intentar la seva correlació amb d'altres punts a nivell de serralada.



## 1.2. METODOLOGIA DE TREBALL

Primerament s'ha realitzat una anàlisi de la bibliografia regional. S'han consultat obres que tracten el problema del glaciariisme quaternari a nivell de serrallada, i també aquelles que concreten la seva àrea d'estudi en la comarca de l'Alta Ribagorça i rodalies.

També s'ha consultat una bibliografia temàtica en la qual s'estudien els diversos elements (formes, sediments, processos, etc.) que configuren els ambients glacials antics i actuals arreu del món.

Al mateix temps, s'ha recopilat tota una sèrie de documentació gràfica : cartografies topogràfiques d'escalas diverses (1:10.000; 1:25.000 ; 1:50.000; 1:200.000), cartografies geològiques (1:25.000; 1:50.000; 1:200.000), fotografies aèries verticals d'escala aproximada 1:25.000.

A partir d'aquest material, la realització del treball ha estat feta seguint dues vies d'estudi interrelacionades, la geomorfològica i la sedimentològica (vegeu Fig. 1. ). L'estudi geomorfològic ha comprès tot l'àmbit de les conques hidrogràfiques de la Noguera Ribagorçana i de la Noguera de Tor. Apartir de la foto-interpretació i de la cartografia de les formes sobre el terreny, s'ha elaborat un mapa geomorfològic a escala 1:50.000. Els criteris de representació de les formes segueixen fonamentalment el model establert en la llegenda del Mapa Geomorfològic de França a escala 1:50.000 elaborada per Jolly i Tricart.

Amb els resultats d'aquesta "via geomorfològica" queden ben delimitades totes aquelles acumulacions de dipòsits glacials i altres sediments relacionats. He fet un inventari de les formacions sedimentàries, seleccionant

VÍAS DE ESTUDIO DEL GLACIARISMO CUATERNARIO EN EL PIRINEO

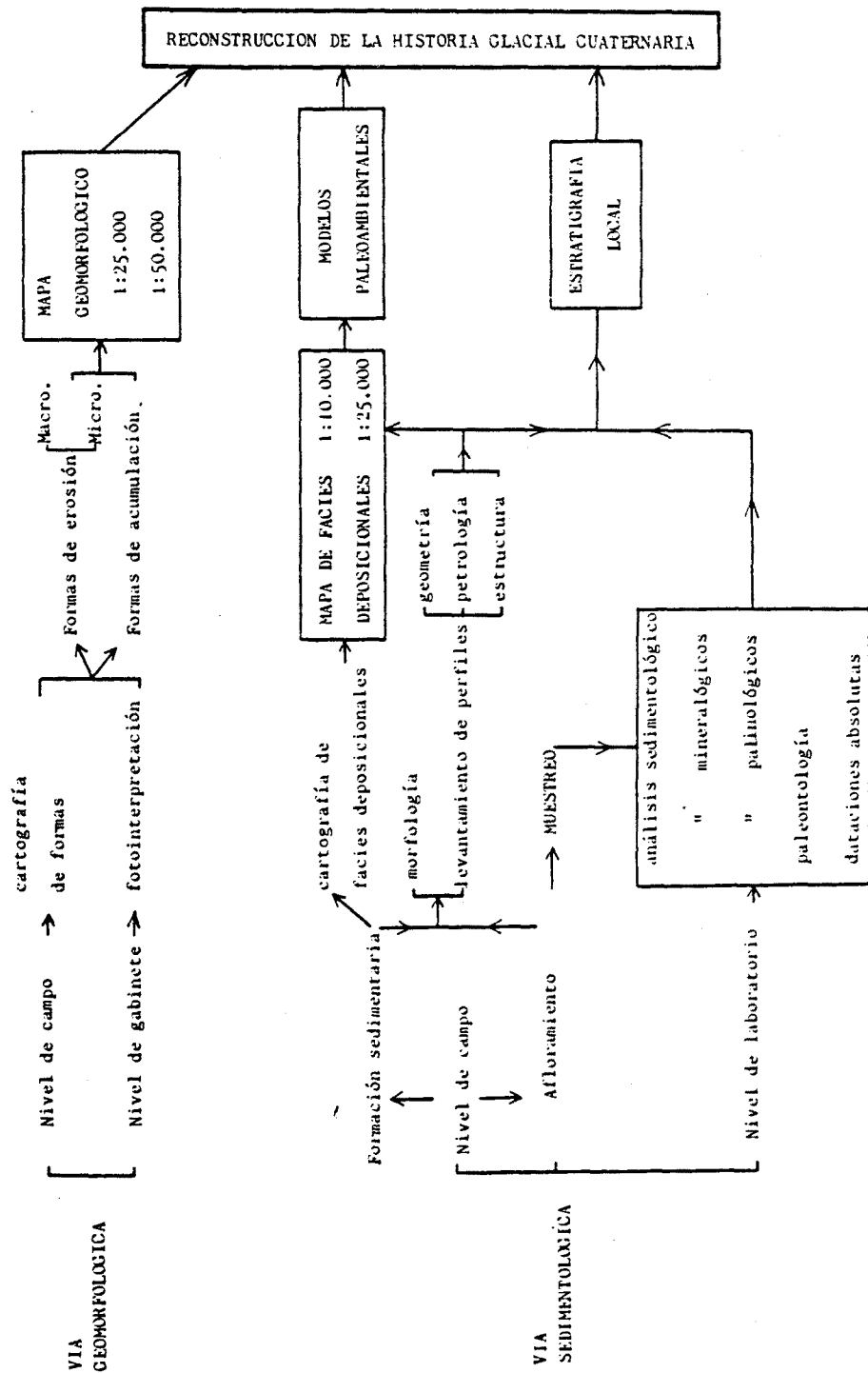


FIG. 1.- RESUM METODOLÒGIC PER A L'ESTUDI DEL GLACIARISME QUATERNARI AL PIRINEU, SEGONS VILAPLANA (1981).

aquelles que podien presentar un més alt interès sedimentològic i àdhuc estratigràfic. A partir d'aquí, comença la "via sedimentològica" proposada a la Fig.1. , la qual ha estat iniciada amb la cartografia de fàcies genètiques o deposicionals.

La metodologia utilitzada en aquesta part del treball serà comentada en el capítol 3.3., a tall d'introducció del capítol 4, on s'analitzen en detall els diferents sectors de la conca on s'han seleccionat les principals formacions sedimentàries.

### 1.3. EL MARC GEOGRÀFIC

L'àrea d'estudi està situada dintre de la comarca de l'Alta Ribagorça. Malgrat els límits fisiogràfics ben definits que separen aquesta comarca de les terres del Pallars, la Ponència de la Divisió territorial de Catalunya, decidí, l'any 1933, incloure-la dintre del Pallars Jussà, la part administrativament catalana de la Ribagorça.

Tal com diu Solé Sabarís en la Geografia de Catalunya, la Ribagorça és una comarca mancada d'unitat. Malgrat això, el sector nord, conegut com l'Alta Ribagorça, és aquell que més ben delimitat queda. L'Alta Ribagorça compren l'alta conca de la Noguera Ribagorçana, en la qual trobem tres eixos fluvials importants de direcció Nord-Sud. El riu central recorre la vall de Barravés o de la Noguera Ribagorçana, que aigües avall de Vilaller reb, per la dreta les aigües de la Valira de Castanesa. A l'Est de la Noguera Ribagorçana, hi ha la vall de Boí, que és drenada per la Noguera de Tor. Ambdós rius tenen el seu aiguabarreig a la plana anomenada El Tor, poc més amunt de Pont de Suert.

L'àrea estudiada comprèn dues d'aquestes altes valls ribagorçanes, la de Barravés i la de Boí.

El límit occidental de la zona d'estudi ve marcat per la carena que separa la vall de Castanesa de la de Barravés (Pic de Sarronal 2.268 m, Serra de Llauset, fins al Pic de Vallhiverna 3.062 m). A partir d'aquest últim pic, el crestall limita amb l'alta conca de l'Éssera, fins arribar al Pic de Mulleres o Mdieres de 3010 m.

El límit septentrional coincideix amb la divisòria d'aigües entre l'Alta Ribagorça i la Vall d'Aran. Els



FIG.2.SITUACIÓ DE L'ÀREA ESTUDIADA  
DINS CATALUNYA.

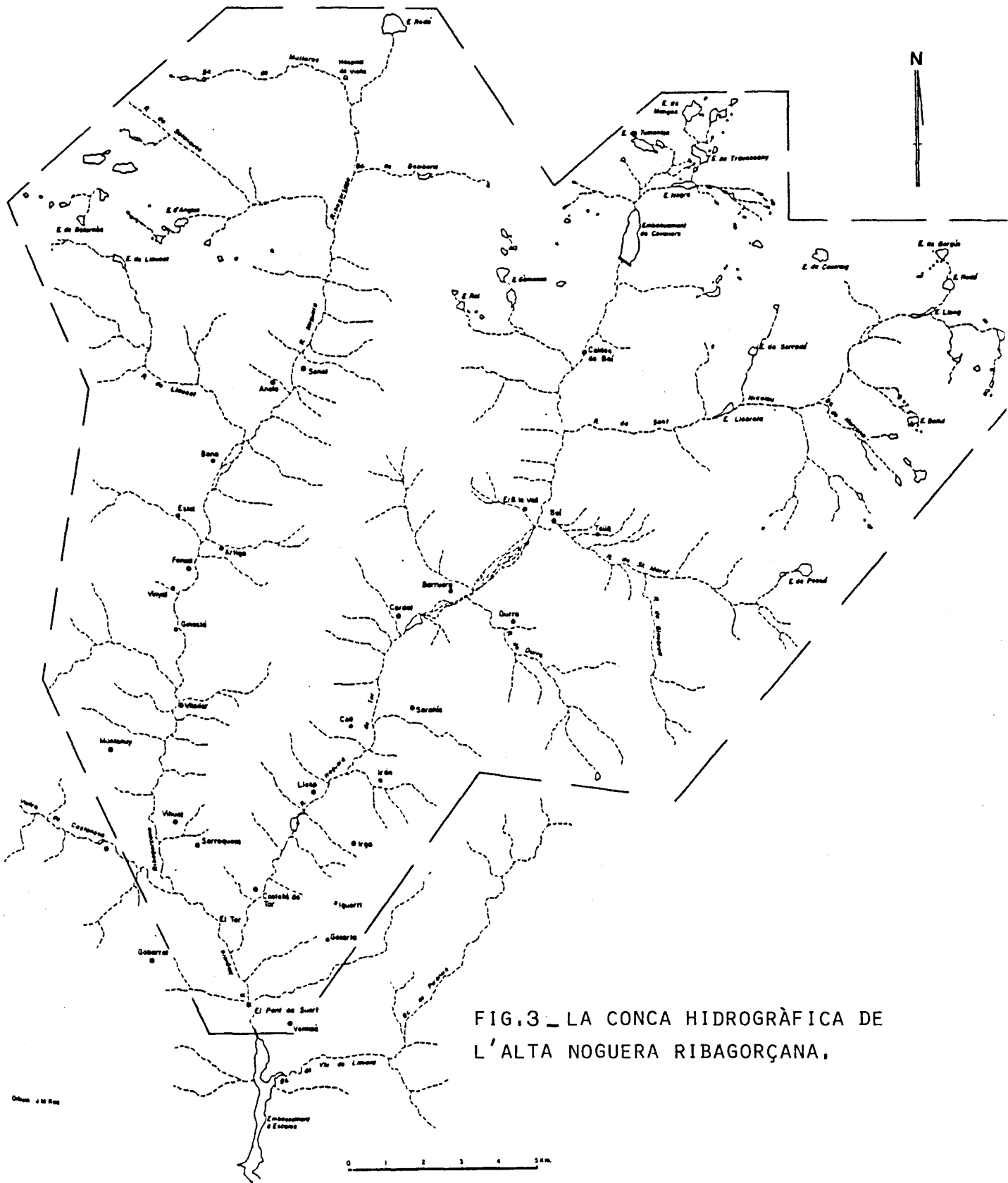


FIG.3 LA CONCA HIDROGRÀFICA DE L'ALTA NOGUERA RIBAGORÇANA,

— — — — — Límit de l'àrea estudiada

seus punts més alts són el Montardo de 2830 m. i el Gran Tuc de Colomers de 2932 m.

A l'Est, la conca estudiada inclou la Ribera de Sant Nicolau, que limita amb la vall d'Espot, tributària de la Noguera Pallaresa. Al sector més sudoriental s'han exclòs les petites valls de Peramera (Malpàs) i del Port d'Erta.

Al Sud, he limitat l'àrea just al començament de l'embassament d'Escales.

Cal destacar la presència del massís de Besiberri i Coma-lo-forno, pics que sobrepassen lleugerament els 3000 m, que actuen de divisòria entre les altes valls de Barravés i de Boí.

En aquestes altes valls de la Ribagorça contrasta enormement el relleu enèrgic dels materials paleozoics de la part nord, amb les carenes arrodonides i els vessants poc pendents de les rodalies de Pont de Suert a la part meridional. Més avall d'aquest poble però, i fora de l'àrea estudiada, les cingleres calcàries de les Serres Interiors (Sant Gervàs), tornen a protagonitzar el caràcter enèrgic del relleu.

#### 1.4. EL MARC GEOLÒGIC

Les altes valls de la Ribagorça queden enmarcades quasi totalment en la zona Axial Pirinenca. Únicament a la part meridional aflora una franja de cobertora mesozoica que en alguns sectors, a les rodalies de Pont de Suert, es troba fossilitzada discordantment per conglomerats oligocènics. Cal remarcar però, que una de les característiques geològiques d'aquesta franja de materials secundaris és estar parcialment coberta per roques paleozoiques al·lòctones, testimonis de corriments tectònics d'edat alpina. Es tracta de l'extrem occidental de l'àrea que en la literatura geològica regional hom coneix com zona de les Nogueres.

Referent a la naturalesa, edat i estructura dels materials del substrat de l'Alta Ribagorça, quasi totes les dades han estat extretes dels treballs de MEY (1968). Aquests treballs i la cartografia 1:50.000 que els acompanya, forneixen una bona documentació sobre la geologia de la regió. Han estat d'una gran ajuda per a la realització del present estudi, i recomano la seva consulta a tot aquell que desitgi un més ampli coneixement regional.

Per il·lustrar la naturalesa litològica del substrat rocós d'aquesta àrea, s'ha realitzat una cartografia de síntesi litològica, sobre el mapa 1:50.000 de MEY (1968). Per la seva elaboració s'han seguit els criteris de síntesi litològica emprats en la confecció dels mapa sismotectònic de Catalunya que s'està duent a terme en el Departament de Geomorfologia i Tectònica d'aquesta Universitat.

A continuació, a tall de resum, exposaré els principals trets estratigràfics, petrològics i estructurals de les altes valls de la Ribagorça, sempre segons els tre-



balls citats anteriorment.

#### 1.4.1. REFERENT A L'ESTRATIGRAFIA I MATERIALS.

##### Cambro-Ordovicià

Constituit per una sèrie marina de baix grau de metamorfisme. Les principals roques són les pissarres, algunes d'elles gresoses, amb nivells de quarsites. Ocasionalment, hi ha algun nivell margo-calcari a la part superior.

##### Silurià

Presenta les clàssiques pissarres negres amb graptòlits, amb existència d'algun nivell calcari en el sostre de la sèrie.

##### Devonià

Globalment considerat, hi ha dues grans unitats; al Nord, els materials són calcàries i pissarres alternants i de poca potència (Fàcies Serra Negra); al Sud, la sèrie és molt més potent i els trams calcaris estan més ben individualitzats respecte a les pissarres. Cal destacar un nivell quarsític al sostre.

##### Devonià inferior

Formació Aneto: pissarres amb poques calcàries.  
Formació Gelada: pissarres arenoses amb calcàries lutítiques.

##### Devonià mig

Formació Basibé: Calcàries i calcàries noduloses,

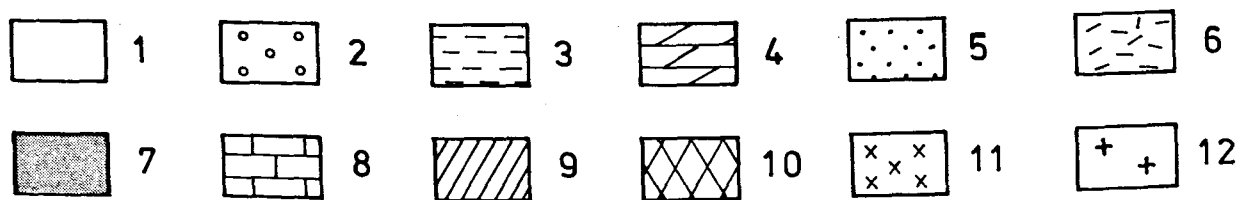
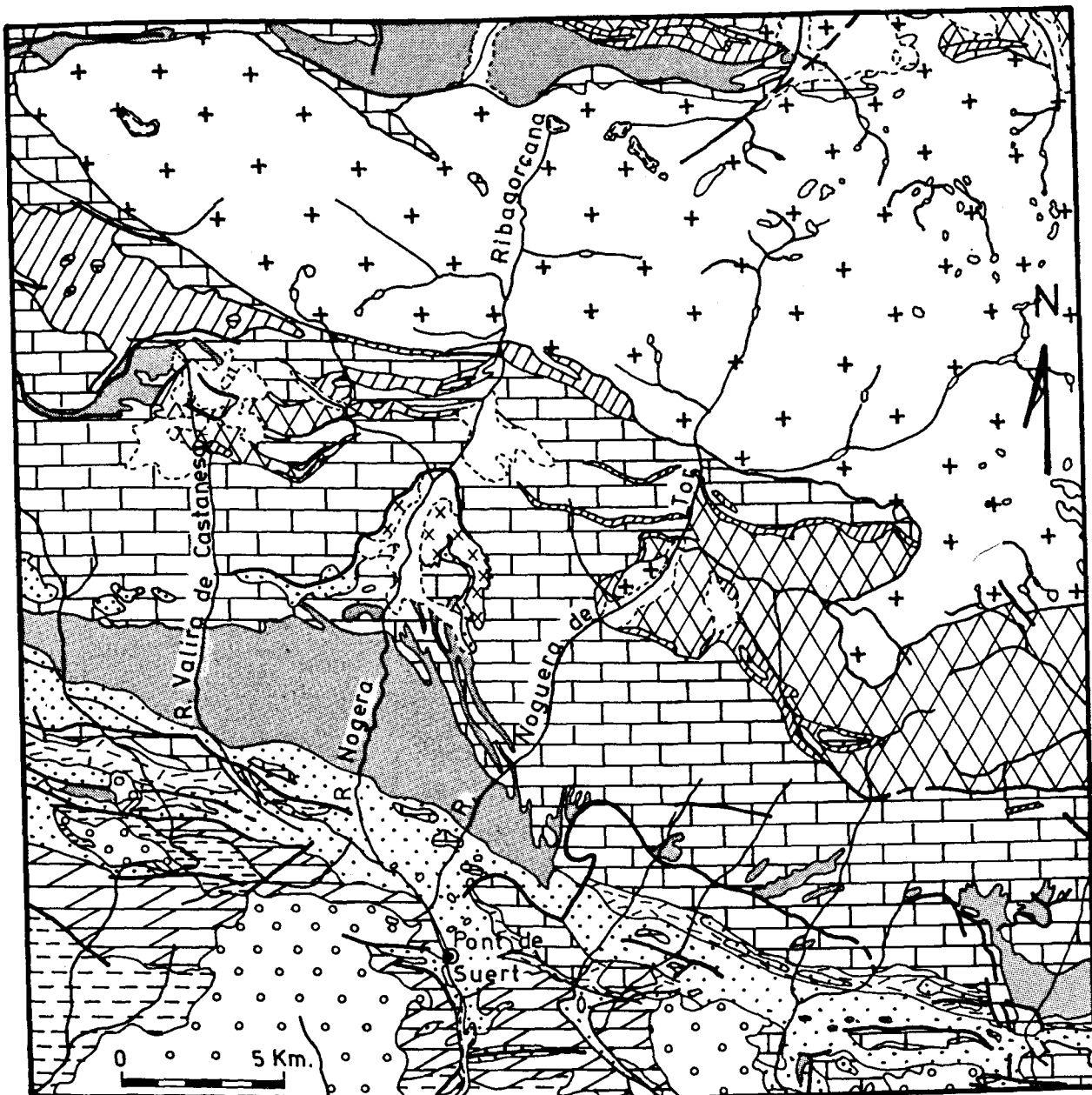


FIG.4 - ESQUEMA GEOLÒGIC DE L'ALTA RIBAGORÇA (SEGONS ZWART, 1972).

1. Quaternari; 2. Oligocè; 3. Cretaci superior; 4. Juràssic i Cretaci inferior; 5. Permo-Triàs ic; 6. Carbonífer post-hercinià (Estefanià); 7. Carbonífer pre-hercinià; 8. Devonià; 9. Silurià; 10. Cambro-Ordovicià; 11. Corneanes; 12. Granodiorita de la Maladeta.

amb quarsites i dolomies intercalades.

### Devonià superior

Formació Fonchanina: pissarres alternant amb alguna calcària.

