

FORMES I MODELATS GLACIALS I PERIGLACIALS AL PIRINEU ORIENTAL

Antonio Gómez Ortiz *

Rebut: març de 1981

SUMMARY

Glacial and periglacial forms and modellings of the Eastern Pyrenees

This is a geomorphological study of the river Segre's upper section, including the mountains of Calmquerdós, Tossa Plana de Lles and Port Negre, situated between the valleys of the rivers Valira and Querol (Eastern Pyrenees). The morphogenetic dynamics of quaternary glacialism have been noted, clearly distinguishing two glacial episodes: one main impulse corresponding with the moraines farther away from the cirques'heads, and a minimal extension reflected by the rock glaciers fixed in the glacial basins.

The past action of the periglacial morphoclimatic system has also been discussed, marking the importance that it had in the remodelation of the glacial forms and the slopes below.

The paper closes with the study of the actual geomorphological dynamics operating in the supraforestal levels of the mountains in the upper part of the river Segre's Valley. A special attention has been taken in emphasizing the periglacial action on the spatial distribution of the various modellings that give form to those levels.

Aquest treball s'ha d'incloure dins del context de la geomorfologia climàtica i és un estudi centrat en la morfodinàmica que dugueren a terme les glaceres quaternàries i en el remodelat que va comportar el règim periglacial immediat a la retirada d'aquelles. S'ha tractat també l'actual dinamisme periglacial en els modelatges que afecten els espais supraforestals; l'alternança del gel-desgel en el sòl és el factor primordial que regeix, gairebé sempre, l'evolució morfològica dels vessants,

dels altiplans summitals i de les concaivitats dels antics circs; totes elles són unitats que configuren l'orografia d'aquest extrem d'alta muntanya del Pirineu Oriental.

I. INTRODUCCIÓ GENERAL

1. Característiques geogràfiques del marc natural

L'estudi realitzat s'emmarca en el con-

* Departament de Geografia. Facultat de Geografia i Història. Universitat de Barcelona. Zona Universitària de Pedralbes. 08028 Barcelona.

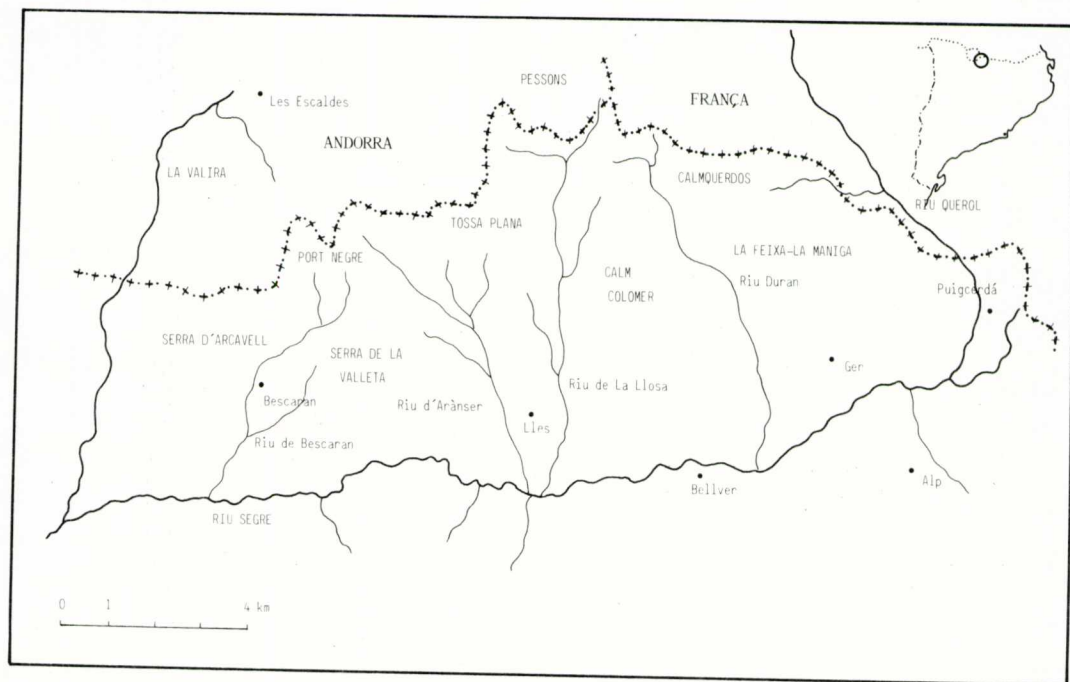


FIG. 1. Situació geogràfica.
Geographical situation.

text del Pirineu català, concretament en el contrafort nord de la depressió intramuntanyosa de l'Urgellet-Cerdanya. Aquest marc geogràfic, l'alt vessant dret del Segre, presenta característiques fisiogràfiques ben definides, que condicionen, en gran manera, les activitats econòmiques dels seus habitants (fig. 1).

El contrafort nord, amb una orientació al migdia, té altituds properes als 3.000 m (puig Pedrós, 2.911 m; Tossa Plana de Lles, 2.898 m; pic d'Envalira, 2.815 m) i això motiva que les condicions climàtiques imposin una cobertura vegetal pròpia de l'alta muntanya mediterrània i, afegint-hi els amplis altiplans d'origen terciari que coronen aquestes serralades, explica que l'explotació forestal i la ramaderia siguin els principals recursos econòmics de la gent de la muntanya.

El modelatge originat per les glaceres quaternàries és, tanmateix, una característica de l'alt vessant dret del Segre. Des del Valira fins al Querol, tots els massissos que integren la serralada presenten, pel damunt dels 2.200 m, l'acció pretèrita de les glaceres, identificable tant per les formes d'erosió com per les d'acumulació.