Formació Manyanet: calcàries "griotte" i calcoesquistes.

### Carbonífer (pre-hercinià)

Pissarres micàcies amb trams gresosos.

### Westfalià

Formació Aguiró: bretxes i conglomerats de color roig, fonamentalment quarsosos.

### Estefanià

Formació Erill-Castell: materials vulcano-clàstics amb laves.

Formació Malpàs: lutites i gresos, amb nivells de carbó, i toves volcàniques.

### Permià

Formació Peranera: Argiles roges, bretxes i dolomies margoses.

### Triàsic inferior (fàcies Buntsandstein)

Formació Bunter: limolites, gresos i argilites, amb conglomerats de còdols quarsosos a la base, tots ells de color roig.

### Triàsic mig i superior

Formació Pont de Suert: Calcàries micrítiques i dolomies formant cossos desordenats dins del Keuper.

Margues i guixos del Keuper amb cossos d'ofites.

### Juràssic

A les rodalies de Pont de Suert només aflora el Dogger i Malm, constituït per dolomies massives de color gris fosc.

### Cretaci

Urgo-Aptià: micrites fosques amb nivells margosos  
Albià inferior: margues i calcàries argiloses.

### Intrusions tardi-hercinianes

La massa rocosa més important és la constituïda per la granodiorita de la Maladeta que ocupa tot el sector Nord de les altes valls de la Ribagorça.

Associats a aquesta intrusió hi ha una sèrie de dics de pòrfirs quars-diorítics principalment, així com algun altre de pòrfir granític i d'aplita.

També s'ha de destacar una aureola de metamorfisme de contacte lligada a les vores del batòlit. En aquest sentit, cal citar les corneanes de Bono, que encara que allunyades del contacte amb la granodiorita, sembla que estan associades a la presència d'un cos de roca ígnea proper en profunditat.

#### 1.4.2. REFERENT A L'ESTRUCTURA

L'estructura, en aquest sector de la serralada, és complexa. A grans trets, el plegament dels diferents materials dóna les principals estructures de direcció Est-Oest, i amb vergència cap al Sud.

MEY (1968) parla de cinc fases de deformació atribuïbles a l'orogènia herciniana, de les quals la segona és la principal. Implica una compressió Nord-Sud, i està caracteritzada per la generació de plects isoclinals, estrets, i amb el pla axial cabussant fortament cap al Nord; cap al Sud disminueixen la seva inclinació fins a uns 30°. Aquesta direcció Est-Oest és la utilitzada per les intrusions tardi-hercinianes (batòlit i dics).

Els efectes de l'orogènia Alpina són evidents a tota l'àrea i afecten tant als materials pre-hercinians com als posteriors. Les principals estructures són encavalcaments amb vergència cap al Sud, que poden ser de nova generació o de rejuveniment d'accidents hercinians. També lligades a aquestes deformacions que impliquen una compressió Nord-Sud, cal associar les estructures de corriment que configuren la zona de les Nogueres.

## 2. GEOMORFOLOGIA DE L'ALTA RIBAGORÇA

" Pas plus que l'habit ne fait le moine, la vallée en U ne fait le glacier ... Les phénomènes de convergence de formes sont extrêmement fréquents en matière de modelé, et la seule méthode correcte consiste à identifier les formes au moyen de l'étude des dépôts et des altérations corrélatives".

Jean TRICART, 1962

En aquest capítol voldria presentar des d'un punt de vista regional les característiques principals que ofereix el modelatge del relleu d'aquestes altes valls de la Ribagorça. Es tracta doncs d'una descripció regional dels diferents tipus de modelatge tot i que he de remarcar que hom donarà un especial protagonisme a les formes i processos d'origen glacial conseqüentment amb el tema central del present estudi. Així podem constatar que en el mapa geomorfològic fora text, la representació del modelatge glacial és prioritària. Aquest fet no ha exclòs la cartografia d'altres formes i dipòsits no glacials que hom ha considerat significatius en l'evolució geomorfològica de les valls. És convenient indicar que la cartografia geomorfològica presentada no tracta la dinàmica actual malgrat que en alguna part del present treball cregui convenient fer-hi alguna referència. Tampoc han estat representades una sèrie d'acumulacions d'esbaldregalls (gelifractes i cons d'allaus) al peu de les parets rocoses que configuren els circs glacials, per tal de no enfarfegar excessivament la imatge cartogràfica.

### 2.1. EL GLACIARISME QUATERNARI I LA SEVA IMPORTÀNCIA MORFOGENÈTICA

El glaciariisme quaternari és un fet geològic decisiu en l'evolució recent de la Serralada Pirinenca. Les condicions climàtiques que van afavorir l'existència de glaceres a les valls pirinenques durant el Quaternari han influït no únicament en l'acció modeladora exercida pels propis aparells glacials, sinó també en d'altres sistemes morfogenètics no glacials, tant contemporanis com posteriors al glaciariisme. Malgrat el paper únicament retocador que alguns autors atribueixen a les glaceres del Pirineu, la seva energia erosiva va quedar ben patent a les zones altes de la serralada, a la vegada que la seva funció



deposicional ens ha deixat els pràcticament únics registres sedimentaris dels temps quaternaris, existents a les altes valls del Pirineu.

L'estudi del glaciariisme quaternari al Pirineu va ser començat a mitjans del segle XIX d'una manera metòdica i sistemàtica. La nombrosa bibliografia existent sobre el tema és analitzada detalladament per SERRAT, D. (1973); més tard MARTÍ BONO et alt. (1978) fan una posta al dia de l'estat dels coneixements sobre el glaciariisme quaternari pirinenc en el seu vessant meridional. No pretenc pas en aquest treball fer una exposició exhaustiva de tots els estudis realitzats sobre el tema en qüestió, tot i que, a tall de presentació, citaré aquells que han configurat els coneixements actuals del glaciariisme quaternari, sobretot al vessant sud i especialment a l'alta conca de la Ribagorçana.

És al 1883 quan apareix la primera gran obra sobre el tema, "Die Eiszeit in der Pyrenäen", de la qual és autor Albrecht PENCK. Conjuntament amb observacions de camp i dades bibliogràfiques fa una síntesi del Glaciariisme Quaternari al Pirineu. Compara l'extensió i característiques dels aparells glacials d'ambdós cantons de la Serralada. Estableix una correlació entre els esdeveniments glacials pireneics i els alpins, i a partir de la correlació dels dipòsits glacials amb les terrasses fluvials considera que han existit tres glaciacions quaternàries. Després de l'obra de PENCK, les línies mestres del glaciariisme quaternari al Pirineu queden establertes i els treballs posteriors tracten aspectes temàtica o geogràficament més concrets.

Durant la primera meitat del segle XX diversos són els autors estrangers que estudien el tema al vessant sud del Pirineu: OBERMAIER (1921), CHEVALIER (1906-24-25-26), PANZER (1932), NUSSBAUM (1934) i BOISSEVAIN (1934)

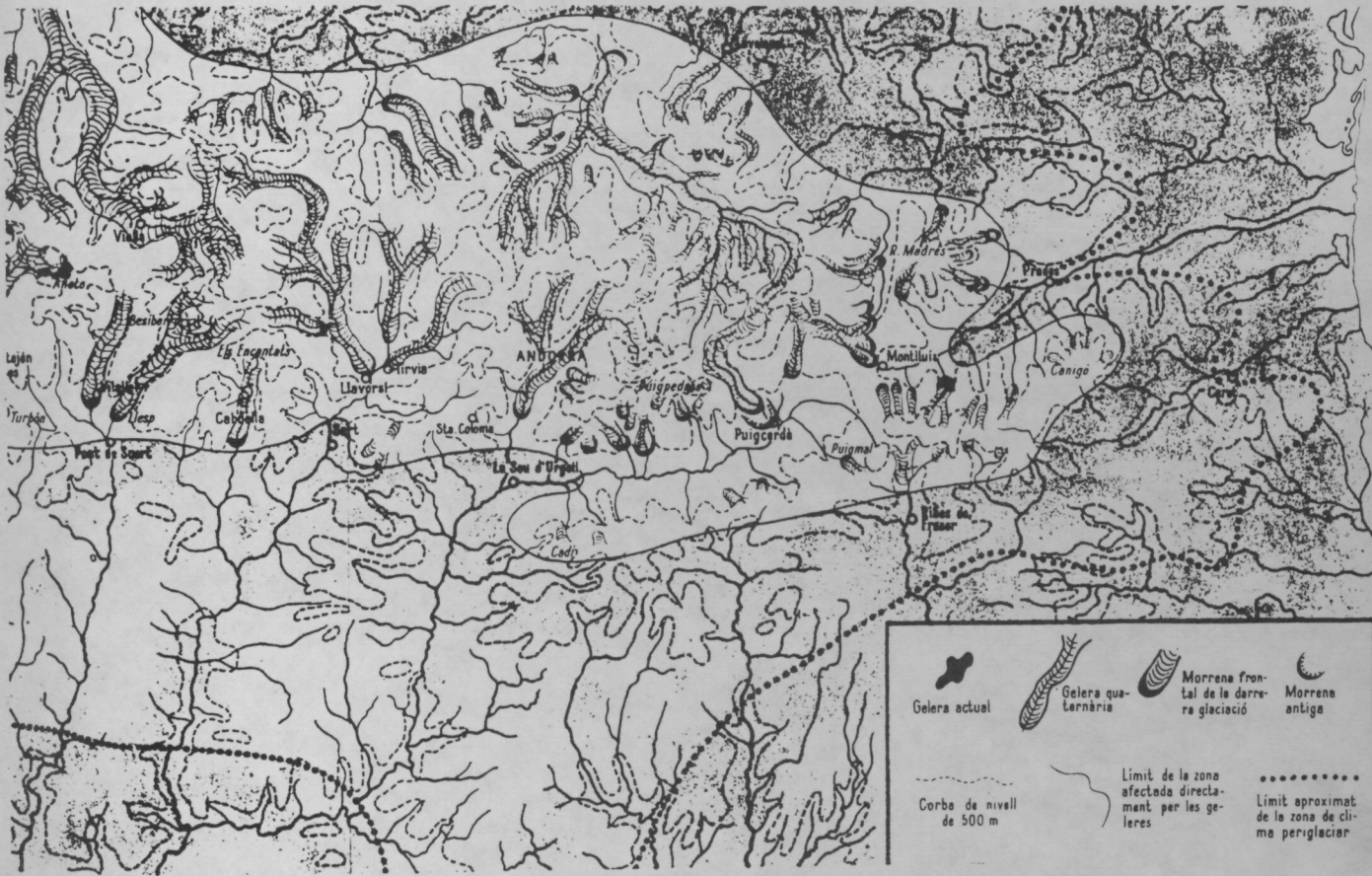


FIG.5\_ LES GLACERES QUATERNÀRIES DEL PIRINEU CATALÀ  
 (de Geografia de Catalunya, Solé Sabarís, 1968).

són potser aquells que més destaquen. Tots ells coincideixen a grans trets amb PENCK, en el model pluriglaciària, a la vegada que situen la màxima extensió de les llengües glacials del vessant Sud entre les cotes de 800 i 900 m.

A partir del Vè Congrès de l'INQUA del 1957, els especialistes comencen a donar més importància als aspectes sedimentològics dels dipòsits glacials. Fins als anys setanta hi ha un buit en l'estudi del glaciària per part dels especialistes de casa nostra, només SOLÉ SABARÍS (1951 - 68) fa una posta al dia dels coneixements geomorfològics de la serralada en dues interessants obres de caire general. També durant aquest període, diversos estudiosos francesos que han treballat al vessant septentrional, ALIMEN (1953-57), BARRÈRE (1957-63), TAILLEFER (1957-67-71) i VIERS (1963), destaquen en l'estudi del glaciària meridional tot comparant-lo amb el del vessant nord.

És al 1977 quan amb el treball de David SERRAT al Pirineu Oriental es comença a la Universitat de Barcelona una sèrie d'estudis geomorfològics regionals en els quals hom intenta cobrir tot el Pirineu català; així tenim els treballs de GÓMEZ (1980) a la Cerdanya, de MARTÍ i RIBA (1980) a la Ribera de Sant Nicolau, el de VILAPLANA (1979), (publicat el 1983) a Andorra i els que actualment es duen a terme per BRU i BISTUER i per VENTURA a la Vall Ferrera-Ribera de Cardós i a la vall d'Espot respectivament. Aquests estudis regionals han donat lloc a treballs més concrets que van definint el valor dels diferents models sedimentaris relacionats amb el glaciària quaternari; hom pot citar VILAPLANA i SERRAT (1979) i SERRAT et al. (1983) pels models glàcio-lacustres, i SERRAT (1979) pel cas de les morrenes de glaceres rocoses.

Si hom analitza els antecedents que es refereixen a l'àmbit geogràfic del present treball, es pot dir que

l'Alta Ribagorça és potser una de les comarques que menys han estat estudiades des del punt de vista geomorfològic i àdhuc sedimentològic i estratigràfic del Quaternari, en tot el Pirineu Meridional. PENCK (1883) no diu pràcticament res del glaciariisme de la Conca de la Ribagorçana. És OBERMAIER (1921) el que cita per primera vegada dipòsits morrè-nics al Sud de Vilaller, i diu que la glacera de Tor acaba al peu del poble de Cardet. FRÖDIN (1927), en referència al glaciariisme de la Noguera Ribagorçana, descriu a la conca diverses cubetes de sobre-excavació, una d'elles a Senet, així com valls amb forma d'artesa, valls penjades i valls en circ. Es refereix a les morrenes tot dient que n'hi ha de dos tipus, de laterals i de frontals, citant com a exemple de les del primer tipus la de Senet, on hi destaca una resta de terrassa juxta-glacial, produïda segons ell pel rebliment d'un llac lateral. Pel que fa a les morrenes frontals, cita les observacions d'Obermaier. Posteriorment, GARCÍA SAINZ (1935) en un estudi geomorfològic de la "región de la Noguera", parla dels nivells d'erosió terciaris als que es referia NUSSBAUM (1921). Descriu també un relleu glacial típic amb circs, valls en U i graonaments. Referent a l'extensió de les glaceres, coincideix amb OBERMAIER (1921), i en quant a l'evolució del glaciariisme quaternari diu que hi ha proves en el relleu i en els dipòsits de les dues últimes glaciacions (no diu però quines són aquelles), i que de les glaciacions anteriors no hi ha cap vestigi, doncs segons ell els límits de les formes glacials anteriors es confonen amb el relleu pre-glacial, la suavitat del qual va influir en la poca erosió feta pels gels de les primeres glaciacions. A partir d'aquí afirma: "el asurcamiento más profundo de la penúltima glaciación y sobretudo el más acentuado de la última se debe a un mayor declive de la zona que repercute en el ciclo de erosión fluvio-glacial: todo es consecuencia del movimiento hacia el Sur; que a últimos del Riss y durante el Würmiense afectó a la región". Cal dir que no dóna arguments concrets que recol-

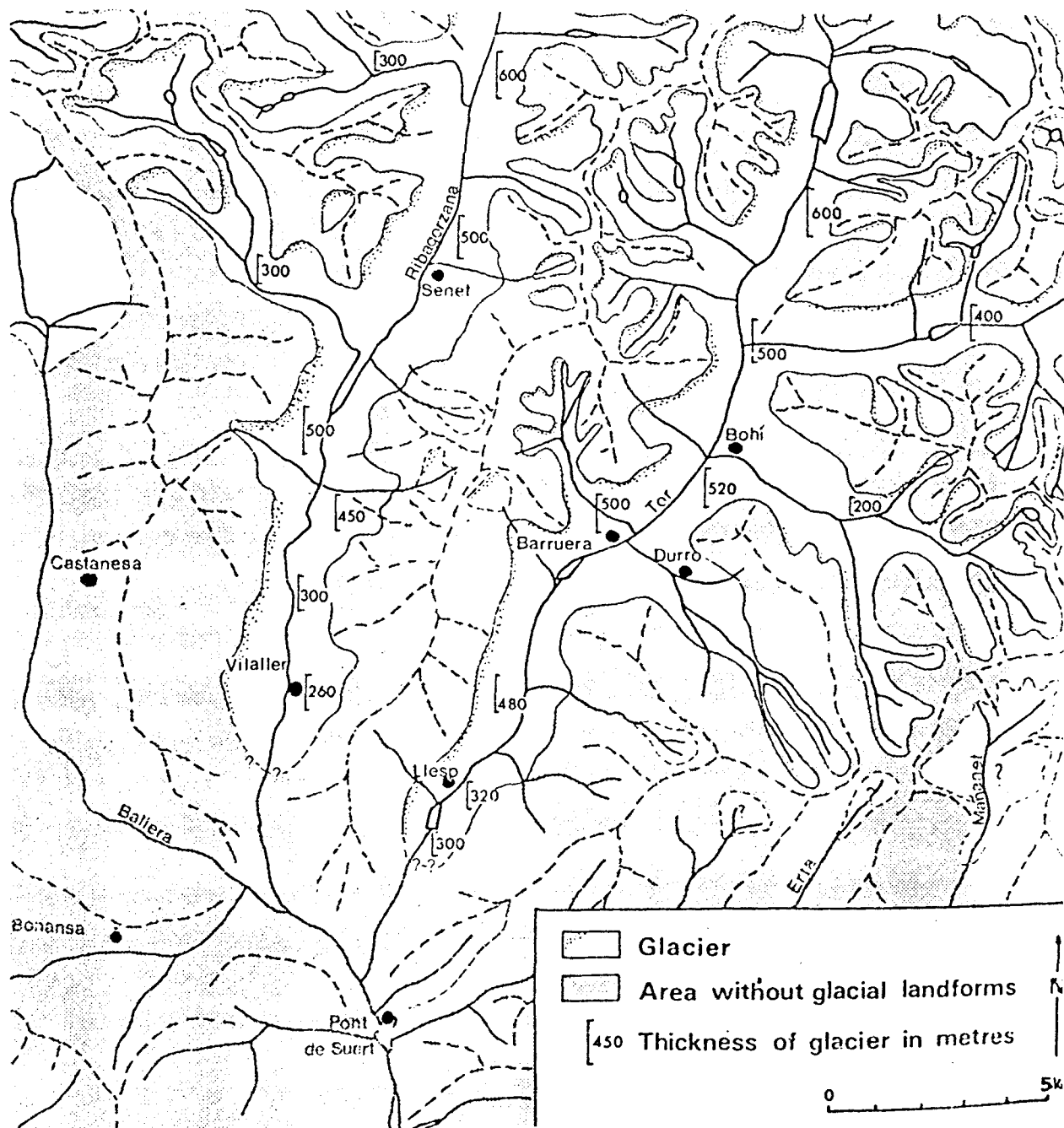


FIG.6\_ EXTENSIÓ DE LES GLACERES DE L'ÚLTIMA GLACIACIÓ A LES ALTES VALLS DE LA RIBABORÇANA I DE TOR, SEGONS MEY (1968).

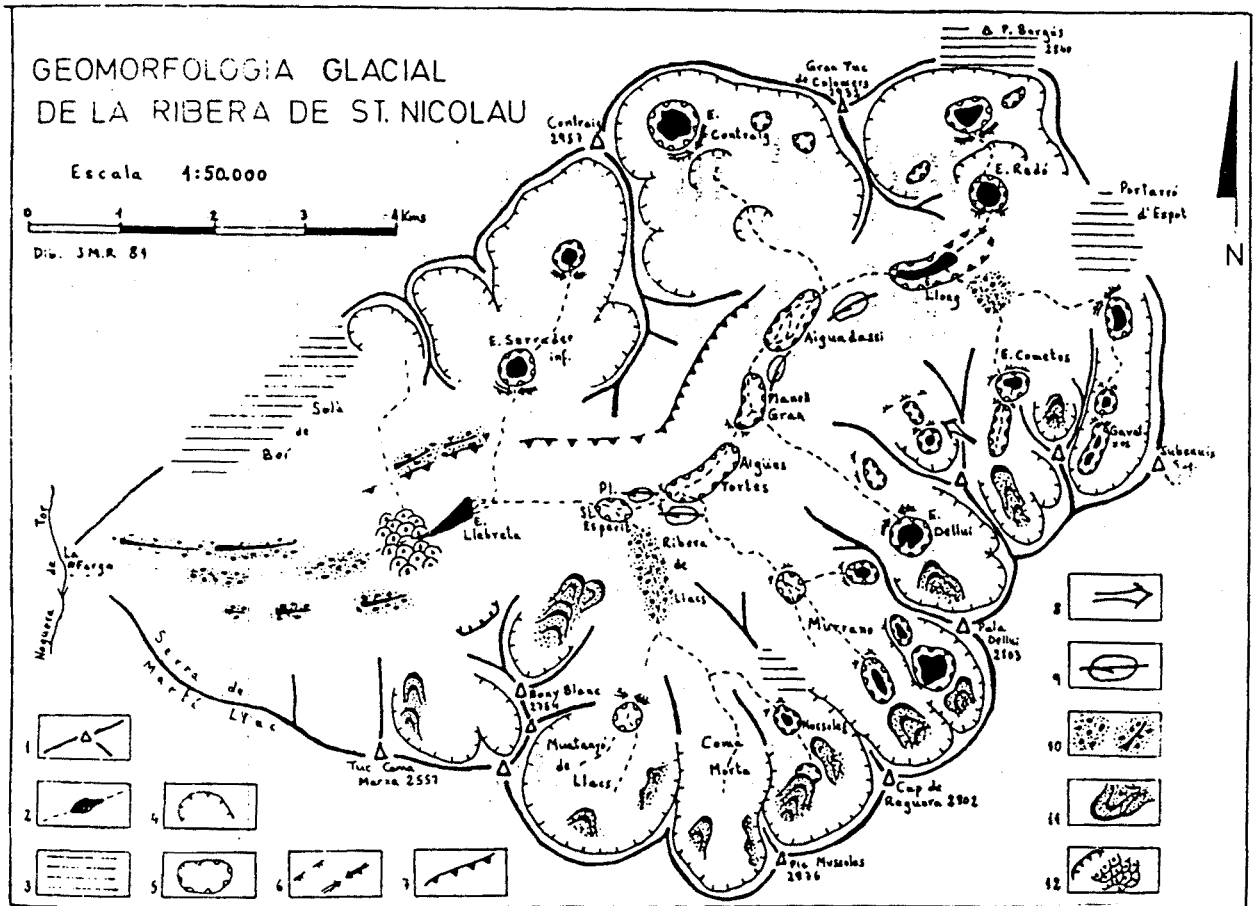


FIG.7\_ ESQUEMA GEOMORFOLÒGIC DEL MODELATGE GLACIAL DE LA RIBERA DE SANT NICOLAU, PER JOAN MARTÍ (1981).