En aquests medis supraforestals és on la vegetació de gramínies (associació *Pumileto-Festucetum-supinae*, J. Braun-Blanquet 1948), domina el paisatge, alternant, en els llocs amb aigües estancades (torberes, mulleres), amb agrupacions higròfiles (*Carex flava*, *C. fusca*, *Sphagnum*). Actualment, on les condicions climàtiques hi són favorables (acció del vent intensa, cicles de gel-desgel repetits, mantell nival poc permanent, etc.), la cobertura vegetal és molt discontinua i afavoreix la creació i el desenvolupament dels processos periglaciàls.

Al dessota dels esmentats 2.200 m, tant la morfologia com la vegetació i el clima experimenten canvis importants. Les formes del relleu es caracteritzen per una sèrie de serres amb forts desnivells, entre les quals els cursos d'aigua passen fortament encaixats fins a arribar al Segre. No hi manquen, però, els petits replans erosius aprofitats per a l'agricultura i on es troben els nuclis de població. Tots aquests vessants, amb substrats litològics diferents, tenen paquets més o menys potents d'esbaldregalls, amb una gènesi que recorda una acció periglaciàl heretada, sobre

els quals ha crescut el bosc subalpi de coníferes (*Pinus mugo* ssp. *uncinata*, *P. silvestris*) i també frondosos boscos de caducifolis.

2. L'organització morfològica dels vessants

Des de la línia de cims i fins al llit del Segre, l'organització espacial de l'alt vessant de la vall es caracteritza per les grans formes del relleu que es poden definir globalment com un conjunt de nivells quasi horitzontals a distinta altura, entretallats transversalment pels rius tributaris del Segre.

Sembla que tot aquest mosaic de modelatges orogràfics que defineixen aquesta part meridional dels Pirineus té el seu origen en el relleu heretat de finals del Terciari, sobre el qual els diversos sistemes morfogenètics quaternaris, dirigits pel relleu preexistent, han modelat les formes actuals. D'aquesta manera, hom pot dividir l'espai geogràfic en les grans unitats morfològiques següents:

A) Les superfícies d'aplanament d'alta muntanya.

B) Les valls transversals collectores.

C) Els contraforts en contacte amb el curs del Segre.

Només es tractaran les dues primeres, ja que constitueixen l'espai geogràfic en el qual és situat aquest treball.

2.1. Els valor orogràfic de les superfícies d'aplanament d'alta muntanya

Des de la cota dels 2.050 m fins a les altituds màximes, l'organització espacial del vessant dret del Segre queda resolta amb una successió de dos nivells d'aplanament, separats per un talús erosiu i compartimentats per una densa xarxa torrencial. A causa del seu origen, del comportament durant les glaciacions, de les altituds a què es troben i de la dinàmica diferent que els modela actualment, són objecte d'una divisió molt clara:

A) Superfícies summitals supraforestals.

B) Superfícies subsummitals.

La gènesi d'aquests aplanaments, especialment el summital, ha estat tractada per diferents especialistes que hi han vist restes d'antigues superfícies d'erosió, proba-

blement miocèniques, aixecades per moviments tectònics i compartimentades per fractures d'origen alpí (BIROT, 1937; SOLÉ SABARÍS & LLOPIS LLADÓ, 1947; NUSSBAUM, 1946; VIERS, 1961-1963).

L'altura mitjana dels aplanaments summitals és molt constant, 2.700 m, i marquen sempre la línia màxima dels cims. Hi ha trossos força extensos a tot el llarg de la línia fronterera hispano-franco-andorrana, com el planell de Calmquerdós, el del Calm Colomer, el del Calm Burrut-Calm de Claror, etc. (taula I). Actualment constitueixen unes extenses zones planes on els fenòmens periglaciàrics arriben al seu màxim desenvolupament a causa de la discontinuïtat de la cobertura vegetal i de la freqüència de la presència de cristalls de gel en el sòl per l'efecte crioeòlic. La seva morfologia es pot resumir en:

a) Antigues plataformes quasi horitzontals amb un desenvolupament indiferent quant a estructures i litologies, limitades per parets dels circs amb pendents superiors als 35° reblerts per *rock glaciers*.

b) Es troben coronades per monòlits rocosos, *tors*, que evidencien una gelifracció intensa subactual i encara mantinguda avui en dia.

c) Grans quantitats de blocs mètrics, disposats a manera de macroenllosats.

d) Presència de camps de figures periglaciàrics geomètriques heretades.

e) Escàs desenvolupament del prat alpí mesohigròfil, com a conseqüència de l'acció del gel en el sòl i del vent del NW.

f) Efectivitat de la dinàmica periglaciàrica actual.

Les superfícies subsummitals es localitzen a una altura mitjana de 2.050 m. La seva extensió espacial és molt considerable al marge dret del Segre, i constitueixen unes unitats orogràfiques ben delimitades pel fet que es troben a continuació del talús erosiu del nivell summital, i presenten, en trams molt llargs, un entapissat dens de material morrènic.

La gènesi i datació d'aquests replans tampoc no ofereixen un criteri unànimement entre els investigadors, perquè el seu desenvolupament va lligat estretament al nivell superior. Mentre que VIERS (1961, 1963, 1968, 1973) i SOUTADÉ (1980) el daten com del Pliovillafranquià, BOISSEVAIN (1934) i SOLÉ SABARÍS & LLOPIS LLADÓ (1947) el donen com a Pontià. Nosaltres opinem que els nivells subsummitals, o també denominats com «de fons de circs», han estat

TAULA I. Restalls de plataformes summitals.
Summit platform surfaces remains.

Paratge	Orientació dominant	Naturalesa del substrat	Altitud màxima i mínima (m)	Altitud mitjana (m)	Valor mitjà pte (°)	Longitud i amplada (km)	Superfície aproximada (Ha)
Calm Burrut Calm Ramonet ¹	WSW	Pissarres pelítics	2.666 2.490	2.500	14	2,5 0,7	100
Planell de la Valleta	SSW	Micasquists	2.761 2.450	2.550	7	3 0,2	81
Tossa Plana de Lles	SSW	Granodiorita	2.905 2.600	2.750	16	3 1,6	93,75
Calm Colomer	ESE	Micasquists	2.734 2.500	2.650	12	2,6 0,7	168,75
Planell de Calmquerdós	ENE	Granodiorita	2.911 2.500	2.700	8	4 1,5	425

1. Calm Ramonet i Calm Burrut són una part de la franja summital fronterera amb Andorra. La resta d'aquesta estreta plana, Calm de Claror, fora d'aquest estudi, ocupa una extensió aproximada de 81,25 Ha.

TAULA II. Retalls de replans subsummitals fossilitzats per morrenes.
Sub-summit plantation surfaces remains under moraine deposits.

Replà	Orientació dominant	Altitud màxima i mínima (m)	Altitud mitjana (m)	Longitud i amplada (km)	Superfície aproxim. (Ha)	Desnivell summittal subsumm. (m)	Disposició del material morrènic	Substrat litològic
La Màniga-La Feixa	SSE	2.000-2.250	2.180	4,5 2,2	675	500	Lòbuls coalescents <i>pièdmont</i>	Aurèola metamòrfica (micacites)
Cap del Rec	S	1.950-2.200	1.950	3,1 1,5	375	650	Mantell de garlandes coalescents	Granodiorites
Prat Miró	E	1.900-2.100	1.960	2,2 1,0	188	450	Mantell de garlandes coalescents	Granodiorites

TAULA III. Retalls de replans subsummitals sense material d'origen glacial.
Sub-summit plantation surfaces remains without glacial moraine cover.

Replà	Orientació dominant	Altitud màxima i mínima (m)	Altitud mitjana (m)	Longitud i amplada (km)	Superfície aproxim. (Ha)	Desnivell summittal subsumm. (m)	Formacions superficials	Substrat litològic
Pla de Salades-pelat de Tallendre	S	2.350-2.150	2.230	1,5 0,3	75	470	Arrossegalls de vessant que allotgen microformes geomètriques funcionals periglacials	Contacte entre pissarres ordovicianes i calcàries devonians
Pla de les Pines-pla de Font d'Aristot-pla de Lles	S	2.181-1.950	2.100	5,7 0,4	250	480	Espessos paquets de col·lisions periglacials	Calcàries massisses del Devonian
Pla de les Lloses-pla de Caborreu	S	2.249-2.100	2.200	4,5 0,4	193,75	400	Lòbuls de geliflució i depressions càrstiques	Calcàries massisses devonians

el resultat d'interaccions neotectòniques i morfogenètiques complexes esdevingudes en la transició Terciari-Quaternari, període geològic encara mal conegut. La sèrie de dipòsits detrítics d'origen torrencial, *pie-d-monts* alluvials, que es troben a les vores de la Cerdanya marquen una acció erosiva intensa, coetània, probablement, als moviments lents de subsidència de la cubeta cerdana. Aquest fet planteja fins a quin punt el replà subsummital no podria ésser la continuació del summital, com es pot veure a les carenes de les serres de Calm Colomer o de la Valleta.

El motiu que en altres indrets la morfologia no sigui així (la Feixa-la Màniga, cap de Rec, prat Miró) és degut, probablement, a la pròpia dinàmica glacial. En aquests trams, s'hi troba un important graó rocós que separa el nivell summital del subsummital, que coincideix amb la sèrie de circs que el retallen i que hom relaciona amb antigues conques que delimiten les vores de la cubeta cerdana. El problema de les superfícies subsummitals és difícil i la polèmica encara és viva, i això obliga a no donar per conclòs el tema.

Des del punt de vista morfològic els replans subsummitals poden dividir-se atenent la forma de continuïtat dels vessants cap a nivells superiors i la cobertura de materials dipositats al damunt. Així seria:

a) Replans limitats per conques glacials i fossilitzats per morrenes.

b) Replans amb enllaç regular amb els seus vessants i sense material d'origen glacial.

Un esquema de tots ells es pot veure a les taules II i III.

2.2. *Les valls transversals collectores compartimenten el relleu*

L'alt vessant del Segre, des del Querol fins al Valira, és solcat per quatre artèries principals, disposades perpendicularment; és a dir, amb un recorregut nord-sud. Són, d'orient a occident, les valls del Duran, la Llosa, Arànsér i Bescaran. La disposició transversal que presenten ha provocat que l'ordenació dels replans d'erosió, que caracteritzen el conjunt d'aquests vessants, es presenti compartimentada i a diferents altituds pel fet que el trajecte de les esmentades valls ve condicionat, en gran manera, per fractures antigues, reactivades probablement com a conseqüència de

l'orogènia alpina. Es tractaria, doncs, d'una xarxa fluvial jerarquitzada des de temps pre-glacials, atès que el relleu heretat del Terciari no diferia gaire de l'actual, i dirigia, en tot moment, la instal·lació del glacialisme.

La morfologia general que presenten les valls collectores ve del fet que, mentre les capçaleres varen sofrir l'acció modeladora del glacialisme, les parts més allunyades varen estar dominades per sistemes d'erosió diferents. Això permet de parlar de valls glacials als sectors més septentrionals i de valls fluvials als altres sectors més meridionals (fig. 2).

Una altra de les característiques que defineixen aquestes valls és l'estretor i la dissimetria de la majoria d'elles. Totes presenten un fort encaixament i ruptures del pendent considerables, fets que han dificultat la permanència de morrenes en trams molt continuats. L'estretor i la dissimetria també han provocat que els modelatges ofereixin contrastos, motiu que s'ha de buscar en la varietat litològica i en la seva disposició estructural. En aquest aspecte cal referir-se a la configuració de la vall del Duran. La seva part més alta és excavada en les pissarres i els esquists cambroordovicis amb cabussament al NE, motivant que la inclinació dels pendents sigui diferent, com les formes que s'hi modelen, ja que mentre en els occidentals dominen els esbaldregalls per descens en massa, en els orientals aflora majoritàriament el substrat i els esbaldregalls de gravetat.