1. cresta divisòria, pic;
2. riu, llac;
3. superfície d'aplanament;
4. circ, cresta;
5. sobre-excavació;
6. llindar, llindar en barra;
7. paret de vall glacial;
8. transfluència;
9. roca "moutonnée";
10. material morrènic, cordó morrènic;
11. glacera rocosa;
12. desprendiment en massa.

zin aquesta asseveració.

MEY (1968), a partir de les observacions fetes durant el curs de la cartografia geològica que realitzà en aquestes valls de l'Alta Ribagorça, i recolzat en els arguments dels autors anteriorment citats, coincideix bastant amb GARCÍA SAINZ en la creència de dues glaciacions: una primera que diu de tipus escandinau i una segona de tipus alpí que modifica o intensifica les formes d'erosió de l'anterior. Ofereix també tot un llistat de formes d'erosió glacial (valls en U, gorges, cubetes, etc), així com dels dipòsits morrènics laterals que va trobar i a partir dels quals reconstrueix l'extensió de les glaceres de les altes valls de la Ribagorça i de Tor durant la darrera glaciació (Fig.6-).

Finalment MARTÍ I RIBA (1980) fa un estudi geomorfològic de la Ribera de Sant Nicolau, vall tributària de la Noguera de Tor, on descriu les característiques del relleu d'aquest sector. En un article del mateix autor publicat el 1981 resumeix els trets del glaciariisme quaternari d'aquest sector de l'Alta Ribagorça. Per les condicions fonamentalment erosives de la glacera de Sant Nicolau no troba dipòsits que facin possible diferenciar diverses pulsacions glacials i atribueix les acumulacions existents a l'últim màxim glacial. Destaca també la presència de glaceres rocoses únicament en aquelles valls orientades al Nord.

### 2.1.1. FORMES D'EROSIÓ GLACIAL

Les formes glacials que actualment hom troba en aquestes altes valls del Pirineu Central són totes heretades dels temps quaternaris. A les zones més elevades on el relleu és més enèrgic, les formes erosives d'origen gla-

cial són més nombroses que a les parts més baixes de les valls, on predominen els dipòsits. Cal dir però que la majoria d'aquestes formes, qualsevol que sigui la seva escala (macro o micro), es troben altament degradades per l'intensa dinàmica periglacial dels temps post-glacials i actuals.

a) El circs glacials

Aquestes formes, amb una geometria generalment d'amfiteatre, amb parets rocoses verticalitzades, al peu de les quals generalment s'hi acumulen quantitat d'esbaldregalls constituint les conegudes tarteres, ocupen les àrees que funcionàren com a conques d'alimentació de les glaceres quaternàries. Tant per la vall de la Ribagorçana com per la de Tor, la majoria de circs que configuren llurs capçaleres estan modelats sobre un substrat rocós granodiorític. Unicament aquells situats en els sectors més meridionals es troben excavats sobre materials esquistosos, pissarrencs o calcaris.

En els quadres adjunts, he sintetitzat les característiques dels circs glacials d'ambdues conques (Noguera Ribagorçana i Noguera de Tor). En ells s'indiquen diversos paràmetres: la superfície de la conca de recepció nival en quilòmetres quadrats, la cota promig de la línia de crestes que coronen el circ, la cota del fons de circ (en el cas de circs amb diversos nivells graonats aquests també s'indiquen), l'existència o no de sobre-excavació en el fons del circ, i la naturalesa litològica del substrat rocós en el qual ha estat modelat (Gr: granodiorita - Esq.: esquist - P: pissarres - Cal: calcàries). Pel càlcul de les superfícies d'alimentació glacial s'ha utilitzat un planímetre, i seguint els criteris clàssics recollits en el treball de SERRAT (1977) on s'admet com a límit inferior de l'acumulació el nivell de fons de circ (que ens indica la línia teòrica de neus permanents en el moment de la gla-



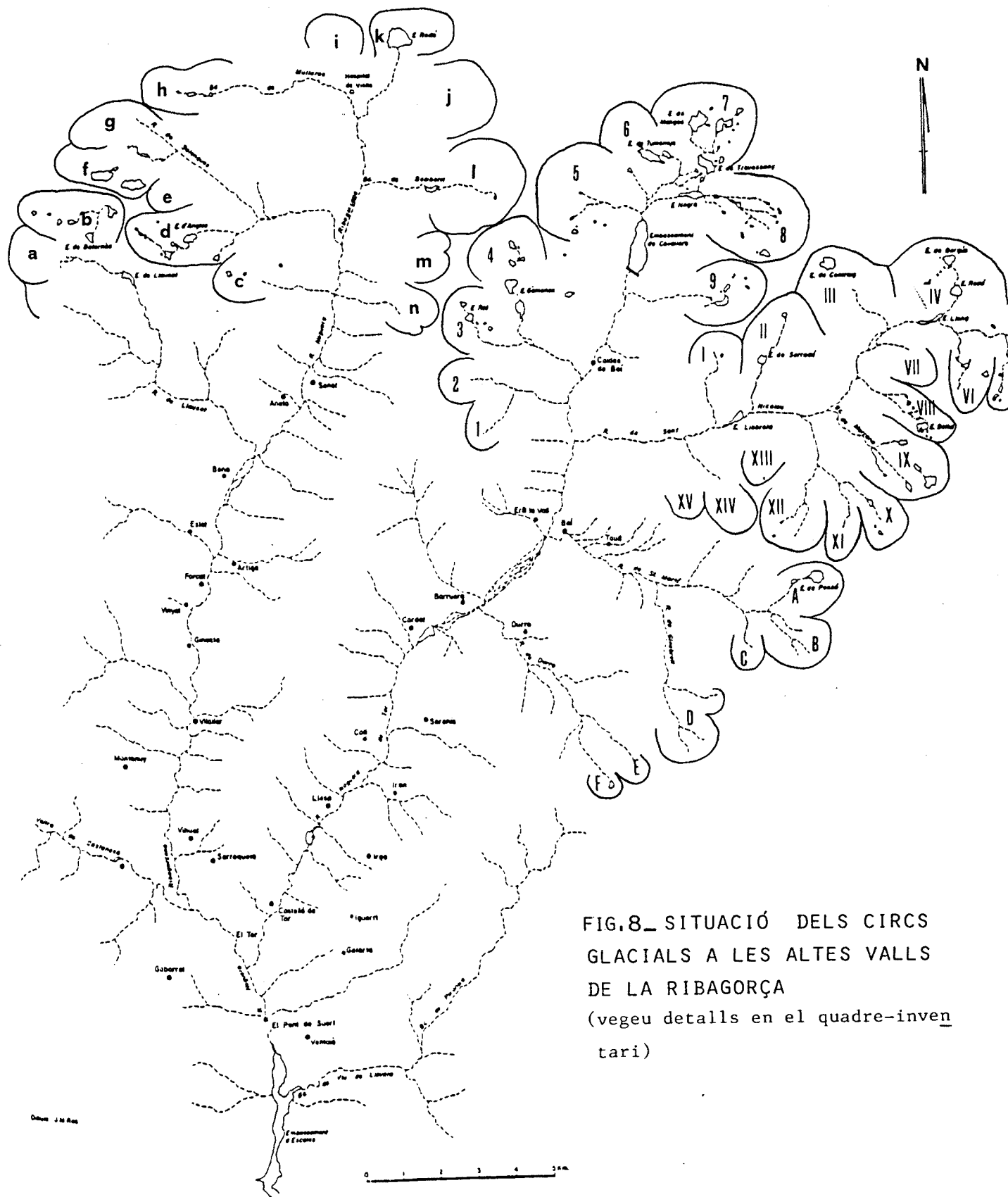


FIG.8\_ SITUACIÓ DELS CIRCS GLACIALS A LES ALTES VALLS DE LA RIBAGORÇA (vegeu detalls en el quadre-inventari)

CIRCS GLACIALS DE LA NOGUERA RIBAGORCANA

* <u>Nom circ</u>	<u>Superfície (km<sup>2</sup>)</u>	<u>Cota fons circ (m)</u>	<u>Cota cresta (m)</u>	<u>Sobre-excavació</u>	<u>Litologia substrat</u>
a Llauset	8,97	2100	2900	sí. 1 cubeta	P/Cal
b Botornàs		2300-2400	2850	sí. 3 cubetes	Gr
c Riueno	2,6	2150	2500	sí. 2 cubetes	Gr/P/Cal
d Anglos	5,07	2200	2700	sí. 3 cubetes	Gr
e Soubiron	1,57	2500	2750	no	Gr
f Cap de la Vall	3,25	2300-2600-2850	2900	sí. 4 cubetes	Gr
g Salenques	3,77	2300	3050	no	Gr
h Mulleres	4,27	2300-2400	2900	sí. 3 cubetes	Gr
i Port de Viella	1,67	2000-2100	2550	no	Gr
j Conangles	3,15	2000-2100	2550	no	Gr
k Rodó	1,5	2243	2750	sí. 1 cubeta	Gr
l Beciberri	6,42	2000-2200	2900	sí. 1 cubeta	Gr
m Escobedieso	1,5	2250	2700	no	Gr
n Fenarroi	1,85	2300	2550	no	P/Cal

Total superfície Conca alimentació glacial: 45.6 km<sup>2</sup>

\* referència mapa de situació.

CIRCS GLACIALS DE LA NOGUERA DE TOR  
(SECTOR DE BECIBERRI-MONTARDO)

* 1	<u>Nom circ</u>	<u>Superfície (km<sup>2</sup>)</u>	<u>Cota fons circ (m)</u>	<u>Cota cresta (m)</u>	<u>Sobre-excavació</u>	<u>Litologia substrat</u>
	Coma les Aigües	1,8	2000	2500	no	Esq/Cal/P
2	Muntanyeta	2,4	2000	2560	no	Esq/Cal/P
3	L'estany Roi	2,5	2280-2400	2585	sí 2 cubetes	Gr
4	Estany Gémána	3,93	2500	2880	sí 4 cubetes	Gr
5	Malo (Beciberri E.) (1)	7,47	2400-2600	2914	sí 3 cubetes	Gr
6	Tumeneja	2,07	2300	2656	sí 2 cubetes	Gr
7	Monges - Travessany	5,22	2250-2400	2677	sí 3 cubetes	Gr
8	Culieto (2)	8,95	2100-2400	2860	sí 6 cubetes	Gr
9	Coma les Bienes	2,57	2500-2700	2900	sí 3 cubetes	Gr

Total superfície conca alimentació glacial = 36,91 km<sup>2</sup>

\* referència mapa de situació

(1) inclou petit circ de l'Estany de la Llosa, amb sobre-excavació a 2.255 m.

(2) inclou la cubeta de l'Estany Negre a 2.130 m.

CIRCS GLACIALS DE LA NOGUERA DE TOR  
(SECTOR DE LA RIBERA DE SANT NICOLAU)

<u>* Nom circ</u>	<u>Superfície (Km<sup>2</sup>)</u>	<u>Cota fons circ (m)</u>	<u>Cota cresta (m)</u>	<u>Sobre-excavació</u>	<u>Litologia substrat</u>
I Aigüissi	1,35	2425	2760	sí. 1 cubeta	Gr
II Serrader	7,47	2115-2445	2890	sí. 2 cubetes	Gr
III Contraig	7,34	2572	2860	sí. 3 cubetes	Gr
IV Estany Redó	4,95	2121-2441	2790	sí. 4 cubetes	Gr
V Gavatxos	3,28	2295-2510	2780	sí. 3 cubetes	Gr
VI Cometes	2	2286	2750	sí. 2 cubetes	Gr
VII Cortiselles	1,87	2270	2550	sí. 2 cubetes	Gr
VIII Dellui	3,60	2359	2690	sí. 2 cubetes	Gr
IX Murrano	4,07	2340-2500	2700	sí. 5 cubetes	Gr
X Mussoles	2,52	2344-2500	2800	sí. 1 cubeta	Gr
XI Coma Morta	2,87	2350	2750	no	Gr/P
XII Muntanyó de llacs	2,52	2300	2700	sí. 1 cubeta	P/Cal
XIII Cometes de la Quèstió	1,32	2300	2600	no	P/Cal
XIV Cometes de Casesnoves	1,79	2200	2650	no	P/Cal
XV Casesnoves W	1,35	-	2500	no	P/Cal

Total superfície conca alimentació glacial: 48,3 km<sup>2</sup>

CIRCS GLACIALS DE LA NOGUERA DE TOR  
(SECTOR DE LES VALLS DE TALL I DE DURRO)

<u>* Nom circ</u>	<u>Superfície (km<sup>2</sup>)</u>	<u>Cota fons circ (m)</u>	<u>Cota cresta (m)</u>	<u>Sobre-excavació</u>	<u>Litologia substrat</u>
A Pessó	3.75	2492/2440	2800	sí 2 cubetes	Gr
B Port de Rus	3.25	2300	2725	no	Gr/Esq.
C Cometes de Moró	2.0	2200/2360	2680	no	Gr
D Mulleres (o del Ginebrell)	2.85	2250	2570	no	Esq/P
E Cerbí de Durro	1,32	2200	2636	no	Cal/P
F Estany de Durro	2.22	2250	2590	sí 1 cubeta	Cal/P

Total superfície conca alimentació glacial 15,39 km<sup>2</sup>

\* referència mapa de situació

ciació en la que s'excavà el circ), he considerat superfície d'acumulació glacial tota aquella situada per damunt de la boca de cada circ (que generalment ve marcada per un llindar rocós). En el càlcul de l'àrea d'alimentació de la glacera de Tor (durant el màxim glacial), cal sumar les superfícies parcials dels diferents sectors indicats en els quadres adjunts . El sector de l'alta vall del Tor inclou tots els circs situats a l'Oest de l'eix de la vall principal i els de la capçalera (Besiberri - Montardo - Culieta) així com el de la Coma - les Bienes, els quals configuren un àrea de  $36,91 \text{ km}^2$  . El sector de la Ribera de Sant Nicolau (Aigües Tortes) agrupa tots els circs de les petites valls que drenen a la principal, constituint una conca glacial de  $48,3 \text{ km}^2$  . El sector de Taüll i de Durro inclou els circs de la glacera de Sant Martí i de la del Ginebrell que conjuntament amb el circ del Corrunco de Durro tenen una extensió de  $15,39 \text{ km}^2$  . Sumant les tres àrees tenim una superfície de  $100,6 \text{ km}^2$  . En comparació amb els  $45,6 \text{ km}^2$  atribuïts a la conca de la glacera de la Ribagorçana podem veure que la glacera de la Tor té una conca dues vegades més gran que la de la Ribagorçana. Aquest fet (salvant possibles errors de càlcul) cal considerar-lo important en l'evolució dinàmica i en l'extensió d'ambdues glaceres.

En la majoria d'aquests circs hi ha un llindar rocós que configura una ruptura brusca del pendent de la vall. En molts casos també al darrera d'aquest llindar rocós cal destacar-hi un contrapendent que ve donat per l'existència d'una sobre-excavació en el fons del circ. Aquestes sobre-excavacions, si mirem el quadre, es donen amb molta més freqüència sobre substrat granític que en altres tipus de roca. No sembla que l'orientació dels circs influeixi d'una forma decisiva en la seva gènesi, i només a la vall de la Ribera de Sant Nicolau hom pot apreciar una clara disimetria en aquest aspecte; els circs del vessant meridional, orientats al Nordoest presenten més freqüentment

sobre-excavacions que aquells del vessant contrari orientats a migdia. En general, en ambdues conques, la cota on es solen situar aquestes sobre-excavacions oscil·la preferentment entre els 2.150 i els 2.400 m, altura que també coincideix amb la majoria de nivells de circs de l'àrea estudiada. Si admetem aquest nivell com un bon criteri per a determinar el límit de les neus permanents, tal com ha estat indicat més amunt, aquest correspondria segurament a la fase de màxima extensió glacial. Cal indicar també que hi ha un nivell de fons de circ més alt, que hom troba ben marcat a la conca de la Ribagorçana entre les cotes 2.600 i 2.800 m (circs de Cap de la Vall, Mulleres, Contraig), el qual pot correspondre a una fase d'excavació més tardana i amb un nivell de neus permanents més alt.

Crec però que resulta molt arriscat d'extreure conclusions a partir d'aquestes observacions, i només un estudi més detallat i sistemàtic de la relació entre el nivell de neus permanents i els processos erosius que generen els circs (per cert molt poc estudiats pels glaciòlegs) podria aportar més claretat a la qüestió.

#### b) Cubetes de sobre-excavació glacial.

Tal com ha estat dit al parlar dels circs, l'existència de nombroses cubetes d'erosió glacial que avui en dia són ocupades per llacs o per mulleres es fa patent a la capçalera d'ambdues valls estudiades. Aquestes cubetes que ocupen la majoria de fons de circ, són més abundoses i estan més desenvolupades sobre substrat granodiorític que sobre altre tipus de roca. La sobre-excavació, com veurem més endavant, és un procés lligat a la gènesi del circ glacial en sí mateix, i li configura un perfil longitudinal exageradament còncau, el qual té la seva terminació en el lllindar rocós que tanca la boca del circ.

Les cubetes de sobre-excavació lligades al fons de circ

que més desenvolupament presenten en superfície (no he - disposat de dades batimètriques que permetin conèixer la profunditat) a la conca de la Noguera Ribagorçana són les dels llacs del Cap de la Vall (Salenques) i la de l'Estany Redó (Conangles). Molt properes a aquesta última hi ha la cubeta de l'Estany de Rius i la de l'Estany Tor de Rius les quals sobrepassen el quilòmetre de llargada; cal dir però que aquestes dues es troben situades fora de la conca estudiada, en el vessant de la Vall d'Aran. A la conca de la Noguera de Tor i segons les profunditats dels llacs marcadés en el mapa de l'Editorial Alpina (1970), hom pot - comprovar com no sempre la cubeta de més superfície és la de major profunditat. A tall d'exemple hom pot citar la de l'Estany de Contraig, al circ del mateix nom que té 62 m de profunditat per una llargada de 450 m, mentre que - l'Estany Negre té 28 m de fons per 750 m de llargada. Altres cubetes dignes de destacar per llur profunditat d'excavació són:

Estany de Monges . . . . .	44 m
Estany Sup. de Tumeneja . . . . .	31 m
Estany de Travessany . . . . .	32 m
Estany Gémena de Dalt . . . . .	32 m
Estany Negre o Nere . . . . .	44 m
( a la Ribera de St. Nicolau)	
Estany Major de Murrano . . . . .	28 m
Estany del Pessó . . . . .	32 m
(a la vall de Taüll).	

Malgrat que fins ara he parlat de cubetes de sobre-excavació lligades a l'evolució dels circs glacials, aquest no és l'únic lloc on les trobem. Si bé les cubetes de fons de circ són les més nombroses, hi ha cubetes de fons de vall de desenvolupament molt més espectacular. Aquestes cubetes de sobre-excavació glacial situades a les altes valls de la Ribagorça les podem agrupar en dos grups.



Un primer inclouria totes aquelles situades als sectors més elevats de les valls entre les cotes 1700 i 2100 m. Així tenim la de l'Estany Llong (2000m) i les d'Aigües Tortes, Planell Gran i Aiguadassi (1850-1900 m) a la Ribera de Sant Nicolau. La de l'Estany de Cavallers (1700 m), avui sota les aigües d'un important embassament hidroelèctric. I la del llac de Llauset (2100 m) a la vall del mateix nom, tributària de la Noguera Ribagorçana. El segon grup inclou dues grans cubetes de vall, una situada a la plana de Bono i l'altra a la de Barruera, ambdues aproximadament entre els 1000 i els 1100 m d'altura i d'uns 5 quilòmetres de llargada. Aquestes dues grans cubetes i algunes de les citades més amunt es troben reblertes de sediments. La de l'Estany Llong i la del Llac de Llauset conserven encara un ambient lacustre funcional. Totes elles tenen una geometria allargada, un fons pla i es troben tancades per sengles llindars rocosos. L'interès d'estudiar aquests ambients resideix tant en saber els tipus de mecanismes erosius que les generaren, com en el registre sedimentari que contenen. Ambdues qüestions seran tractades més endavant, especialment la segona, per les cubetes de Llauset i de Bono i Barruera (cap. 4.1. i 4.3).