II. MODELATGES HERETATS: LA DINÀMICA GLACIAL I PERIGLACIAL

La morfogènesi esdevinguda a causa de les crisis climàtiques quaternàries es manifesta a l'actualitat en relleus heretats, sense cap funcionalitat. És per això que hom hauria de parlar d'una dinàmica glacial i periglacial passades.

El glacialisme a l'alta vall del Segre tingué un desenvolupament molt restringit per les causes que hom veurà tot seguit. Altrament va succeir amb el periglacialisme, ja que la seva repercussió en el modelatge ha estat molt important en l'espai i en el temps. Aquest últim sistema morfoclimàtic és el responsable de la fesomia actual dels vessants de l'alta muntanya pi-

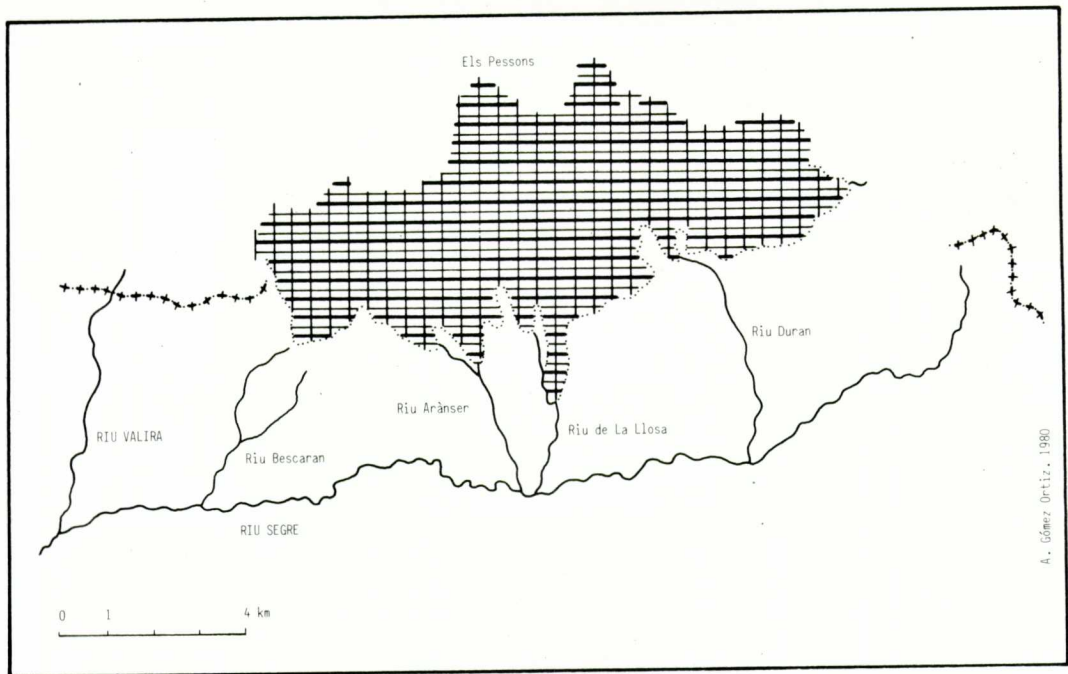


FIG. 2. Màxima extensió probable del glaç quaternari al vessant dret de la vall del Segre. Probable maximum extension of Quaternary glaciation in the middle right versant of Segre Valley.

rinenca, coberts, en la major part dels casos, per paquets d'esbaldregalls fixats per una vegetació arbòria o arbustiva.

1. La dinàmica morfogenètica glacial quaternària va restar circumscribida a l'interior de la muntanya

El glacialisme de l'extrem oriental de la serralada pirinenca romangué limitat al nucli axial. De totes les glaceres estudiades sols la del Querol va aconseguir arribar fins a la cubeta de la Cerdanya, i això a causa de les dimensions de la seva conca d'alimentació. De les restants, la glacera més llarga fou la de la Llosa amb 12,2 km, amb el front estabilitzat a 1.240 m d'alçada i a 4,8 km del curs del Segre (fig. 3).

Tot un seguit de circumstàncies expliquen l'escàs desenvolupament de les glaceres. Sens dubte, l'orientació meridional va condicionar una important insolació que degué ser la causa d'una ràpida fusió nival i va situar el límit de les neus permanents al voltant dels 2.150 m d'altura.

Els fluxos humits responsables de les precipitacions nivals procedien del nord; la barrera orogràfica interposada en aquesta direcció per l'alineament muntanyós de Port Negre-Tossa Plana de Lles-Calmquerdós va condicionar una feble repercussió d'aquelles al vorell nord de la Cerdanya i l'Alt Urgell. Per a les pertorbacions d'origen mediterrani l'eix Cadí-Moixeró-Tossa d'Alp-Puigmal va actuar igualment com a barrera, i situà el conjunt de la Cerdanya sota condicions climàtiques de precipitació mitjana, respecte a les regions limítrofes.

La disposició del relleu va afavorir, malgrat tot, el fenomen de sobrealimentació nival, atès que dominaren els vents del quart quadrant. Així i tot, l'emmagatzemament de neu degué ésser poc important, donats la petitesse de les conques receptors i el fet de presentar-se individualitzades, sense colls importants que les possessin en contacte. Tots els factors esmentats d'orientació, relleu i climàtics permeten de caracteritzar les glaceres del Pirineu oriental com a «glaceres de muntanyes seques» (TAILLEFER, 1969).