### c) Els colls de transfluència glacial

Lligades a les capçaleres de les valls, i concretament a les zones de circs, hi ha un tipus de forma generada per la comunicació del gel de dues conques d'alimentació. Aquestes comunicacions entre circs veïns, modela uns colls, anomenats de transfluència, que trenquen la continuïtat de les crestes que voregen els circs. Aquests colls acostumen a presentar un perfil en forma d' U, i en tot cas la seva base té una topografia aplanada que generalment presenta signes d'abrasió glacial. Tal com hom pot apreciar en el mapa geomorfològic de l'àrea (fora text), aquests colls són l'exponent de la intercomunicació entre

circs de la mateixa glacera i també entre conques d'alimentació de glaceres diferents. Cal destacar un coll de comunicació entre la glacera de la Ribagorçana i la de la Vall d'Aran, el del Port de Rius (2315 m), que posava en contacte el circ de la glacera de Valarties, important tributària de la glacera de la Garona, i el circ de Conangles. Possiblement una sobre-alimentació de glaç aportat a la conca Ribagorçana pel gran circ veí de Valarties, explicaria l'important desenvolupament del circ de Conangles. Un altre coll de transfluència important és el Port Colomers (2591 m) que posava en comunicació el circ de Culieta (Noguera de Tor) amb el de Colomers (Vall d'Aran). Finalment cal citar el Portarró d'Espot (2430 m) com a coll de transfluència entre la glacera de Sant Nicolau i la de la vall d'Espot.

#### d) Les valls glacials

L'acció erosiva de les glaceres quaternàries, és ben patent en el modelatge de les valls. Malgrat que tal com diu el professor TRICART en la cita que encapçala aquest capítol, "... la vallée en U ne fait le glacier ...", ningú discuteix que en determinades circumstàncies les geleres modelen les valls en forma d'artesa. Així ho podem comprovar a les altes valls de la Ribagorçana que presenten en molts trams aquest perfil transversal característic. Aquesta forma de parets rocoses verticals i fons suaument còncau, resulta més freqüent a les zones més altes, moltes vegades a partir de l'enllaç amb els circs. Per exemple les valls de Mulleres, Salenques, part alta de Llauset, així com moltes de les tributàries de la Ribera de Sant Nicolau presenten aquesta forma. Si analitzem la vall principal, el perfil en U no es troba d'una manera contínua sino en trams separats. A la vall de la Noguera de Tor és clar aquest tipus de

modelatge a la part alta, entre Caldes i Cavallers, i a la cubeta de Barruera. A la Noguera Ribagorçana ho podem observar des de la confluència amb la vall de Salenques cap a la capçalera, i a la cubeta de Bono.

Si resulta difícil reconèixer aquesta forma en alguns casos, més difícil resulta encara el fet de trobar una explicació a la seva gènesi. Quan en una vall glacial hi veiem un perfil transversal en U, ningú se n'estranya. Però si en la mateixa vall, una mica més amunt o més avall el perfil transversal canvia totalment, les qüestions que això pot suscitar són nombroses. Per començar cal admetre que una glacera pot modelar un perfil en U o pot no modelar-lo. Si en les nostres observacions d'una vall clarament glacial no veiem la forma d'artesa, diversos factors poden explicar-ho:

A- que la glacera no l'hagués modelat

B- que la glacera l'hagués modelat però:

- 1er. que l'evolució post-glacial dels vessants tendint a la regularització l'hagi enmascarada.
- 2º. que l'erosió simultània de les aigües subglacials l'hagi retocada.
- 3er. que l'erosió fluvial post-glacial l'hagi canviada .
- 4ª. que els casos anteriors hagin actuat conjuntament.

Aquestes suposicions exposades semblen fàcils d'acceptari en molts casos fins i tot àmpliament demostrables; la qüestió més complexa resideix en el dilema de quan sí i quan no es genera una artesa glacial. Aquest fet, que sempre ha despertat gran controvèrsia entre els especialistes, no és encara avui explicat del tot. Per

les observacions realitzades a l'àrea d'estudi i en d'altres llocs del Pirineu, sembla que diversos factors poden influir-hi.

1. El rocam: Malgrat que el substrat rocós granític és majoritari a l'àrea estudiada, i això podria desvirtuar la següent consideració, observacions fetes a les valls d'Andorra, a l'Aran i a l'Alt Aragó confirmen que la majoria d'arteses hom les troba sobre granit. Segons TRICART (1962), aquesta forma és més freqüent sobre roques més dures (perquè segons ell es conserva millor) i curiosament posa l'exemple del granit tot citant les observacions fetes a principis de segle per CHEVALIER al Pirineu. Tot i que el factor litològic pot influir, no és encara suficient, doncs en moltes valls granítiques la forma en U alterna amb la forma en V.
2. Dinàmica glacial: En glaceres temperades com les que cobrien el Pirineu durant el Quaternari, l'activitat erosiva de les mateixes devia venir condicionada per la velocitat i pel gruix de la llengua glacial (Fig.10.). Efectivament, aquests dos paràmetres considerats bàsics pels estudiosos de l'erosió glacial, condicionaren, al Pirineu, la gènesi de valls en U i de d'altres formes d'erosió. En la majoria de casos trobem aquestes formes en sectors de la vall on la velocitat havia de ser relativament alta (de la boca de circ en avall) sense obstacles que la frenessin i on el gruix de glaç era considerable. En d'altres casos (dos a les nostres valls), observen aquesta forma relacionada amb grans cubetes d'excavació de fons de vall (Bono

i Barruera). En aquestes cubetes la velocitat del glaç havia de ser inferior al cas anterior per l'efecte del llindar, però aquest lleuger descens en la velocitat del flux glacial venia compensat per una sobre-acumulació de glaç la pressió del qual és fonamental també per generar un perfil en U. Es cert que ambdues cubetes són zones de gran gruixàira de glaç, tal com indica la situació de les morrenes laterals (cap. 4.3), sobre-acumulació explicada en part per l'efecte llindar i, sobretot, perquè poc abans d'arribar a aquestes cubetes, hi confluen diverses llengües glacials que sobre-alimentaven la glacera.

Un altre aspecte important que cal tenir en compte en analitzar les antigues valls glacials és el seu perfil longitudinal (Fig-III). Tal com cabria esperar, aquests perfils es veuen trencats per una sèrie de ruptures de pendent que corresponen a llindars rocosos. Aquests llindars poden ser únicament graons al llarg del perfil longitudinal o també tractar-se de llindars-barra (TRICART, 1962), quan al seu darrera hom hi troba un contrapendent producte d'una sobre-excavació. El graonament més important del perfil longitudinal de les valls, així com el major pendent, els trobem a les capçaleres de les vall, lligats amb l'existència de circs. A la part més baixa del perfil, al darrer segment on hi podem veure una intervenció de la morfogènesi glacial, és entre les cotes 1000 i 1100 de cada vall (veure Fig. III - ft.). En aquests sectors s'hi produí una important excavació (cubetes de

Bono i de Barruera) que serà tractada en detall en el capítol 4.3. Aigües avall d'aquests sectors el perfil agafa un pendent molt més constant, modelat preferentment per una dinàmica fluvial.

D'altres formes que hom troba relacionades amb els fons de vall glacials, són les gorges que tallen generalment els llindars. L'engorjat més vistós de la Noguera de Tor és el que talla el llindar rocós de Boí-Erill, on el riu s'encaixa verticalment en el rocam més de 60 m. A la Noguera Ribagorçana hom pot citar l'engorjat de Senet, aigües avall del poble, i el de Forcat, que trenca el llindar de la cubeta de Bono. Generalment aquestes gorges tenen una gènesi relacionada amb la circulació de les agressives aigües de fusió sub-glacial que les començaren a excavar.

Finalment, i en referència a les dues grans valls estudiades, hom pot dir que des del punt de vista erosiu, el modelatge és clarament glacial aigües amunt dels llindars que tanquen les dues grans cubetes de Bono i de Barruera. No es pot dir el mateix dels sectors més baixos, on en el cas de la Noguera Ribagorçana, a la plana de Vilaller (on encara hi ha dipòsits glacials) el fons de vall s'eixampla enormement i els vessants es suavitzen. L'empremta erosiva glacial d'aquest sector només es fa patent puntualment sobre el llit rocós on hom troba alguna estria, i algun dors de balena. A la vall de la Noguera de Tor, la morfologia glacial típica desapareix

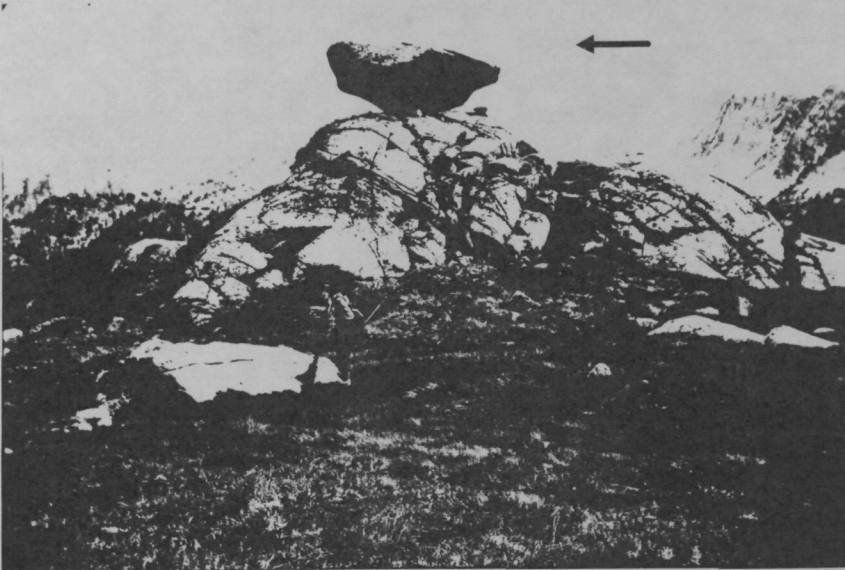
FOTO 1 - Capçalera de la Ribera de Sant Nicolau, amb dues cubetes de sobre-excavació: la de l'Estany Llong, al fons de la vall, i la de l'Estany Redó, al fons del circ del Gran Tuc de Colomers (fletxa).

FOTO 2 - Roca "moutonnée" amb un bloc erràtic al damunt, a la vall de Contraig. La fletxa marca el sentit del flux glacial.

FOTO 3 - Fractures en forma de mitja lluna (fletxes negres), sobre una superfície granítica polida per l'abrasió glacial. La fletxa blanca indica el sentit d'avenç de la glacera.



1



2



3



del tot i contràriament al que passa amb la vall veïna, aquella presenta un marcat perfil en V caracteritzat per una gran estretor i per uns vessants molt pendents. L'empremta erosiva del glaç quaternari només és visible localment en el micromodelatge del llit rocós.

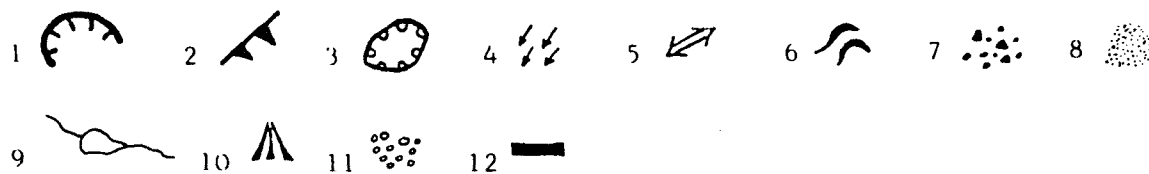
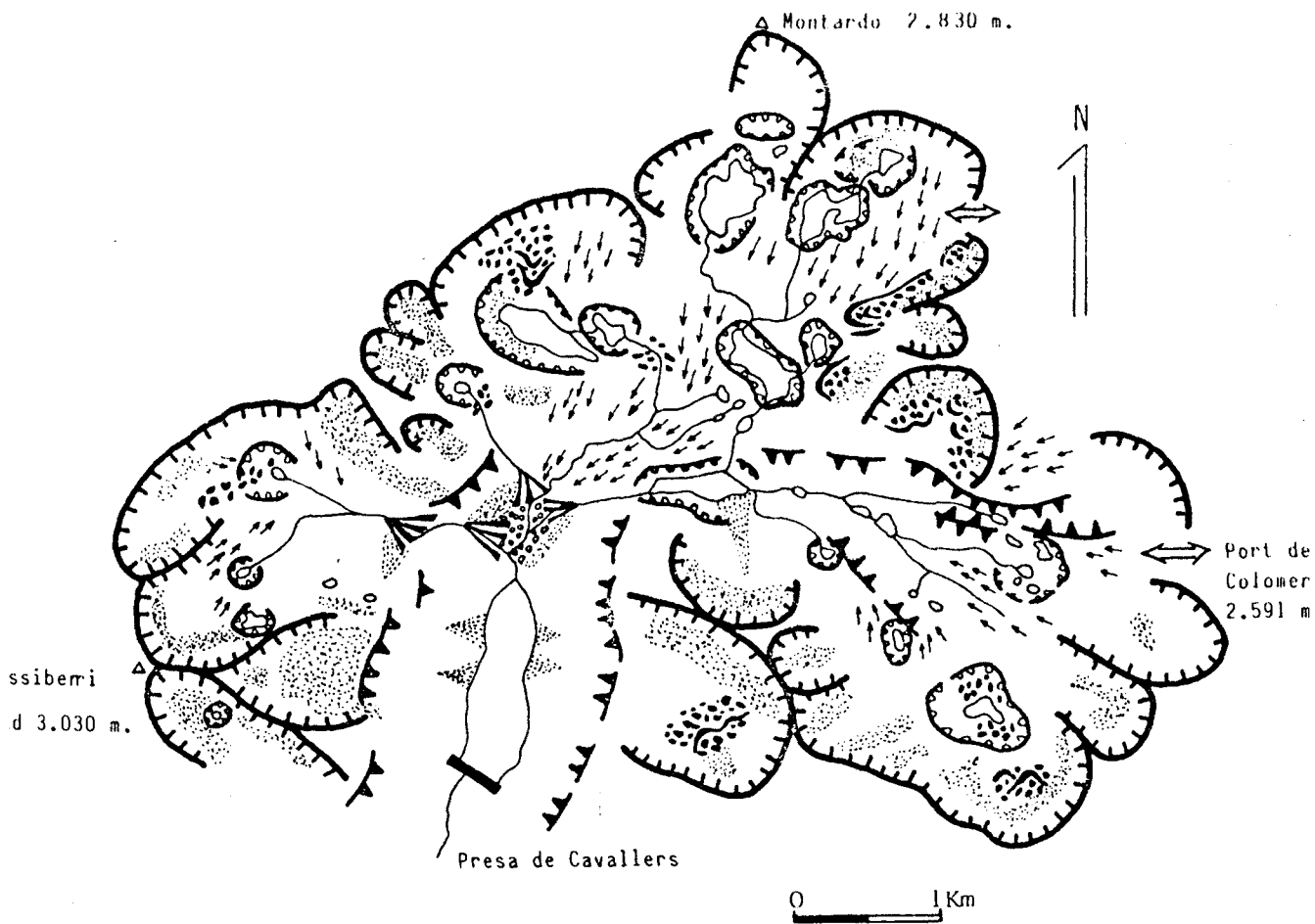
### c) El micromodelatge del llit glacial

Els resultats que l'efecte abrasiu de l'erosió glacial provoca sobre el substrat rocós del llit glacial són nombrosos a l'àrea estudiada.

El sectors on és més visible el poliment glacial són sens dubte els fons de circ de la zona granítica. A la capçalera de la Noguera de Tor, tal com ens indica l'esquema geomorfològic de la Fig.9-, hi ha grans superfícies granítiques polimentades que encara conserven nombroses estries i canals. Associades a aquestes àrees, també hi trobem roques "moutonnées" (Foto. ) de dimensions diverses. En d'altres indrets l'erosió periglacial ha destruït total o parcialment aquestes formes, sobretot a les àrees de substrat esquistós i pissarrenc.

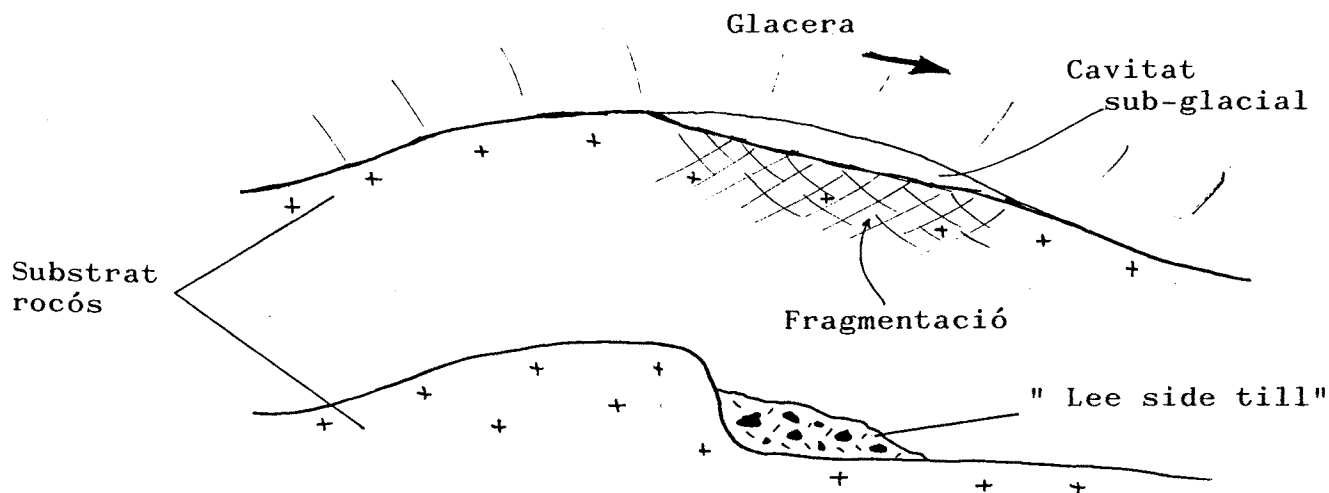
En el llit glacial de les valls aquest modelatge també es fa patent, tot i que no ocupa grans extensions. Al fons de les valls les roques "moutonnées" són també més freqüents a les àrees de substrat granític (Ribera de Sant Nicolau i alta vall del Tor entre Caldes i Cavallers). En la majoria de casos presenten dimensions decamètriques i a sobre d'elles és normal trobar-hi estries, canals i fractures en forma de mitja lluna ("lunate fractures"). A la part més baixa de les dues grans valls, entre Cardet i Llesp per la Noguera de Tor, i a la plana de Vilaller per la Noguera Ribagorçana, hom hi pot observar uns petits

FIG 9. ESQUEMA GEOMORFOLÒGIC DE L'ALTA VALL DE LA NOGUERA DE TOR ALTA RIBAGORÇA.



1. Circ glacial - 2. Paret de vall glacial - 3. Cubeta de sobre-excavació glacial - 4. substrat pulit i estriat - 5. Coll de transfluència glacial - 6. Arc morrènic - 7. Acumulació morrènica - 8. Acumulació d'esbaldregalls - 9. riu/llac - 10. Con fluvio-torrencial - 11. Acumulació fluvio-torrencial - 12. Presa.

turons rocosos de morfologia més o menys arrodonida i amb un cert resalt a la part d'avall, que atribueixo al que els anglo-saxons anomenen "hummocks". A grans trets, potser podria descriure-les com unes macro-roques "moutonnées", o roques en dors de balena. Aquestes formes són molt clares als voltants de Ginasté, i àdhuc el mateix poble es troba edificat al damunt d'una d'elles. Tal com s'il·lustra en l'esquema adjunt, a la part d'amunt de la macro-roca, les mostres de poliment són evidents, i a la cara d'avall hom hi troba una ruptura deguda a la fragmentació per cavitació i posterior arrencament de la roca ocasionat per la glacera en moviment.



Associat també a aquestes formes d'erosió és normal trobar-hi materials morrènics depositats i conservats en posició "lee side".

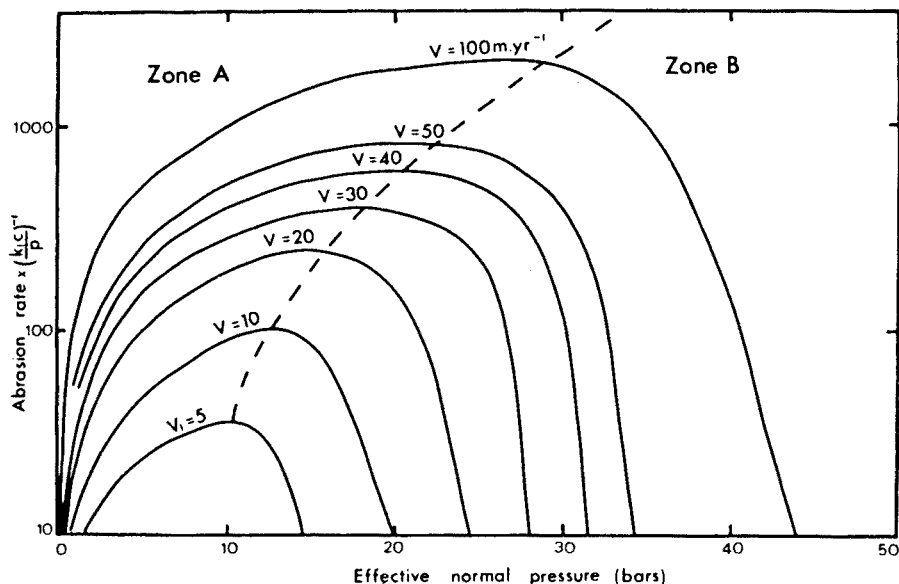
### 2.1.2. ELS MECANISMES EROSIUS DE LES GLACERES

Referent als processos o mecanismes erosius dels aparells glacials, alguna cosa ha estat comentada ja en l'apartat anterior. Malgrat que avui en dia aquests processos mecànics siguin mal coneguts per la dificultat que llur estudi comporta en els medis glacials actuals, intentaré, a tall de resum, dir-ne quelcom. En funció de les observacions fetes sobre el terreny puc dir que el tipus

de mecanismes d'erosió que les glaceres de la Ribagorçana i de Tor exercien en llur acció modeladora del substrat rocós, no difereixen en res dels que qualsevol tractat especialitzat atribueix a les glaceres de vall de tipus alpi.

Els principals processos erosius de les glaceres que hom coneix tenen lloc en el contacte entre la base de la glacera i el llit rocós. La tritració o "crushing" del substrat n'és un que conjuntament amb l'arrencament o "plucking" de la roca triturada configuren el paper abrasiu de les glaceres. Part dels fragments rocosos, incorporats a la tasca abrasiva de la glacera provenen també de materials de les parets (del circ i de la vall) que cauen a l'interior de la glacera a través d'esquerdes. Un altre procés important comprovat per estudis glaciològics recents és la cavitació. Es tracta de la fragmentació de la roca en cavitats existents entre la base de la glacera i el llit rocós (condicionades pel relleu pre-existent), deguda a l'efecte de gelivació que les aigües de fusió sub-glacials, exerceixen en condicions d'altres pressions (cal un gruix considerable de glaç). Sembla que aquest procés pot ser el protagonista de les sobre-excavacions, i també de la fragmentació del rocam a la part d'avall de les roques "moutonnées" i d'altres formes similars.

Tal com diu TRICART (1962) perquè una glacera erosioni ha d'ésser dinàmicament activa. La intensitat d'aquesta erosió sembla que depen de la velocitat del flux glacial i del gruix de la glacera. En referència a això, BOULTON (1974) considera que a velocitat constant l'abrasió del llit rocós augmenta conjuntament amb l'increment de la pressió exercida per la massa de gel. Quan es sobrepassa un òptim, l'abrasió declina ràpidament fins que a altres pressions (considerant que el gruix augmenta) els mecanismes erosius s'anulen (veure gràfica I de la Fig.10).



I. Index d'abració teòrica en funció de la pressió normal del gel per diferents velocitats. A la zona A l'índex d'abració creix amb la pressió; a la zona B l'índex d'abració decreix quan augmenta la pressió; a la zona C (situada a la dreta de l'intersecció d'una velocitat amb l'eix de les abscisses) no hi ha abració, els materials morrènics transportats, són depositats com a "lodgement till". (Compareu aquesta gràfica amb l'esquema III).

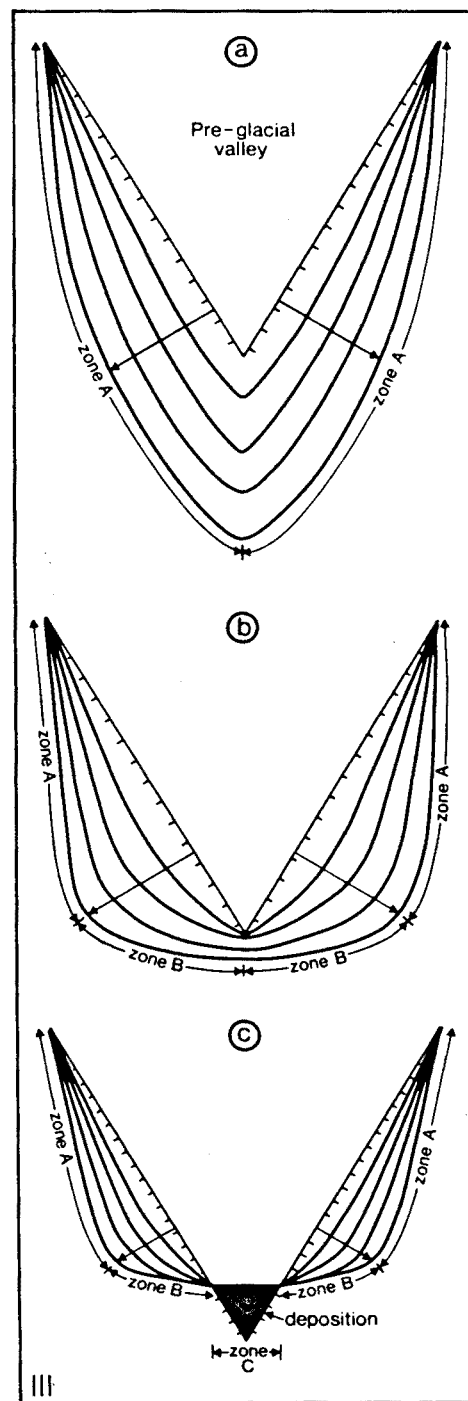
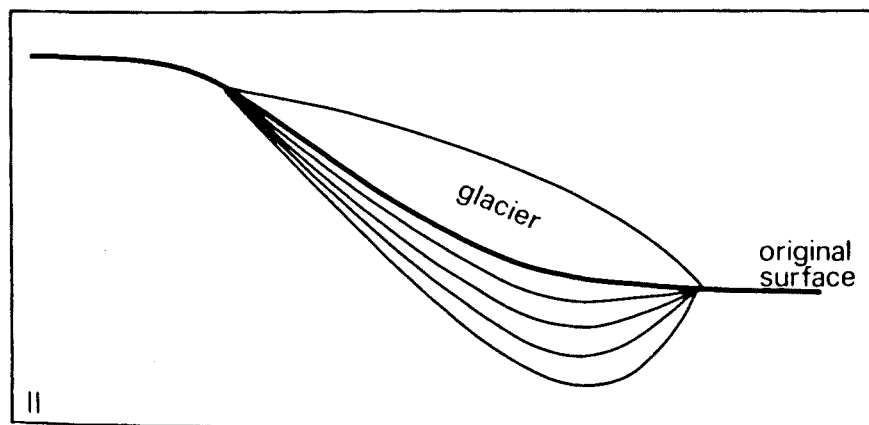


FIG.10 - CONDICIONS DE L'ABRASIÓ GLACIAL EN ELS CIRCS I EN LES VALLS SEGONS BOULTON (1974).

II.- Esquema que ens mostra la sobre-excavació del llit rocós d'un circ glacial per abració, sota condicions d'estabilitat. Els punts on la velocitat i el gruix deglaç són màxims, per sota de la línia d'equilibri, presenten els majors índex d'abració.

III.- Models d'erosió abrasiva d'una vall originalment en forma de V, en la qual s'hi modela un perfil en U per una glacera, en condicions d'abració contínues i uniformes.

- a) Les pressions disminueixen completament a la zona A (veure gràfica I) i l'erosió més intensa té lloc al fons de la vall.
- b) La pressió al fons de la vall disminueix a la zona B (veure gràfica I); i la màxima erosió es localitza a la part baixa dels vessants.
- c) La pressió sobre el fons de vall disminueix a la zona C (veure gràfica I), aleshores s'hi produeix deposició, i en els vessants hi ha la màxima erosió.

## L'erosió glacial en els circs.

Tal com diuen EMBELTON and KING (1975), avui en dia està fermament acceptat que l'origen dels circs glacials va lligat a zones amb petites depressions pre-glacials o a l'existència de congestes que generen nínxols de nivació. En ambdós casos, el factor principal que guia el desenvolupament del circ és la gelifracció de la roca que envolta les depressions o nínxols. Altres factors (litologia, situació altimètrica, orientació i meteorologia) controlen l'evolució dels circs. Els blocs de gelifractes caiguts a l'interior de la glacera (en el circ) i el flux de glaç que implica un cert moviment rotacional de la massa, explicarien la tendència a polir i escombrar la base del circ, la qual cosa és coherent amb els nivells més o menys plans de la majoria de fons de circ, i amb la no existència (pot haver-hi alguna excepció) de grans acumulacions morrèniques en els fons dels circs. La sobre-excavació que presenten la majoria de circs, està relacionada segons els autors citats al principi del paràgraf, amb l'efecte d'abrasió que produeix el moviment rotacional de la massa de glaç. Segons BOULTON (1974) aquest efecte abrasiu que genera una sobre-excavació en els circs és funció de la coincidència de les màximes velocitats i gruixàires (segons gràfica I i esquema II de la Fig.10.) en un punt determinat on l'índex d'abrasió també serà màxim. Aquest fet pot coincidir, en alguns casos, amb l'efecte de cavitació produït darrera el llindar.

## L'erosió glacial a les valls

Tal com s'ha dit repetides vegades, velocitat i gruix de gel importants són absolutament necessàries perquè una glacera realitzi el seu paper erosiu. Totes les observacions sobre glaceres actuals confirmen que aquestes condicions, on millor es donen, és a les glaceres de

vallstemperades, tal com eren les que durant el Quaternari ocupaven les valls pirenaïques.

El modelatge erosiu sobre el llit glacial a les valls ve regit pels mateixos processos que hem comentat al parlar dels circs. La fragmentació, arrencament i abracció es dona sobretot al fons de la vall, però també poden actuar sobre els vessants (sobretot la fragmentació i arrencament). La cavitació 'és l'altre mecanisme estrictament glacial que intervé en la gènesi de formes a petita escala, com les descrites en paràgrafs anteriors, i en l'excavació de les grans cubetes de sobre-excavació de fons de vall (cal dir que aquesta darrera asseveració té el valor d'hipòtesi, perquè el coneixement exacte dels mecanismes que generen aquestes cubetes són encara poc coneguts). En el modelatge dels fons de valls glacials, cal considerar també l'acció de les aigües de fusió sub-glacial, que canalitzades generalment per un torrent, s'incidien fortament en els punts on barres o llindars rocosos dificultaven el pas a la glacera. Referent al perfil transversal de les valls ja ha estat comentada la seva gènesi en l'apartat (d). A la Fig.10, s'il.lustra el procés de modelatge d'una vall en U a partir d'una vall en V. Potser per complementar aquesta informació, val la pena considerar el model que presenta TRICART (1962), esquematitzat en la Fig.11-, i on es valora, entre d'altres factors, la preparació sota condicions periglacials de la vall que tot seguit serà ocupada per una glacera.

### 2.1.3. FORMES D'ACUMULACIÓ GLACIAL

Són totes aquelles constituïdes per dipòsits, la gènesi dels quals està relacionada amb l'existència de gel glacial. Els dipòsits glacials i d'altres sediments

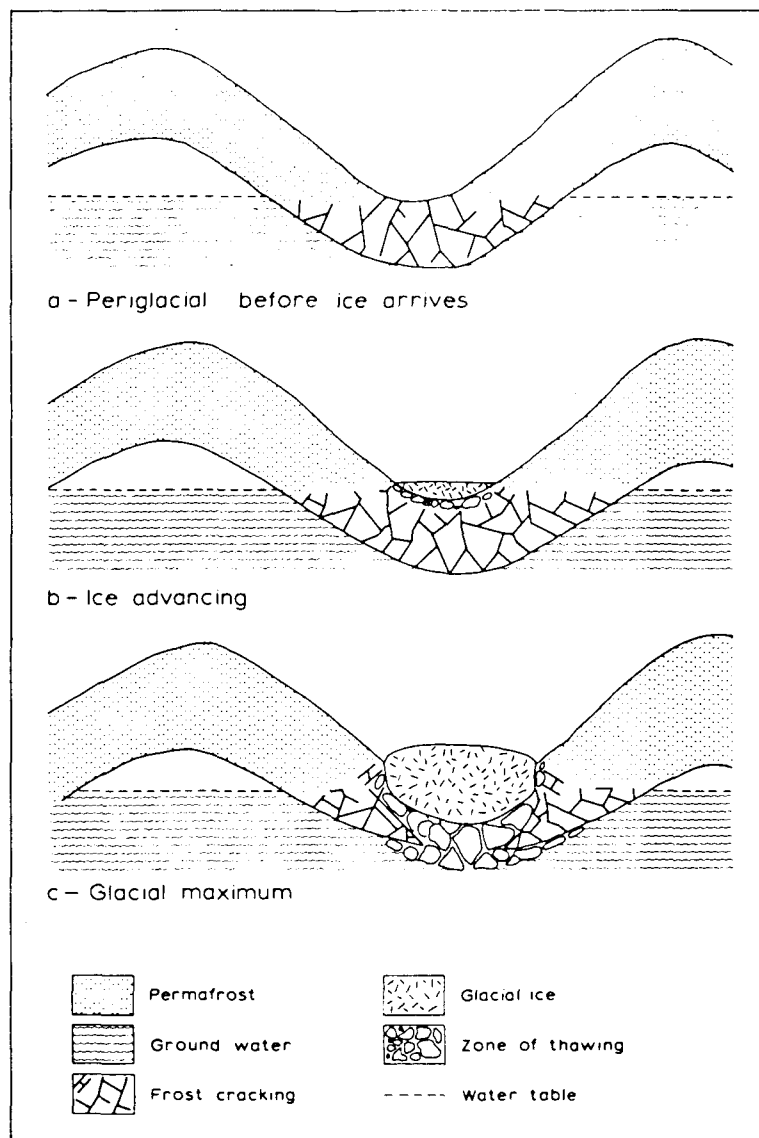


FIG.11. ESQUEMA QUE IL·LUSTRA LA PREPARACIÓ DEL LLIT ROCÓS D'UNA VALL SOTA CONDICIONS PERIGLACIALS I ELS EFECTES DE L'EROSIÓ GLACIAL. (DE TRICART ET CAILLEUX, 1962).



relacionats, seran tractats exhaustivament en els propers capítols. És per això que en aquest apartat parlaré únicament de les seves característiques geomorfològiques generals.

A les altes valls de la Ribagorça les acumulacions de dipòsits glacials que hom troba, es poden agrupar en tres apartats, segons la seva posició respecte les valls principals: acumulacions de fons de vall; acumulacions laterals; i acumulacions de fons de circ.

#### a) Les acumulacions de fons de vall

Les acumulacions de dipòsits relacionats amb les glaceres quaternàries, i que ocupen una posició al fons de la vall, són pocs nombroses a l'Alta Ribagorça. Aquest fet ens indica o bé una poca sedimentació per les glaceres sobre el llit rocós que constitueix el fons de vall, o bé una important degradació de les acumulacions glacials per part de les aigües del riu, la dinàmica dels quals es veu fortament condicionada per l'estretor de les valls (això és molt clar en la Noguera de Tor). Malgrat això, hom troba certes acumulacions que tapissen el fons de la vall. En alguns casos es tracta de dipòsits morrènics conjuntament amb grans blocs dispersos, i en d'altres són únicament acumulacions de blocs les que manifesten el testimoni deposicional de la glacera. Aquest tapissat morrènic és força abundant a les rodalies de l'Hospital de Viella, tant a la part alta de la Ribagorçana com a les valls de Mulleres i de Conangles.

Tan sols hi ha dos casos on aquestes acumulacions de fons de vall presentin una morfologia característica d'arc morrènic: tots dos a la vall de la Noguera Ribagorçana. El primer arc, el trobem poc abans de Vilaller i l'he anomenat arc del seminari; el segon, que en realitat són

dos arcs molt propers entre ells, estan situats una mica més amunt de l'aiguabarreig de la Noguera Ribagorçana amb el barranc de Besiberri, i li he donat el nom d'aquest barranc. Els sediments que constitueixen aquestes acumulacions, així com la seva significació, són tractats en el capítol 4. ~~X~~ 4

#### b) Acumulacions laterals.

Els dipòsits d'origen glacial que hom troba sobre els vessants de les valls són els més importants en quant a nombre i valor sedimentari. En alguns casos, de la mateixa manera que en el fons de la vall, es redueixen a una escampadissa de material morrènic o de blocs que són les restes de morrenes laterals degradades per l'evolució dels vessants. En d'altres casos, però, hi ha importants acumulacions de sediments glacials, amb dipòsits glàcio-fluvials i glàcio-lacustres associats, que presenten l'estructura i la morfologia original. Generalment aquestes acumulacions estan relacionades amb eixamplaments de la vall (confluències per exemple) que han facilitat la seva deposició i a la vegada la seva conservació. Així, podria citar l'acumulació de Llestui a la vall de Llauset, o la de Senet (Foto. 4) a la mateixa Ribagorçana. Algunes de les acumulacions que trobem en els vessants de les valls, són restes de les morrenes laterals que encara conserven la seva morfologia original; de tall d'exemple, puc citar la morrena lateral Taüll situada sobre el poble (Foto. 53).

A tall d'inventari, donaré una relació de les principals acumulacions laterals:

#### Noguera Ribagorçana

- Acumulació de Llestui a 300 m sobre el riu
- " de Senet a 500 m
- " d' Aneto a 500 m

- Acumulació de l'Artiga a 500 m
- "      d' Estet      a 500 m

Noguera de Tor

- Acumulació d'Erill      a 500 m sobre el riu
- "      de Barruera a 500 m
- "      de Cardet   a 500 m
- "      de Coll      a 350 m

A més d'aquestes acumulacions, hi ha molts més dipòsits que han quedat preservats en barrancs laterals i que en alguns casos es redueixen a nivells de blocs granítics, que ens indiquen l'extensió i gruix que la glacera adquirí en el seu màxim avenç.

Tot i que aquests dipòsits també es tractaran més endavant, crec interessant aturar-me en la descripció d'una d'aquestes acumulacions.

L'exemple de l'acumulació de Senet.

Quan la Noguera Ribagorçana passa per entre els pobles d'Aneto i de Senet, la vall presenta un relatiu eixamplament, sobretot en el vessant esquerra on hi trobem una sèrie de barrancs que drenen unes petites conques. Tot aquest vessant, des del fons de la vall fins a 1800 m, es troba recobert de dipòsits quaternaris. La major part d'aquests sediments són d'origen glacial i estan relacionats amb la morrena lateral esquerra de la glacera de La Ribagorçana.

A ctualment els trobem aixaragallats i bastant degradats per l'erosió torrencial, la qual ens ha construït dos grans cons de dejecció coalescents on hi ha al poble de Senet, al peu del barranc de la Baixada, i un altre

La morrena de Senet

FOTO 4 - Vista general sobre l'acumulació en el vessant esquerre de la vall de la Ribagorçana.

a)- Barranc de la Baixada

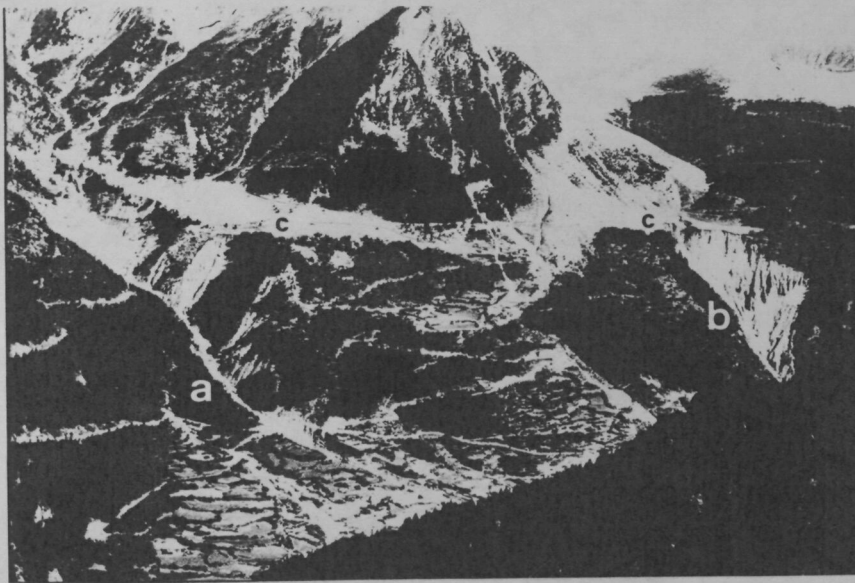
b)- Barranc de Salvasa

c)- nivell de terrassa juxta-glacial

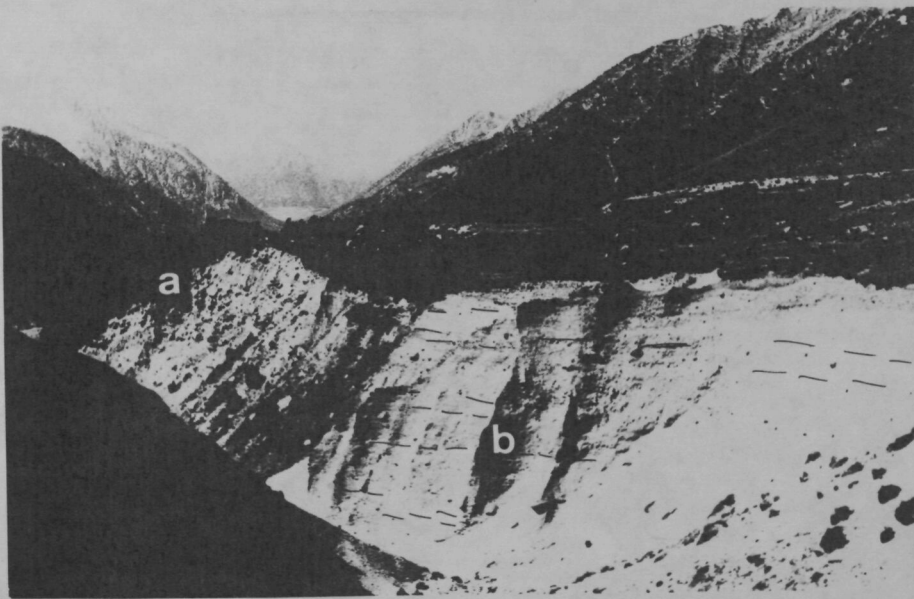
FOTO 5 - Tall de la morrena lateral (a) en el Barranc de Salvasa, contra la qual es recolzen uns dipòsits de vessant estratificats (b).