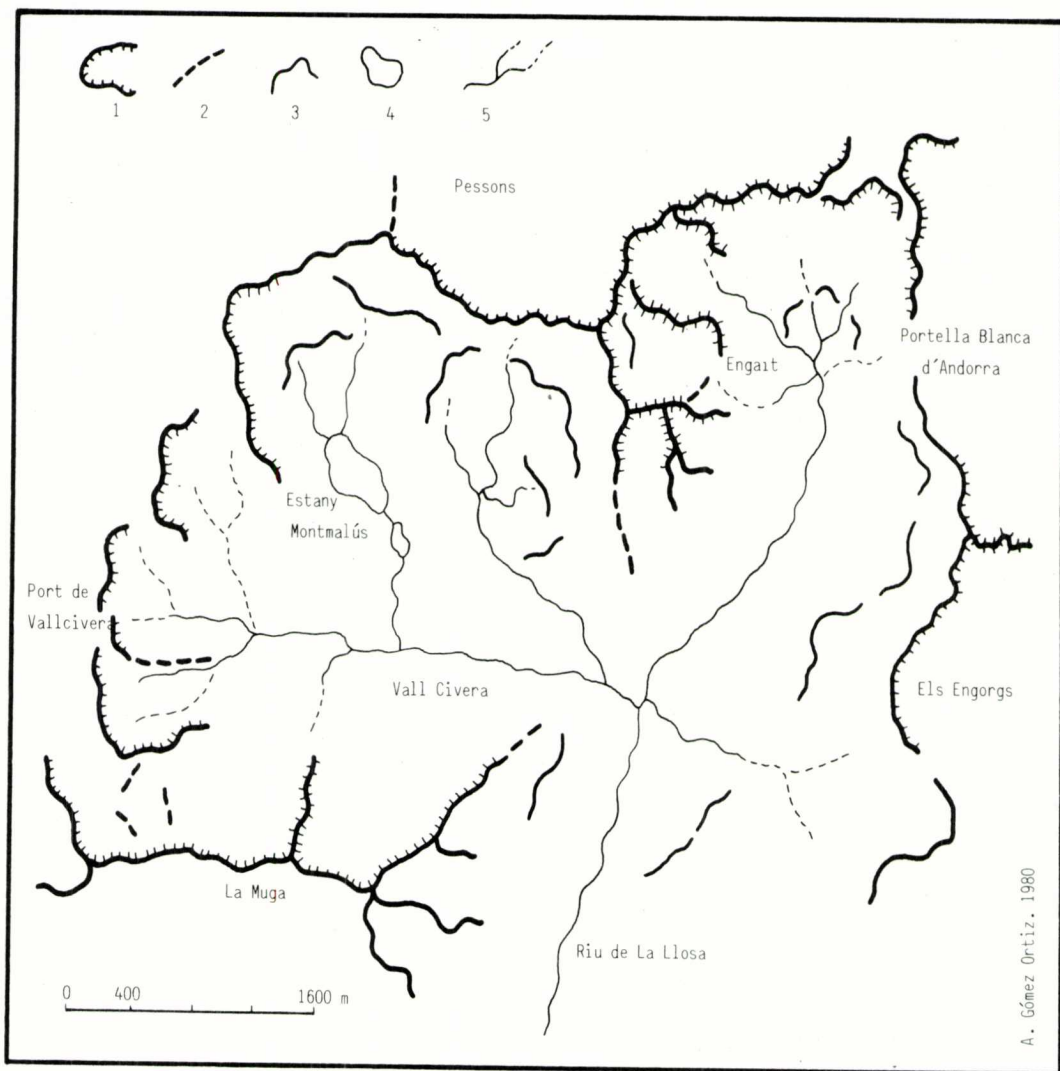


FIG. 3. Capçalera de la gelera de la Llosa. 1, Circ. 2, Aresta rocosa. 3, Llindar rocós. 4, Cubeta de sobreexcavació (estany). 5, Xarxa de drenatge.
De la Llosa Glacier head. 1, Cirque. 2, Ridge crest. 3, Rock threshold. 4, Overdeepened basin (lake). 5, Drainage network.

2. El relleu pre-glacial va dirigir la dinàmica morfogènica del glaç

Des dels temps pliovillafranquians, el relleu del Pirineu oriental va quedar plenament configurat, amb una organització jerarquizada de la xarxa fluvial. Els grans trets de la distribució del relleu consistiren en un graonament de superfícies d'erosió solcats perpendicularment pels cur-

sos fluvials. Els dos replans d'erosió més enlairats, a 2.700 i 2.200 m (nivells summital i subsummital, respectivament), van conèixer l'acció directa del glacialisme, en situar-se més amunt del nivell de les neus permanents.

La disposició del relleu va motivar que les glaceres s'installessin, sobretot, a les valls collectores principals i a les restes de superfícies planes d'erosió. Així, els cur-

sos fluvials amb les capçales situades més amunt de la línia de les neus permanents varen ésser ocupats per glaceres de vall: aquest fou el cas, per exemple, de l'Arànser i del Duran; mentre que les restes d'altiplans summitals acolliren extensions més o menys importants de glaç amb les característiques de glaceres de plataforma.

No obstant el predomini dels dos tipus principals de glaceres, abans esmentats, n'hi va haver també d'altres menes. A les conques torrencials dels nivells més alts dels vessants, el glaç va donar lloc a un glacialisme de tipus pirinenc en formar tot un seguit de glaceres penjades; algunes, amb una curta llengua, connectaren amb les glaceres collectores principals: les de Colomer i la Muga, en són un exemple. N'hi va haver d'altres, però, que per la poca altitud o la petitesa de la conca d'alimentació, rebliren només concavitats isolades a les parts més altes dels vessants com el clot de Tallendre, el clot de Turer o el clot de Font Brunella.

Finalment, sobre els dos nivells d'erosió, la dinàmica del glaç va donar lloc al que denominem glaceres mixtes, perquè en la seva gènesi participen de la dinàmica de les glaceres de vall i de les de *pedmont*. Varen formar-se a partir de les conques torrencials que connecten els nivells summital i subsummital. El glaç que en descendia dipositava la seva càrrega sobre l'altiplà dels 2.200 m i formava un mantell rocós semblant a les morrenes de les glaceres de *pedmont*. Aquest glacialisme mixt ocupa una notable extensió a l'alt Segre, on gairebé tots els nivells d'erosió situats entre 2.000 i 2.200 m presenten aquesta dinàmica de la qual són testimonis el seguit de concavitats glacials coalescents i el caos morrènic, estès a partir de llurs bases. Els complexos glacials de Malniu-Guils i de la Tossa Plana de Lles són força il·lustratius.