FOTO 6 - Detall de la morrena lateral de la foto anterior. Vegeu la topografia del cordó morrènic, i la disposició dels blocs seguint plans contra-vessant (fletxes).

FOTO 7 - Con de dejecció producte de l'aixaragallament del material morrènic observat en les fotos anteriors.



4



5



6



7

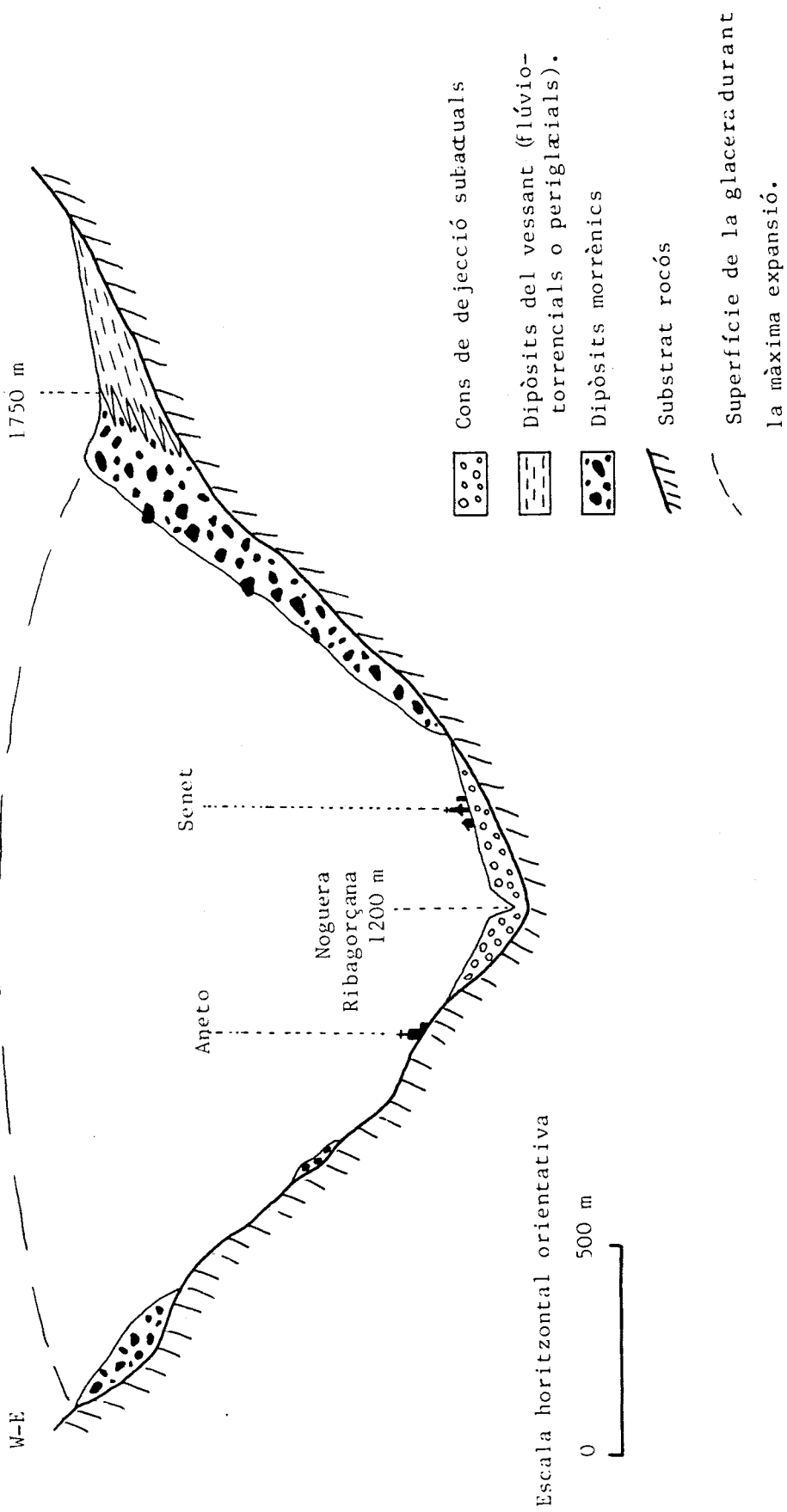
gran con de dejecció més al sud del poble (Foto 7 ).

Els materials que configuren aquesta gran acumulació són diversos petrogràficament i genèticament parlant. La majoria està constituïda per dipòsits d'origen glacial: till sub-glacial de color gris a la base, i till supra-glacial de color marró clar en el sostre (vegeu foto 6 ). La morfologia de l'acumulació conserva localment la forma de cordó morrènic lateral.

Es important destacar també el paper obstructiu de la morrena lateral, la qual obturava les petites conques laterals. En funció d'aquest nivell d'obturació la dinàmica dels torrents i del vessant en general tendí a depositar-hi una important acumulació de materials. Així en el barranc de la Baixada, al Nord de Senet, hom pot veure tot fent un tall W-E, com es produeixen uns canvis laterals de fàcies, des de till de la glacera principal, a unes graves glàcio-fluvials, i a un altre till de característiques locals, i atribuïble a l'acció sedimentària de la petita glacera del Clot del Munyidor. Un altre model que hom troba és el del barranc Salvasa que baixa del Port de Gelada. En aquest cas el till supra-glacial de la morrena lateral, passa lateralment a uns esbaldregalls estratificats, de gruix considerable, i que ens marquen la forta dinàmica periglacial del vessant durant el període on la glacera arribava fins a aquestes cotes (vegeu foto 5 ).

En resum podem dir que aquestes acumulacions laterals tenen una importància primordial en la reconstrucció del glaciàrie quaternari a les valls. En primer lloc perquè ens indiquen la gruixària de la glacera en la seva màxima extensió; i en segon lloc perquè la diversitat de fàcies sedimentàries allí representades en forneix gran informació sedimentològica i àdhuc estratigràfica. És per això que en el capítol 4, models similars al de Senet seran analitzats en detall.

FIG.12. ESQUEMA D'UN TALL TRANSVERSAL DE LA VALL DE LA NOGUERA RIBAGORÇANA A L'ALTURA DE SENET  
 (LA FORMA DEL RELLEU I ELS GRUIXOS DELS DIPÒSITS ESTAN EXAGERATS.)



c) Acumulacions de fons de circ.

Degut al paper erosiu que les glaceres realitzen a les zones de circ, ja s'ha comentat en un apartat anterior que no és freqüent trobar-hi dipòsits morrènics. Malgrat això, és important destacar que en una sèrie de circs hom hi troba sediments glacials.

Els menys freqüents són aquells materials que formen un tapís continu sobre el fons de circ; únicament un cas d'aquest tipus ha pogut ser observat, el de la Coma del Port de Rus, a la capçalera de la vall de Sant Martí (sector de Taüll). En algun cas els dipòsits no ocupen una gran extensió, però poden tenir morfologia de cordó o arc morrènic. Per exemple, a la part baixa del circ de Ginebrell, un cordó morrènic d'una fase tardana de la darrera glaciació, tanca un petit llac reblert (Els Bassots). En molts circs però, hi ha cordons morrènics poc desenvolupats, de vegades molt propers a la paret rocosa, i amb els materials gairebé gens fixats per la vegetació. En alguns casos és clar que es tracta de morrenes de nevé, en d'altres crec que corresponen a morrenes de petites glaceres de circ que existiren possiblement en temps històrics.

Un altre tipus de dipòsits glacials que hom troba en els fons de circ són les morrenes de glacera rocosa. Es tracta d'acumulacions de grans blocs angulosos sense quasibé gens de matriu i que presenten una morfologia en lòbuls o arcs, que testimonieja un desplaçament plàstic de tota la formació (Foto. 9). Les morrenes de glacera rocosa més desenvolupades es troben a la majoria de circs situats a l'esquerra de la Ribera de Sant Nicolau, i seran comentades al parlar de la Fase de les glaceres rocoses en el capítol 6.2.



FOTO 8 - Morrena de glacera rocosa (a), en el circ del Port de Rus, capçalera de la vall de St. Martí ( Taüll ). Observeu com recobreix una morrena anterior que tapissa el fons de circ(b) i al seu torn, els cons d'allaus es posen al damunt de la glacera rocosa.

FOTO 9 - Fotografia aèria vertical de les glaceres rocoses de la Ribera de St. Nicolau. Observeu la morfologia arquejada i lobulada d'aquestes acumulacions glacigèniques, al circ de Murrano (a) i al de Mussoles (b). La fletxa blanca indica el Nord.



8



9

## 2.2. ALTRES TIPUS DE MODELATGE NO GLACIAL

En aquest apartat tractaré de donar una relació a tall de síntesi d'aquells processos i formes associades, que conjuntament amb el modelatge glacial, configuren el relleu de les altes valls de la Ribagorça.

Moltes d'aquestes formes no han estat representades en el mapa geomorfològic com ja he dit anteriorment. Malgrat això, crec que és important fer-hi referència perquè, a més de complementar la visió geomorfològica regional de la comarca, tenen, en molts casos, un paper important en la seva evolució morfològica.

### 2.2.1. PRINCIPALS PROCESSOS PERIGLACIALS I FORMES ASSOCIADES

Des de la desaparició de les últimes glaceres fins a l'actualitat, s'han produït a l'alta muntanya pirinenca uns processos morfogenètics relacionats amb l'acció gel-desgel, anomenats processos periglacials.

La dinàmica periglacial actual és força important i, per tant, trobem que molts dels processos periglacials són funcionals avui en dia.

Les formes periglacials i nivals són abundants a les zones més altes i van lligades generalment a les formes glacials, les quals van degradant-se lentament per l'acció prioritària del gel-desgel, tant sobre la roca com a les formacions superficials.

A continuació, dono una relació d'algunes d'aquestes formes i processos més importants que hom pot observar.

a) Gelivació:

Com hom sap, es tracta de la fragmentació de la roca per l'acció del glaç.

Aquest procés ha actuat i actua amb facilitat sobre totes les roques de l'àrea estudiada, formant grans acumulacions de gelifractes (tarteres), al peu de les formes abruptes, que tendeixen a la regularització dels vessants. Al peu de les parets dels circs glacials, és on més cons d'esbaldregalls trobem, molts d'ells funcionals i assistits quasi bé sempre per les accions nivals (allaus sobretot).

b) Gelifluxió:

Les accions d'aquest tipus observades, afecten en general a les formacions superficials, tot al llarg i ample d'un vessant. Segons la major o menor inclinació del pendent, s'originen dues formes resultants diferents:

1)- Gelifluxió en pendents suaus ( $10^\circ$ ) i amb escassa matriu argilènica, que es caracteritza per donar lòbuls aplanats, d'escala mètrica al llarg i a l'ample i de pocs decímetres de gruix. Trobem exemples d'aquests a les àrees no granítiques, amb formació superficial per sobre dels 2.000 m.

2) - Gelifluxió en pendents forts ( $30^\circ$ ), on es formen garlandes, com a resultat de la resistència que ofereixen les festuques, arrelades un xic més profundament que per la part afectada per la gelifluxió, i que pel desplaçament de la part superior del vegetal, dóna la forma arquejada típica del sòl en garlandes. En tenim bons exemples al Port de la Gelada i a tota la Capçalera del barranc de Barruera.

c) Criotorbació:

Les conseqüències dels efectes provocats per la congelació del contingut en aigua del sòl, cal destacar-les dintre de les accions morfodinàmiques actuals en el Pirineu ribagorçà. Tant l'àmbit geogràfic d'influència d'aquests processos com les seves conseqüències morfològiques resulten bastant reduïts.

Em referiré únicament a dos casos significatius observats. En primer lloc, l'acció del gel en el sòl, quan aquest té un important contingut aquós (cas dels aiguamolls o mulleres) produeix una sèrie de bonys decimètrics en la superfície del sòl. Aquests són deguts a injeccions de la fracció fina del sòl de l'interior cap a la superfície que, sense arribar a trencar el tapís herbós, ens donen la forma típica de gespa encoixinada. Això es produeix en zones planes situades per damunt dels 2000 m., generalment en els fons de circ, ocupant mulleres instal·lades en cubetes lacustres reblertes o també en prats somitals en algun cas.

Una altra acció relacionada amb els cicles gel - desgel a nivell del sòl és la produïda pel "pipkrake" o gel d'exudació que produeix un tipus de criotorbació allí on manca la cobertura vegetal. L'aigua del sòl, sota els efectes de la gelada produeix la segregació en superfície de cristalls de gel de creixement vertical (>5cm), que provoquen un aixecament de les partícules del sòl (fins i tot còdols de grans dimensions), amb el posterior desplaçament lateral (si hi ha pendent) de les mateixes quan té lloc el desglaç.

d) Canals i cons d'allaus:

Moltes de les parets rocoses que voregen els circs o

les altes valls glacials es veuen solcades per estretes i inclinades canals que generalment coincideixen amb debilitats estructurals de la roca que forma el substrat (falles, diàclasis, etc). En aquests llocs, el rocam es troba fortament gelifractat i les acumulacions de neu a la part superior produeixen importants i freqüents allaus les quals arrossegueuen els fragments de roca gelivada fins a les parts baixes de la paret. Per conseqüència, es formen importants acumulacions d'esbaldregalls al peu d'aquestes canals, amb una morfologia de con molt ben dibuixada.

e) Acumulacions periglacials antigues

Amb aquest nom, em refereixo a una serie de dipòsits que hom troba penjats en els vessants i que modelen petits replans que són aprofitats per conrear. Principalment, es presenten més nombrosos i més desenvolupats als vessants de les àrees de Vilaller i de Llesp, sobre les pissarres micàcies del Carbonífer pre-hercinià. Aquestes acumulacions estan formades per fragments angulosos de pissarra (tamany grava) en una matriu lutítica de color marró-rogenc.

Per comparació d'aquests materials amb formacions periglacials de vessant actuals, hom pot atribuir-los-hi una gènesi lligada amb la regularització dels vessants no coberts per les glaceres (cartogràficament queda demostrat), que durant les glaciacions quaternàries tenien una dinàmica periglacial. Així doncs, el perfil longitudinal d'aquests nivells s'hauria modelat en funció del nivell de base local que marcava la llengua de la glacera. Llanço aquesta afirmació a tall d'hipòtesi de treball, difícil de demostrar en alguns casos;

ja que si bé alguns d'aquests nivells enllacen perfectament amb materials morrènics laterals, en d'altres la cosa no és tan clara.

f) Micromodelatge periglacial sobre el substrat granític.

Observacions realitzades sobre superfícies rocoses granítiques que varen ser afectades per l'erosió glacial durant el Pleistocè, m'han fet veure l'existència d'unes microformes que tendeixen a degradar el modelatge del llit glacial. Aquestes formes, que al Pirineu han estat citades de forma marginal per alguns autors, són estudiades sistemàticament per primera vegada per MARTÍ BONO i VIDAL ROMANÍ (1981). Segons aquests autors una sèrie de microformes de mida centimètrica a mètrica, posades en evidència per una micro-erosió diferencial del granit, es desenvolupen sobre superfícies planes (verticals i/o horitzontals) generalment amb mostres de poliment glacial. També hom les pot trobar, però, sobre grans blocs morrènics de granit que han passat per un llarg període d'exposició subaèria. Les més abundoses d'aquestes microformes han estat tipificades pels autors citats com a nerviacions i "pseudo-pías" (també anomenades pseudo-gnamas). Mentre que les primeres afecten a grans superfícies aplanades posant en evidència per erosió diferencial un enreixat de petits filons o de diàclasis, les segones es troben aïlladament sobre superfícies diverses (àdhuc arestes d'un bloc erràtic) amb forma de cavitat irregular amb l'obertura en posició horitzontal. Les "pseudo-pías" que he observat, tenen generalment dimensions de decímetres a algun metre en quant al diàmetre de l'obertura; en canvi la seva profunditat rarament supera els trenta centímetres.

VIDAL ROMANÍ et alt (1913) proposen com a procés

FOTO 10 - Desagregació granular del granit per micro-gelifracció sobre una superfície polida per les glaceres quaternàries. Les fletxes indiquen les restes de la superfície polida original.

FOTO 11 - Cons d'esbaldregalls a la vall de Llauset produïts per l'acció combinada de la gelifracció i les allaus.

FOTO 12 - Tascó de granit aixecat respecte a la superfície original per l'efecte de la pressió del gel periglacial, en les discontinuïtats de la roca. També s'observen nerviacions.

FOTO 13 - Efectes del micromodelatge periglacial en la superfície d'un gran bloc morrènic.

a) "pseudo-pfas"

b) nerviacions

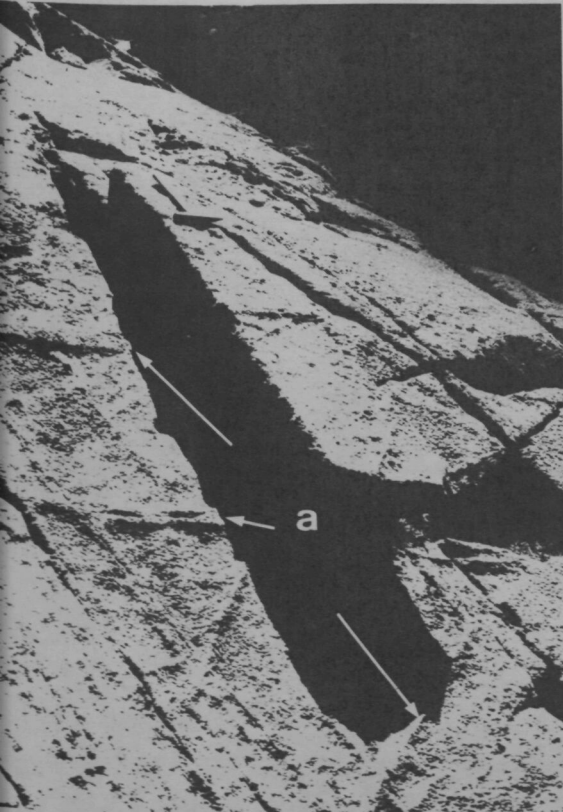




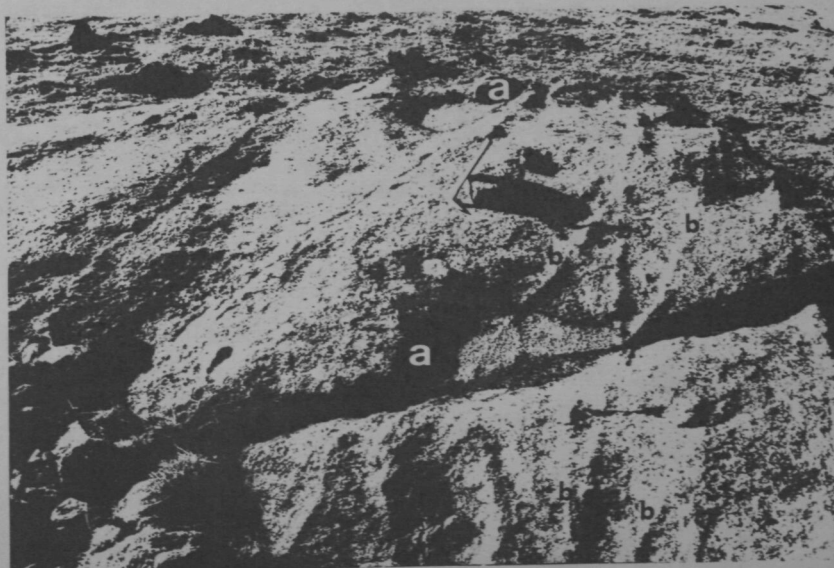
10



11



12



13

65

generador d'aquestes microformes, la microgelivació. Aquesta consideració està feta a partir de la comparació amb d'altres microformes similars ("pías", "cacholas", etc), estudiades en d'altres regions.