Resumint, les varietats d'aparells glacials que hem distingit són les següents:

A) *Petites glaceres de plataforma*. Desenvolupades sobre els replans summitals. Els principals es trobaren a:

Planell de Calmquerdós;
Planell de Calm Colomer;
Altiplà del Massís del Port Negre.

B) *Glaceres de vall de tipus alpí*. Ins-

tallades al llarg de les valls collectores. Així ho feren:

Glacera del Duran;
Glacera de la Llosa;
Glacera d'Arànser;
Glacera del Bescaran.

C) *Glaceres del tipus pirinenc*. Esculpides a les parts més enlairades dels vessants. D'entre elles, cal distingir dos subgrups:

1) *Glaceres de circ*. Quan la seva activitat es va limitar a la concavitat glacial. Es desenvoluparen indistintament sobre litologia granítica i esquistosa. Els principals aparells foren:

En els medis granítics: forat del Bou i coma Pregona;
En els medis esquistosos: clot de Turer, clot de Font Brunella i clot de Tallendre.

2) *Glaceres de llengua petita*. Quan la seva activitat s'estenia uns centenars de metres més enllà de la conca d'alimentació. Les principals foren:

Glacera de Colomer;
Glacera de la Muga.

D) *Glaceres mixtes*. Així denominades per presentar caràcters de les anteriors. Modelaren el replà subsummital i el talús contigu superior. Les més importants varen formar:

Complex glacial de Malniu-Guils;
Complex glacial de la Tossa Plana de Lles;
Complex glacial de clot de la Barra-clot de l'Orri de Cadell.

3. Els caràcters estructurals i litològics varen generar modelatges diferents

El glacialisme i el periglacialisme de l'alt Segre tingueren un comportament diferent en relació al rocam i a la seva estructura. La dualitat litològica present en els relleus més enlairats, granit enfront d'esquistos o pissarres metamòrfiques, va ésser la causa de les diferències de modelatge pel glaç.

Damunt d'estructures granítiques, les formes d'erosió, i també les d'acumulació, són més enèrgiques. Les línies de fractura i les principals xarxes de diàclasis han dirigit gairebé tota la tasca modeladora del glaç. El predomini de les direccions NW-SE i NE-SW en els eixos de deformació tectònica, explica no tan sols la distribució dels circs, cubetes de sobreexcavació i llindars rocosos, sinó, també, llur orientació. Se'ns ofereixen bons exemples en l'organització de les formes en els sectors de l'Illa-Montmalús i en els dels Engorgs, en els quals els llacs, mulleres i ruptures de pendent coincideixen amb línies de fractura o amb interseccions de diàclasis disposades ortogonalment.

La qualitat massissa del granit és un factor a considerar nel que fa al volum dels clasts alliberats. En tractar-se d'una roca cristal·lina, la gelifracció ha pogut actuar solament a les zones de fractura o de discontinuïtat estructural, a escala de la roca o de tot l'edifici rocós. El resultat de l'acció selectiva dels cicles glaç-desglaç ha estat l'alliberament de fragments de roca sempre de magnituds considerables, sovint mètriques, mentre que el volum de granulometries més fines, com a màxim graves i sorres, és molt poc important i gairebé tot procedent de la fragmentació dels blocs individualitzats.

Quan es tracta d'estructures pissarrenques o esquistoses, presents a les roques metamòrfiques, el modelatge esdevé més suau, menys vigorós. L'alta densitat d'estratificació i l'esquistositat han facilitat la destrucció del rocam i la formació de masses importants de fins, argiles i sorres principalment. L'abundor d'aquest material detrític explica la profusió d'esbaldregalls de vessant i la manca d'energia dels dipòsits morrènics, així com l'amplitud de la base dels circs i el pendent menor de les seves vores. Pel que fa als circs, el cabussament dels estrats paleozoics és una dada important a l'hora d'explicar les formes que hi són presents. El conjunt dels estrats es cabussa cap al NE; això fa que aparegui una dissimetria en els aparells glacials, visible sobretot a les capçaleres, segons siguin orientats a llevant o a ponent. Els clots de Turer i de Font Brunella, tots dos al vessant oriental de la serra de Calm Colomer, palesen una altra forma de dissimetria. Així, les vores d'aquests circs mostren formes diferents en els trams orientats al sud, que forneixen vo-

lums importants d'esbaldregalls, i en els d'orientació nord on es generen colades de pedres i lòbuls de solifluxió. Aquestes diferències de formes no són el resultat d'una diversitat climàtica, fruit de l'orientació, sinó que es deuen principalment a la disposició estructural ja que mentre els límits nord dels circs s'inscriuen en els fronts de cabussament dels estrats, els meridionals se situen en els reversos, és a dir, que són tallats seguint llur inclinació.

4. En el conjunt de dipòsits morrènics s'observen clarament dos episodis glacials

La càrrega alliberada per les glaceres de l'alt Segre configura ben clarament dos tipus de morrenes, diferenciades tant pel que fa a llurs característiques morfològiques i petrogràfiques com per la distància que les separa de les capçaleres dels circs. Les més allunyades, testimoni de l'empenya màxima visible de les glaceres, es fixen a les valls i als límits més exteriors del replà subsummital. Intentant una correlació amb el glacialisme alpí poden datar-se al Würm. El segon episodi, denominat «glacialisme d'alçada», roman inscrit a l'interior dels circs, pel damunt dels 2.400 m; no hi ha dubte de la independència entre aquesta i la fase de màxima extensió, i així ho demostren el grau d'alteració dels minerals i la morfometria dels clasts. Aquesta fase d'extensió mínima del glacialisme se situa, cronològicament, al Tardiglacial.

Entre les morrenes més allunyades i aquelles que se situen a l'interior dels circs, apareix un seguit d'arcs morrènics intermedis que hom interpreta com a testimonis d'episodis epiglacials, traduïts en avenços i retrocessos de les masses de glaç. El nombre d'arcs varia d'una glacera a l'altra; així, en el complex glacial de Malniu-Guils n'apareixen quatre a l'extrem oriental, quatre també a la vall del Duran i solament tres a les de la Llosa i Setut.

En els treballs de camp realitzats, hom no ha trobat, fins al present, dipòsits morrènics atribuïbles a glaciacions pre-würmianes com els que han estat localitzats a la vall del Querol. Això no vol dir que aquelles glaciacions no hagin existit, ben al contrari, és segur que hi van ser presents, però els seus resultats no apareixen

clarament en aquest sector meridional del Pirineu oriental. L'àrea, l'estudi de la qual podria, si més no, donar llum sobre aquesta qüestió, és la vall del Duran als voltants de Meranges i Girul; així ho sembla en observar-ne la morfologia i els dipòsits d'acumulació. El fet de no haver trobat restes morrèniques pre-würmianes a les glaceres estudiades podria ser degut als factors següents:

a) El glacialisme va restar arraconat a l'interior dels massissos dipositant les morrenes a valls estretes.

b) L'activitat erosiva de les aigües post-glacials degué ser molt efectiva i va provocar la destrucció o fossilització de les morrenes dipositades prèviament.

c) La dinàmica periglacial, successora del glacialisme degué produir volums importants de dipòsits de vessant, capaços d'amagar les formes glacials.

Aquestes consideracions, que semblen raonables dins l'àmbit de les valls, no ho són tant pel que fa als altiplans subsummitals, ja que ni els pendents ni la topografia són iguals i, amb tot, les formes i el grau d'alteració dels blocs morrènics són poc diferents dels que es troben a les valls. Aquest fet porta a una nova hipòtesi de treball: ¿pot ser que, per aquesta zona de l'alt Segre, la glaciació würmiana fos més important i intensa que l'anterior, amb la qual cosa hauria fossilitzat o destruït les morrenes preexistents? La qüestió, certament, és polèmica i encara més si hom té en compte que la major part dels autors coincideixen en el fet que la glaciació Riss va ser la més intensa. La nostra hipòtesi sembla poder-se confirmar a les glaceres de vall d'aquesta part del Pirineu mediterrani però, pel que fa a les glaceres de tipus mixt, les dels altiplans summitals, es plantejen certes dificultats que, fins al present, hom no ha pogut escatir.

Els dipòsits morrènics corresponents al màxim avanç de les glaceres apareixen fossilitzats per la vegetació; entapissats, la major part, per bosc de coníferes. Els *Pinus silvestris*, *P. mugo* ssp. *uncinata* amb sotabosc de *Genista purgans*, *Rhododendron ferrugineum* i *Vaccinium myrtillus*, els cobreixen fins a cotes relativament altes, 2.300 m, per sobre dels quals aquests dipòsits morrènics esdevenen confusos quan van apareixent el que hom denomina glaceres rocoses tardiglacials.

Presenten una morfologia de lloms de relleu suau inscrits al fons de les valls o de mantells detrítics gruixuts recobrint el replà dels 2.200 m. Tots els blocs són subangulosos i els minerals apareixen molt poc alterats; pel cap alt s'aprecia una lleugera descomposició a la part més superficial de les roques que afecta l'ortosa i la mica del granit i fa que les sorres mostrin un cert grau d'oxidació. Quan es tracta de clasts de pissarra, la morfologia de les morrenes és més suau i la formació mineral molt rica en fracció fina, l'alteració de la qual es fa palesa en l'alt grau d'oxidació que presenta.

Per sobre dels 2.400 m, les restes morrèniques presenten característiques molt diferents. La formació clàstica s'allotja a les parts més altes de les concavitats glacials i prenent formes lobulades i de garlandes; són les glaceres rocoses (SERRAT, 1979). Llur formació indica un canvi climàtic important: un règim de fred intens però amb precipitació escassa. Sota el punt de vista morfogènic és un període que se situa a la transició del glacialisme al periglacialisme. L'aparició d'aquestes formes tardiglacials respon a la coincidència en l'espai i el temps d'un seguit de factors. Aquests són:

a) Presència d'una cornisa rocosa important. («L'efecte de paret» de SOUTADÉ, 1980.)

b) Un substrat friable i de litologia massissa.

c) Una concavitat de base ampla i amb una certa inclinació.

d) Presència de cicles glaç-desglaç ininterromputs.

e) Una orientació resguardada dels raigs solars.

Actualment les glaceres rocoses no són funcionals i sofreixen una progressiva fossilització. A les parts més inferiors hom observa com la vegetació pionera (*Juniperus communis*, *Genista purgans*) comença a colonitzar-les; alhora, les parts més altes van sent recobertes pels materials procedents de les parets que les envolten fornits, principalment, per crioclàstia. Els blocs que componen les glaceres són tots angulosos, sense alteració en els seus minerals i amb un baix percentatge de matriu car aquesta s'escola pels buits entre blocs, arrossegada per les aigües de fusió nival (fig. 4).