En el cas del Pirineu, la irregularitat morfològica d'aquestes formes (esfericitat baixa), i l'existència de plaquetes a l'interior d'algunes d'elles, indiquen clarament una evolució per desagregació en plaques o descamació generada per micro-gelivació.

El fet de trobar superfícies estriades, parcialment degradades per aquests processos de micro-gelivació, fa concloure que la seva gènesi i evolució és clarament post-glacial. Així ho diuen VIDAL ROMANÍ et alt. (1983), que, a més, destaquen la funcionalitat actual d'aquests processos que jo he pogut comprovar en les meves observacions.

Si bé els productes de la desagregació de micro-gelifractes es realitza generalment per un rentat de les aigües de fusió nival, alguns d'ells queden tapijant el fons d'aquestes petites cavitats. Les aigües circulants realitzen també una certa dissolució de la roca, així ens ho demostra l'existència de crostes i espeleotemes de sílice amorfa (VIDAL ROMANÍ et alt., 1983). Aquest fet ens indica que, si bé el procés degradatiu de les superfícies granítiques en els fons dels circs i de les altes valls és la gelivació, cal considerar la influència secundària de la meteorització química per dissolució.

#### 2.2.2. MODELATGE FLUVIAL I TORRENCIAL

Si hom observa la xarxa fluvial de l'alta Noguera Ribagorçana i de la Noguera de Tor, destaca enormement

L'existència de dues artèries principals de direcció Nord-Sud, amb una sèrie de valls tributàries de traçat aproximadament perpendicular al dos grans rius. Totes elles formen un conjunt de valls estretes i profundes les quals han estat fortament retocades per l'erosió glacial.

L'origen d'aquesta xarxa fluvial cal cercar-lo en temps pre-glacials, i possiblement posterior a la fase d'erosió generalitzada que generà els nivells d'aplanament que avui trobem a les capçaleres de les valls. Segons SOLÉ SABARIS (1951), els cursos actuals pirinencs correspondrien als rius principals que generàren els grans ventalls al.luvials que constitueixen els materials molàssics oligo-aquitaniens. Sota condicions favorables a una important incisió (potser aixecament isostàtic de la serralada), aquells rius s'encaixaren en els materials de la zona axial. En aquest sector de l'Alta Ribagorça, la incisió fluvial ve dirigida per la tectònica, així ho constata MARTÍ RIBA (1980), i jo mateix puc afegir que aquest fet és molt clar sobretot en la zona granodiorítica.

Durant l'etapa glacial del Quaternari, l'acció fluvial afecta sobretot als sectors de les valls no glaçats, i té el seu màxim exponent en la sedimentació de mantells al.luvials pro-glacials (veure terrasses fluvials, cap. 5).

Referent a les acumulacions post-glacials, hom troba nivells al.luvials recents en els fons de les valls, per exemple a les planes de Bono, Vilaller i de Barruera. Durant aquest període però, cal destacar la important tasca deposicional dels torrents laterals dels grans rius, a la confluència dels quals s'hi han format importants cons de dejecció (amb material de les morrenes degradades).

La incisió fluvial post-glacial ha estat petita;

potser allà on és més evident, és sobre les acumulacions glacials (Llestui, Taüll per exemple).

### 2.2.3. ELS LLACS I ELS ESTANYS.

Malgrat que els ambients lacustres de l'alta muntanya ribagorçana són de reduïdes dimensions, la dinàmica que en ells s'hi esdevé mereix ser considerada en aquest capítol.

La sedimentació d'aquests llacs és prou important tant per la informació estratigràfica que ens forneix, com per l'establiment de models sedimentaris lacustres. En aquest sentit, he pogut estudiar en detall un d'aquests llacs, el de Llauset, que serà comentat en el capítol 4.1.

La majoria de llacs i estanys d'aquest sector del Pirineu, omplen cubetes d'erosió de petites dimensions, situades preferentment al fons dels circs i, els menys, a les valls. Aquests llacs es caracteritzen per estar limitats a la zona de desaigua per un llindar rocós i per tenir una profunditat relativament important, si tenim en compte que llurs dimensions superficials són força reduïdes. (vegeu cap. 2.1.1.). Un altre tipus genètic de llacs són els que hom podria anomenar d'obturació. També tenen un origen relacionat amb les geleres quaternàries, encara que en aquest cas no ve condicionat per un procés erosiu sinó sedimentari. Es produeixen quan el cordó morrènic lateral obstrueix el drenatge d'una vall afluent a la de la gelera; també és possible que el llac es produeixi a la vall principal sota l'acció de barratge d'un arc morrènic frontal, o bé podria ésser que aquestes obturacions no tinguin una causa morrènica sinó que es produeixin per un desprendiment en massa que destrueixi el curs d'un riu frontal.

Pràcticament la totalitat dels llacs ribagorçans són del primer tipus, és a dir, ocupen cubetes de sobre-excavació glacial (vegeu Fig.7\_ ). La majoria d'aquestes cubetes es localitzen a les capçaleres de les valls ocupant el fons dels antics circs glacials en nivells graonats entre els 2.000 i els 2.800 metres. El nombre i les dimensions dels llacs poden ser variable en cada circ; també és possible trobar algun circ sense cap llac o amb ell totalment reblert.

Els llacs de vall (segons la classificació de NUSSBAUM 1935) són poc nombrosos. Pràcticament només n'hi dos de significatius, el de Llauset a la Ribagorçana, i l'Estany Llong a la Ribera de Sant Nicolau. En aquesta vall hi ha altres exemples interessants; tres d'ells es situen en el sector d'Aigües Tortes i es troben en fase de maduresa total, formant tres planes de rebliment. Més avall n'hi ha un altre, l'Estany Llebreta, que és l'únic llac de la conca d'origen no glacial. En realitat ja es comentarà en el proper apartat la seva gènesi; però puc adelantar que es tracta d'un llac d'obturació produïda per un desprendiment del vessant.

La dinàmica lacustre d'aquestes cubetes començà amb la retirada aigües amunt de les glaceres, a les darreries del període Pleistocè, i ha anat sempre condicionada per la climatologia i la seva situació. La deposició lacustre està regida per l'existència de cicles sedimentaris anyals depenents de les condicions climàtiques vigents en cada moment, així com de les característiques del rocam i d'extensió de la conca de drenatge aigües amunt del llac. És evident que sota les condicions hivernals, amb la superfície de l'aigua glaçada durant uns sis mesos i amb la conseqüent disminució de les precipitacions líquides, hi ha una manca d'aports important. Seguint aquesta lògica,

també entenem que a l'època del desglaç, els aports hídrics seran màxims i per tant hi haurà una sedimentació detrítica important, la qual tornarà a davallar un cop entrat l'estiu. Tota aquesta successió de fenòmens implica una clara cíclicitat en la sedimentació lacustre. Aquests sediments rítmics, o ritmites, depositats en aquestes cubetes no són però tots d'origen terrígen, doncs no hem d'oblidar el paper dels organismes que viuen en el medi lacustre. En l'evolució de la vida d'un llac, la sedimentació orgànica i/o terrígena tenen una continuïtat temporal important, produint-se però variacions en la velocitat de sedimentació i en el tipus de sediment generat, fins que finalment s'arriba al rebliment total de l'estany, estanyol o llac. En aquesta etapa final es passa d'un ambient d'aigües somes a una veritable mullera colonitzada per espècies vegetals aigualoses que en morir produeixen acumulacions importants de matèria orgànica, tot generant una turbera. Finalment, la dinàmica fluvial acaba de modelar la petita plana, sobretot quan aquesta ocupa el fons d'una vall.

#### 2.2.4. ELS MOVIMENTS EN MASSA QUE AFECTEN ELS VESSANTS.

Parlar de la dinàmica actual dels vessants requereix un estudi aprofundit, i això s'aparta del propòsit del present treball. Malgrat això, hi ha una sèrie de formes relictas relacionades amb moviments en els vessants i a les quals em referiré a continuació.

Deixant a part els mecanismes periglacials (ja esmentats anteriorment) que generen moviments de reptació generals o puntuals en les formacions superficials que cobreixen els vessants, un altre tipus de processos han actuat en certs indrets d'aquestes valls durant el període post-glacial.

a) Desprendiments rotacionals

Dos exemples d'aquests han estat observats a la conca de la Noguera de Tor. Ambdós afecten a la quasi totalitat de la massa rocosa que configura el vessant de la vall. El primer afecta a tot el vessant cambro-ordovicià del Muro, a l'esquerra de la plana de Barruera; el segon, també d'escala quilomètrica, afecta al vessant esquerra de la Ribera de Sant Nicolau, del Llebreta cap avall (en pissarres silurianes, i calcàries a calco-esquistes devonians).

Ambdós exemples van ser observats inicialment per geòlegs hol·landesos, els quals ho han estudiat recentment (RENGERS and SOETERS, 1982). És sobre aquest treball fonamentalment, en el que em basaré per comentar ambdós casos.

Aquests moviments rotacionals, que sovint hom troba relacionats amb vessants rocosos de forta pendent, en valls relativament estretes i profundes, han estat classificats pels especialistes com esllavissaments amb un assentament profund ("deep seated creep") del tipus "gravitational spreading".

Els esllavissaments del Muro i de la Serra Martí Llac tenen una sèrie de característiques comuns. Morfològicament, ja he dit que semblen un esllavissament rotacional, amb una gran fractura somital paral·lela a l'eix de la vall (Fig.13-), a la qual s'hi associen una sèrie de fractures conjugades de menor ordre.

falla normal amb un salt d'uns 30-40 m en el Muro. En aquest mateix vessant, la fractura principal talla perpendicularment l'esquistositat; i la gran quantitat de falles conjugades donen al vessant una morfologia amb ressalts rocosos

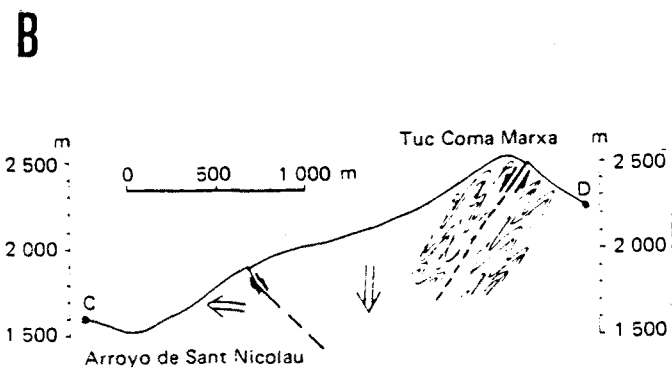
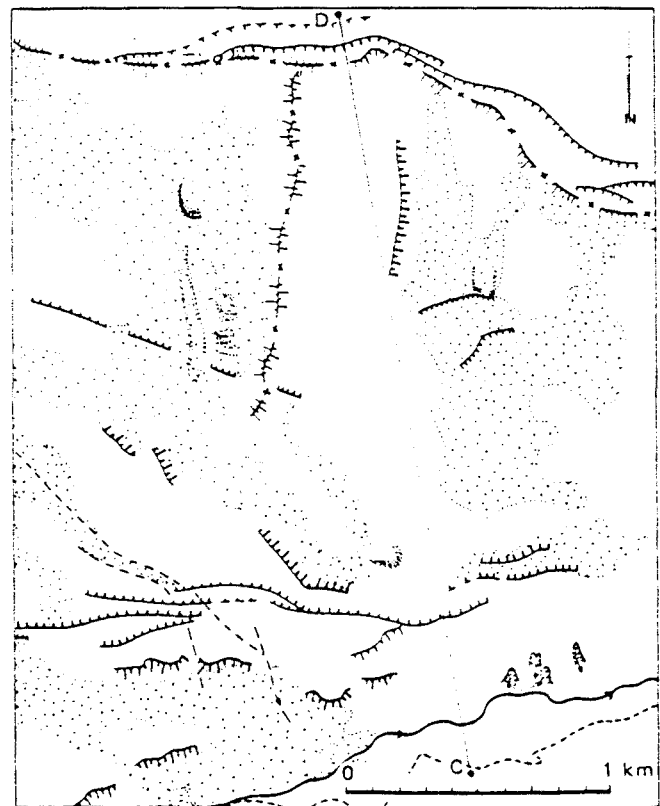
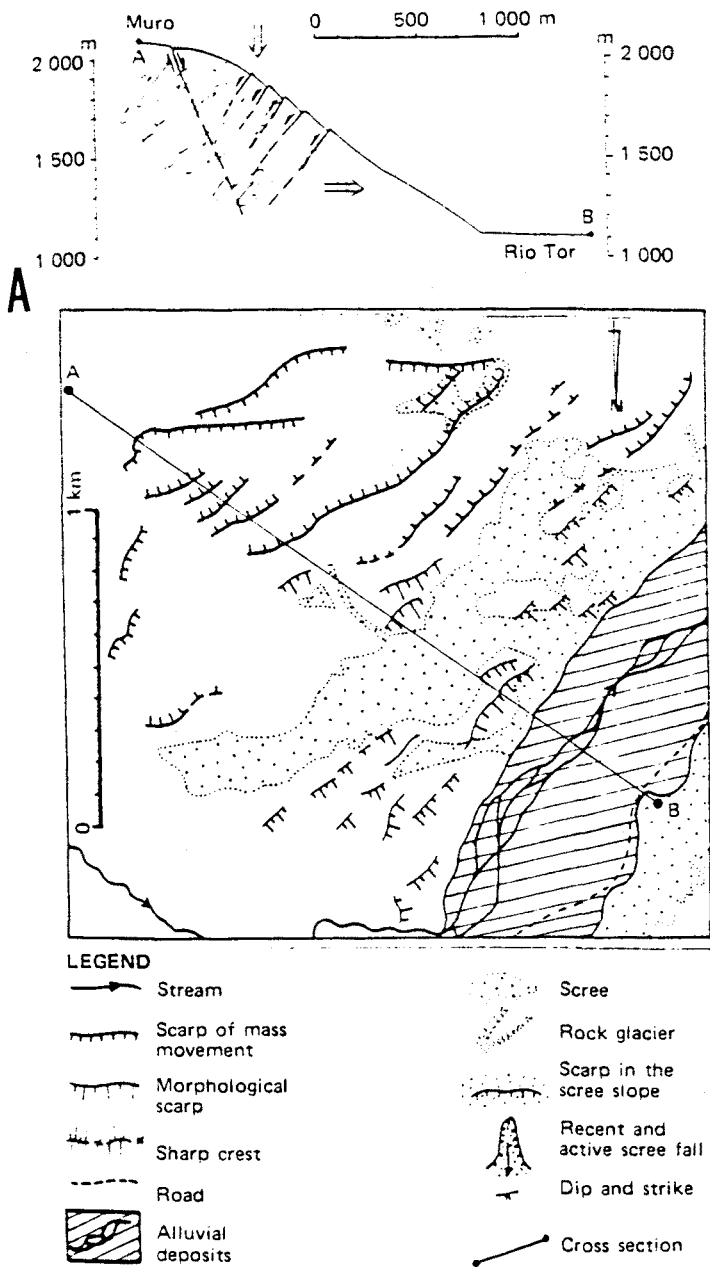


FIG.13.DOS EXEMPLES DE DESPRENDIMENTS GRAVITACIONALS A LA VALL DE BOÍ (SEGONS RENGERS AND SOETERS, 1982).

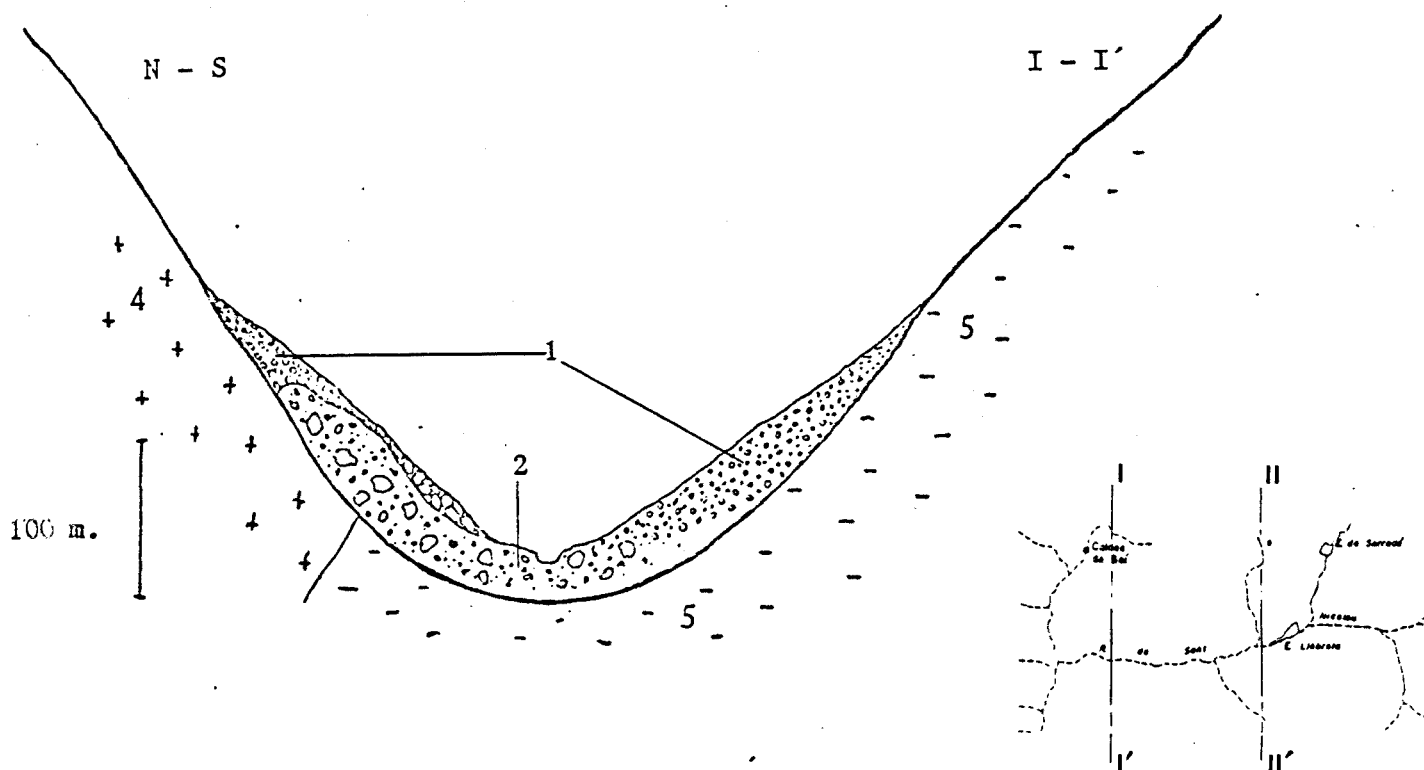
A- Desprendiment del Muro a sobre de la cubeta de Barruera (esquema foto-interpretatiu i tall transversal)

B- Desprendiment de la Serra de Martí Llac, a sobre l'Estany Llebreta. En el tall transversal observeu que el pla principal de fractura és paral·lel a l'esquistositat.



al peu dels quals hi ha abundants tarteres (veure cap. 4.3.); i al seu darrera es forma un contrapendent amb petites depressions. A la Serra de Martí Llac, la traça de la fractura principal es troba en el vessant de Taüll (darrera la carena), i té un recorregut d'uns quatre quilòmetres. En aquest cas, els autors abans citats troben falles antitètiques inverses relacionades amb desplaçaments laterals. Tot el vessant nord d'aquesta Serra té una morfologia d'aspecte caòtic, amb desprendiments de blocs relacionats. Segons observacions pròpies i de MARTÍ RIBA (1981), un desprendiment de blocs de grans característiques, fou el causant del barratge que generà l'Estany Llebreja al fons de la vall (vegeu Fig. 14).

Referent a la gènesi d'aquests moviments gravitacionals del vessant, RENGERS and SOETERS (1982) opinen que l'erosió glacial és la seva causa primària. Caldria pensar doncs en un mecanisme de relaxació de la roca al desaparèixer la gran massa de gel que pressionava sobre els vessants. Penso que aquesta és una hipòtesi coherent amb la gran massa de glaç (650 m, veure cap. 4.3) que es va acumular en aquest sector de la vall durant el màxim glacial. Actualment, sempre segons els mateixos autors, sembla que hi ha una prova per dir que no és actiu (un canal excavat en el vessant fa 25 anys no ha presentat mai cap problema), malgrat que algunes observacions suggereixen el contrari. Les proves d'activitat actual són potser més clares en el cas del vessant de Martí Llac, on alguna de les falles antitètiques talla acumulacions d'esbaldregalls funcionals. Malgrat que els autors citats no es pronuncien sobre la causa del moviment en aquest segon cas, crec que pot ser també vàlida l'hipòtesi anteriorment exposada. Encara que en aquesta vall de la Ribera de Sant Nicolau, el gruix de la glacera fos menor (350 m segons MARTÍ RIBA, 1981), la coincidència entre el pla de falla principal i l'esquistositat, i l'existència de les ampelites



1. Esbaldregalls de vessant; 2. Till; 3. Materials provinents de desprendiments en massa; 4. Granit; 5. Calcàries devonianes

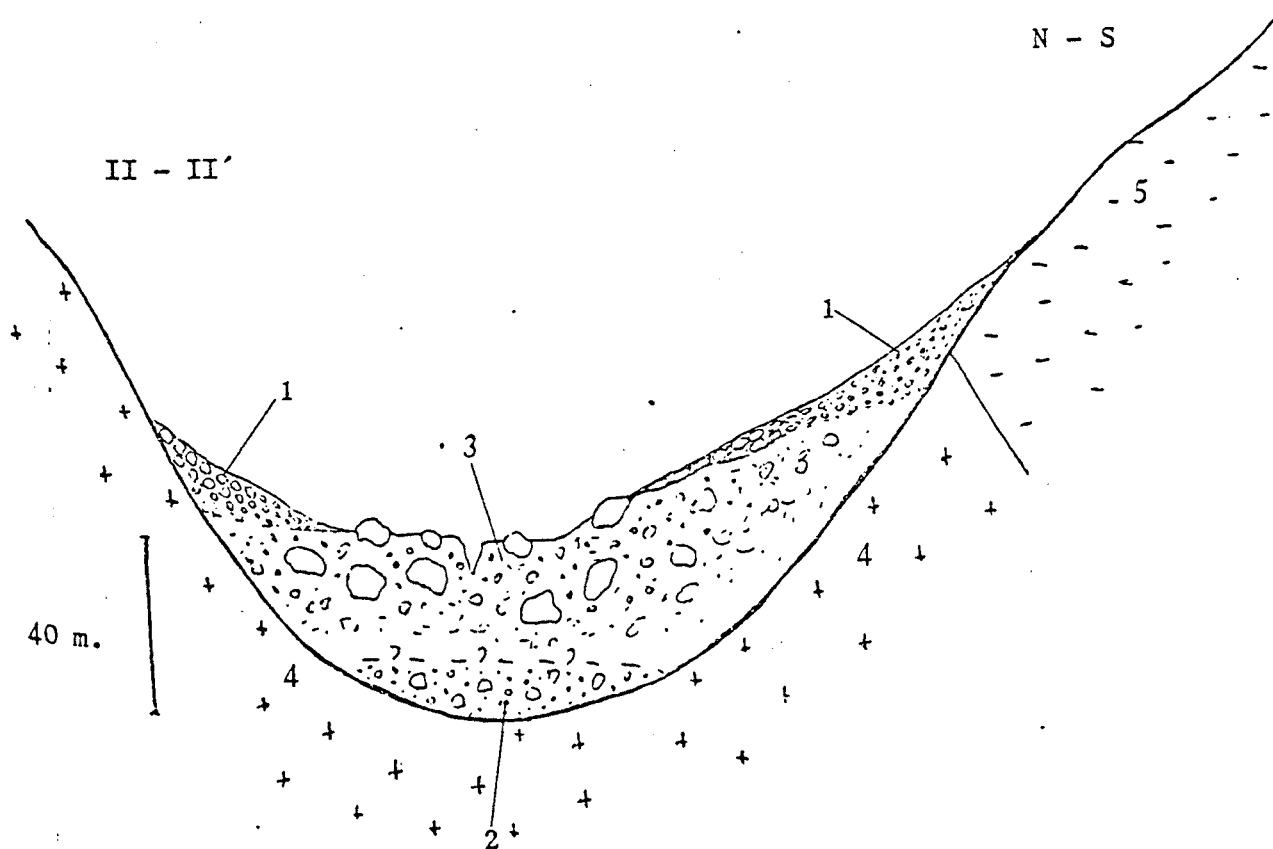


FIG.14. PERFILS TRANSVERSALS DE LA RIBERA DE SANT NICOLAU  
(segons J. MARTÍ 1980).

silurianes que poden actuar de nivell de lliscament, són dos factors que faciliten el mecanisme proposat.

b) Desprendiments de roca

Dos altres exemples importants de desprendiments sobtats de masses rocoses al fons de la vall han estat localitzats. Un d'ells, el del Llebreta, ja ha estat citat i relacionat amb la dinàmica general del vessant de la Serra de Martí Llac. L'altre es troba situat a l'extrem occidental de la mateixa Serra, en el vessant esquerra de la Noguera de Tor. En els materials silurians de la part alta s'observa una important cicatriu d'arrencament, i a la part de baix, la carretera de Caldes talla l'acumulació producte del desprendiment. Forma un lòbul amb grans blocs de calcàries i calcoesquistes barrejat amb fragments de pissarres negres silurianes. Cal pensar que potser el mecanisme proposat en l'apartat anterior fos el desencadenant del dit desprendiment.

c) Colades de fang.

Únicament una colada de grans dimensions, produïda per un flux de fang amb blocs ("earth flow") ha estat detectada. Es troba aigües avall de Llesp, en el vessant d'Irgo, i concretament ocupa en una llargada d'un quilòmetre al fons del barranc del Grilló.

Aquesta colada té un aspecte de llengua, amb una morfologia lobulada en el seu extrem inferior. En algun moment deuria obturar la Noguera de Tor que s'ha vist obligada a modificar lleugerament el seu curs rectilini.

Els materials que formen la llengua són difícils de veure a causa de l'espessa cobertora boscosa existent. És de suposar que ha de contenir una important proporció de fins que li han donat el seu caràcter fluïdal. En superfície però, tan sols aflora algun gran bloc de conglomerat westfalià. Cal pensar que el material plàstic que la generà prové de l'alteració de les pissarres carboníferes, les quals constitueixen el substrat majoritari de la petita conca.

Pel fet de no haver estudiat en detall la colada i degut a les males condicions d'aflorament, poca cosa es pot dir del mecanisme generador de tal acumulació. Sembla però que ha de correspondre a un flux de fang de dinamisme lent. No s'ha observat tampoc cap indicatiu que faci pensar que és activa.

D'altres colades fangoses s'han observat en l'àrea de Pont de Suert. Són de dimensions molt inferiors a l'anterior, i s'han produït a sobre de les margues amb guixos del Keuper. La més important d'elles, que encara és activa, es troba just a sobre Pont de Suert, en el vessant esquerra del barranc de Raons, i produeix molts problemes d'estabilitat a la carretera d'accés a Gotarta.

d) Relliscament en massa de la formació superficial.

Per indicació del professor Robert Soeters de l'I.T.C. d'Enschede, on actualment s'està estudiant aquest cas, vaig conèixer el procés dinàmic que actualment afecta a tot el vessant de Montanui, a sobre Vila-ller.

Es tracta d'un exemple viu de moviment de reptació generalitzat, de tota la part inferior del vessant de Montanui. Aquest vessant té un substrat de pissarres carboníferes, al damunt de les quals hi ha una formació superficial de gruix mètric, però que presenta fortes irregularitats. El material de la formació superficial és constituït per clastes de pissarra juntament amb fragments de roca permotriàsica, tots ells englobats en una matriu llimosa de color rogenc. En el contacte entre el Carbonífer "in situ" i la formació superficial hi ha un nivell argilós de color gris que actua com a nivell de lliscament. La morfologia general del vessant és lobulada, en alguns indrets s'hi obren esquerdes, i a la part baixa va progredint dins la llera de la Noguera Ribagorçana, la qual el va soccavant d'una manera contínua.

El mecanisme del procés sembla relacionat amb el mal drenatge de l'aigua que s'infiltra en la formació i que li configura a la base un nivell fluidal (el nivell gris és producte de les pissarres del sòcol meteoritzades).

Vist aquest model, i el de la colada del barranc del Grilló, es pot pensar que, donades condicions litològiques similars, el procés fos el mateix en ambdós casos. En el Grilló però, l'existència d'un torrent canalitzaria el flux de formació superficial, donant-li una morfologia de llengua.

### 2.2.5. LES SUPERFÍCIES D'APLANAMENT.

Les sempre polèmiques superfícies d'aplanament són, en l'àrea de l'Alta Ribagorça, de dimensions molt més reduïdes que en l'extrem oriental de la serralada. En realitat, es tracta de restes de nivells d'erosió pre-glacials en els quals s'hi encaixà la xarxa fluvial pre-glacial, i que posteriorment han modificat les glaceres quaternàries. Per la majoria d'autors, la formació d'aquestes superfícies d'erosió requereixen períodes de tranquil·litat tectònica, durant els quals es produeix una erosió generalitzada que aplanava el relleu. Segons SOLÉ SABARIS (1951), l'existència de nivells graonats s'explicaria per l'aixecament espasmòdic de la serralada. Si bé aquest fet és difícil de demostrar, sí que és clar que la seva gènesi és clarament posterior al plegament de la serralada pirinenca.

Encara que alguns autors les consideren més antigues (GARCÍA SAINZ, 1940), la majoria situa la seva gènesi durant el període Miocè. Segons MEY (1968), aquestes superfícies serien tardi-miocenes o, fins i tot, post-miocenes, en funció dels criteris trobats a la vall d'Aran, on una formació detrítica amb nivells de carbó i datada pel pol.len com a Miocè superior, és correlacionada amb un nivell d'aplanament a 2.000-2.300 m (KLEINS-MIEDE, 1960).

SERRAT (1977), en el Pirineu Oriental, diu que són post-paroxismals i pre-distensives (Oligocè superior-Miocè inferior). L'edat oligo-aquitana ha estat confirmada per GOURINARD (1980) a la Cerdanya, on relaciona els sediments de la fossa tectònica amb les superfícies d'aplanament, allí ben desenvolupades.

Si bé la seva edat queda bastant ben definida,

la seva gènesi presenta importants dubtes. No hi ha ningú que hagi estudiat en detall aquest problema i que n'hagi tret unes conclusions satisfactòries. Pel fet de considerar-les pre-glacials, SERRAT (1977) valora la influència que hagin pogut tenir els fenòmens de crio-planació en la conservació o retoc d'aquests nivells. Sembla que MARTÍ i RIBA (1980) ho confirma pel fet de trobar una important formació superficial d'origen periglacial, que recobreix el nivell d'aplanament de la Solana de Boí entre 2.200 i 2.500 m. El gran contingut en fins d'aquesta formació, fa que l'autor citat la consideri producte d'un llarg procés d'alteració (micro-gelifracció), sincrònic amb el glaciariisme pleistocè.

Durant la realització del present estudi, no ha estat trobat cap criteri que pugui aportar nova informació sobre els nivells d'aplanaments pre-glacials.

A l'àrea estudiada, hi ha tres famílies de nivells ben marcats que ja haurien estat citats per autors anteriors. Les principals restes són les següents:

Nivells superiors: entre 2.700 i 2.850 m.

- Bergús - Crabes (sobre granodiorita)
- Coll de Vallhiverna ( " )

Nivells intermitjos: entre 2.300 i 2.500 m

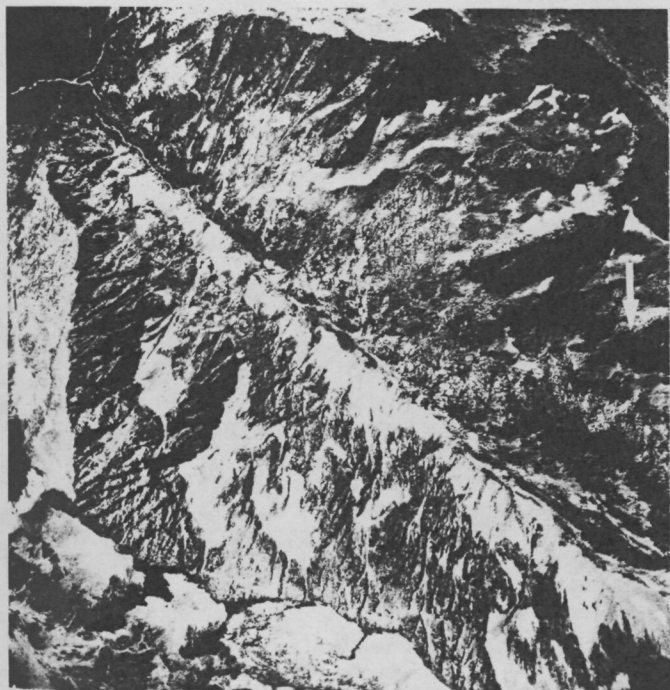
- Portarró d'Espot (sobre granodiorita)
- Solana de Boí ( " " )
- Port de Rius ( " " )
- Estanys d'Anglos ( " " )
- Serra Negra\* (sobre pissarres silurianes)

\* Aquest queda a l'Oest de la vall de Llauset, fora de l'àrea estudiada.

FOTO 14 a/b - Vista aèria vertical (a) i obliqua (b) de la vall de Salenques. Aquesta vall de fractura és un magnífic exemple de l'influència de l'estructura sobre el traçat de la xarxa de drenatge. La fletxa indica el Nord.

FOTO 15 - - El vessant del Muro, a la cubeta de Barruera, afectat per un desprendiment rotacional. Les petites fletxes indiquen el traçat de la fractura principal que forma un ressalt d'uns 40 metres.





14a



14b



15

Nivells inferiors: entre 2.000 i 2.200 m

- Muro-Pilaret del Pla (sobre Cambro-Ord./Silurià/Devonià).
- Port de Gelada (Sobre Devonià)
- Coll de Salines ( " " )
- Carena de Ventolà ( " " )

#### 2.2.6. INFLUENCIA DE L'ESTRUCTURA EN EL RELLEU.

En el modelatge pre-glacial i glacial de les altes valls de la Ribagorçana, els factors estructurals (litologia i tectònica) hi juguen un paper important.

En el traçat de la xarxa fluvial pre-glacial hi ha dues qüestions importants a tenir en compte:

Primer la direcció Nord-Sud de les dues valls principals, que, segons sembla, guarden una total independència amb l'estructura. Així, veiem que tant la Noguera Ribagorçana com la de Tor tallen perpendicularment l'estructura geològica. No s'observa tampoc que hagin aprofitat cap falla per incidir-se en el rocam. Aquest fet es pot explicar segurament per un efecte de sobre-imposició a partir dels principals rius neògens. MEY (1968) opina que aquestes vies principals de drenatge s'encaixàren en direcció - al Sud, per l'arquejament de la serralada durant la fase morfogenètica post-alpina. Aquest arquejament implicaria un basculament cap al Sud de les superfícies d'aplanament sobre les quals tingué lloc la incisió fluvial.

La segona qüestió important és la marcada coherència entre les valls tributàries de menor ordre i l'estructura geològica. En aquest cas la direcció de la majoria de valls laterals és paral·lela a l'estructura geològica

(contactes litològics, direcció de plegament principal E-W). S'ha de destacar també el dirigisme de la fracturació sobre el traçat de les valls en els terrenys granodiorítics. El bàtolit granodiorític de la Maladeta presenta importants línies de fracturació, de les quals les més destacables són les de direcció NW-SE. Conseqüentment amb aquestes fractures s'hi desenvolupen una sèrie de valls (primer fluvials, després glacials i ara altre cop fluvials), de les que la més destacable és la de Salenques. També en el sector de la Ribera de Sant Nicolau hi ha valls que segueixen el traçat d'aquestes fractures, com per exemple Murrano, Dellui, etc.

També es manifesta evident el paper jugat per aquestes fractures en la morfogènesi glacial sobre l'àrea granodiorítica. Si bé les glaceres aprofitaren les valls obertes pels rius anteriors, a les zones de circ, hom aprecia molt casos en què els llindars i les sobre-excavacions venen condicionats per línies de fractura importants en el primer cas, i per zones d'intensa fracturació on hi ha una densitat important de fractures o diàclasi en el segon.

Els exemples més vistosos d'aquest darrer fet els troben en els circs d'Anglos i Botornàs, i en la capçalera de la Noguera de Tor (Tumeneja, Travessany, Negre, Culiето).

Finalment, he de manifestar la importància de la litologia en les formes del relleu. A nivell general es confirma l'existència de barres i parets rocoses coincidents amb les litologies més dures (roques cristalines, calcàries massives, barres de quarsites); en molts casos aquests nivells durs constitueixen llindars rocosos importants en la morfogènesi glacial (Forcat, Cardet). A la vegada, les litologies pissarenques condicionen relleus

més suaus (cubeta de Vilaller i vessants de les rodalies). Aquest fet de l'erosió diferencial és molt clar als voltants del Tor i de Pont de Suert, on els materials tous de la Formació Pont de Suert (margues del Keuper) donen relleus suaus amb turons arrodonits en els quals destaquen les bārres dures de calcàries i d'ofites.

### 2.3. CRONOLOGIA DE LES PRINCIPALS FORMES DEL RELLEU DE LES ALTES VALLS DE LA RIBAGORÇA

A títol de resum dels diferents tipus de modelatge analitzats en aquest capítol, voldria fer les següents constatacions.

Si hom analitza el relleu d'aquestes valls a gran escala, els fets més ostensibles són l'existència de dues valls principals, de direcció Nord-Sud, on l'estretor i els vessants redreçats destaquen enormement de l'amplada de les capçaleres. En elles, els grans amfiteatres coronats per retallats crestalls són plens de petits estanys i estanyols. Cap al Sud, aquestes valls profundes s'eixamplen i les baixes carenes que les voregen donen un relleu suau que contrasta fortament amb l'interior.

En funció dels diferents tipus de modelatge existents en aquestes altes valls, hom pot establir la següent cronologia.

#### 2.3.1. EL RELLEU PRE-GLACIAL

Resulta difícil de trobar indicis d'una morfologia "antiga", atribuïble a una etapa que es situaria entre la fi del plegament pirinenc i l'inici de les glaciacions quaternàries. A grans trets però, és evident l'existència de restes de nivells d'aplanament; la majoria d'aquests es troba entre els 2.000 i els 2.700 metres, alguns dels quals són de dubtosa interpretació. Sobre aquestes superfícies pre-glacials va encaixar-se una xarxa fluvial antecedent, en part dirigida per l'estructura geològica, que ha anat configurant les actuals valls fins als nostres dies.

### 2.3.2. EL RELLEU GLACIAL

Les glaceres de vall que s'instal·laren durant el quaternari al Pirineu Ribagorçà aprofitaren les valls fluvials pre-existents produint un eixamplament del fons de vall i un redreçament dels vessants. A les capçaleres s'hi modelaren importants circs glacials, on es produïren, en alguns casos, espectaculars sobre-excavacions. Cal destacar també, com a efecte morfogenètic d'aquest període, la sedimentació sobre els vessants i els fons de vall de materials glacials i també glàcio-fluvials i glàcio-lacustres en algunes ocasions. La dificultat d'establir diferents períodes o fases glacials a partir de l'anàlisi geomorfològica és un fet remarcable que serà tractat en posteriors capítols.

Durant els temps pleistocens, malgrat que la morfogènesi glacial va ésser la principal protagonista de les accions modeladores de les muntanyes ribagorçanes, cal no oblidar que els gels no cobrien pas en tota la seva extensió la conca estudiada. Així doncs, a les capçaleres de les valls, les crestes i els "nunataks", i les restes de les altes superfícies d'aplanament sobresortien del "mar de glaç" tot essent sotmesos a unes dures condicions periglacials. Aquestes fóren molt probablement més intenses que les que s'hi manifesten a l'actualitat, i cal pensar, per comparació amb la dinàmica actual, que eren protagonitzades per gelifraccions a les zones de roca nua i per gelifluxions i crioturbacions als indrets coberts per sòls i formacions superficials. A les zones més baixes, on els vessants no arribaven a quedar coberts per les llengües glacials, les dures condicions climàtiques existents generaren importants acumulacions de dipòsits periglacials, constituïts essencialment per gelifractes englobats en una matriu argilosa que contribuïren a regularitzar els

vessants. Als sectors propers a Llesp i a Vilaller, hom en troba importants restes.

Amb la retirada total o quasi total de les glaceres quaternàries, hi ha un fet important que es manifesta a la majoria de circs de l'àrea estudiada. Es tracta de la gènesi d'unes formacions constituïdes per grans acumulacions de blocs, i situades a cavall entre els processos purament glacials i els periglacials, anomenades glaceres rocoses. Aquestes formacions marquen el final dels temps glacials pleistocens.

### 2.3.3. EL RELLEU POST-GLACIAL.

La continuïtat i generalització de les accions periglacials, conjuntament amb les nivals i les torrencials, configuren la morfogènesi d'aquest sector del Pirineu, des de la retirada total de les glaceres pleistocenes fins a l'actualitat.

Els processos periglacials i nivals, més ben representats als sectors més elevats, contribueixen a degradar de forma lenta però continuada les formes glacials heretades de l'etapa anterior. D'altra banda, l'elevada energia de les aigües torrencials dels rius ribagorçans retreballen la majoria dels materials glacials, destruint-los en part i, a la vegada, construint nombrosos cons de dejecció a les confluències dels torrents de les conques laterals amb les valls de Barravés i de Boí. Cal indicar les importants incisions produïdes per aquestes aigües torrencials en els sediments glacials i fluvials de l'etapa anterior.

Finalment, un altre exponent de l'evolució post-glacial d'aquestes terres ve donat per l'existència de

nombrosos ambients lacustres, de reduïdes dimensions.  
Aquests llacs omplen cubetes producte de l'erosió glacial,  
i en ells hom hi troba un bon registre del Quaternari més  
recent.