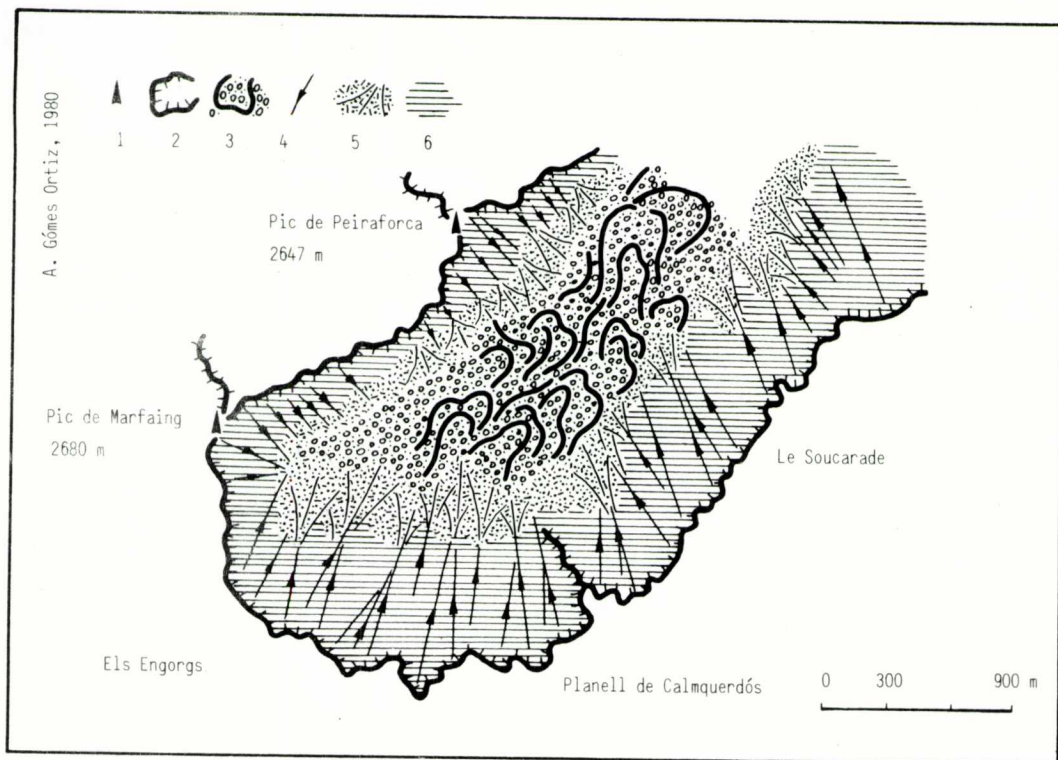


Fig. 4. Modelatges de la Coma de Malforat (massís de Calmquerdós). 1, Hörn. 2, Circ. 3, Glaceres rocoses. 4, Canal d'allaus funcionals. 5, Cons d'esbaldregalls de gravetat. 6, Paret de circ.
Modellings of the «Coma de Malforat» (Calmquerdós Massif). 1, Hörn. 2, Cirque. 3, Rock glacier. 4, Active snow avalanching channel. 5, Gravitational scree cones. 6, Cirque wall.

5. La dinàmica periglacial coetània i successora del glacialisme en l'espai i en el temps

Paral·lelament al desenvolupament del glacialisme als replans summitals i a les parts més altes de les valls, actuava la dinàmica periglacial, en els sectors marginals en el domini del glaç permanent. D'aquesta manera, en el període de màxima extensió de les glaceres, hi va haver coexistència espai-temps de glacialisme i periglacialisme. Quan les glaceres varen desaparèixer de les valls —períodes del Dryas—, la morfodinàmica dels vessants va ser dirigida fonamentalment pels processos de glaç estacional en el sòl; això va conduir al remodelatge de les formes existents i a la creació d'altres de noves.

5.1. *La dinàmica periglacial coetània al glacialisme*

El seu desenvolupament espacial ha estat extraordinàriament ampli en el conjunt del Pirineu i, àdhuc, als relleus propers a la costa mediterrània (serralades costaneres catalanes i bètiques), fins a l'extrem que, pel que fa als relleus pirinencs, la fesomia actual dels vessants és, en bona part, producte d'aquests processos periglacials.

Al Pirineu oriental, la importància morfogènica del periglacialisme va traduir-se en un entapissat del vessant amb esbaldregalls (ordenats o assistits) estès des dels 2.200 m fins a cotes molt baixes, assolint el mateix curs del Segre, com ho fan palès els dipòsits produïts per gelifracció que

es troben al llarg del canal de Baridà, reblint antigues incisions torrencials. Actualment aquests dipòsits es presenten fossilitzats per un sòl amb grau de desenvolupament variable, però sobre el qual, gairebé sempre, apareix una vegetació de tipus subalpi. Hom pot observar un tall representatiu a la sortida del poble de Meranges. Les seves característiques són:

Nivell 1. Sòl actual

- a) Potència de 20 a 25 cm. Tipus rànker.
- b) pH àcid (5,2).
- c) Elements minerals: argiles, llims i còdols amb un diàmetre inferior als 2 cm, sense cimentar.

Nivell 2. Esbaldregalls de vessant corrents

- a) Potència de 30 a 40 cm.
- b) Inclinació dels clasts al SSE (18° a 20°).
- c) Litologia exclusivament de còdols subangulosos d'esquists cambroordovicis de mida entre 2 i 5 cm i 25-30 cm d'eix principal.
- d) Matriu en un 50-60 % constituïda de llims, argiles i graves sense cimentar.

Nivell 3. Esbaldregalls ordenats

- a) Orientació SSE.
- b) Tipus de clasts: esquists paleozoics, cambroordovicis, amb cantells angulosos.
- c) Potència visible: 8,5 m per sobre la pista.
- d) Altitud absoluta 1.550 m.
- e) Tipus de matriu: argilol·limosa sense cimentar, variable entre 30-40 %.
- f) Inclinació dels clasts: SSE, 20° per terme mitjà.
- g) Anàlisi granulomètrica (mostra de 437,18 g a 5 m de la superfície).

Mida dels clasts (Ø mm)	%
> 20	36,14
10-20	13,72
5-10	8,16
2-5	17,50
0,5-2	19,08
0,2-0,5	3,20
< 0,2	2,20

5.2. *La dinàmica periglacial Tardiglacial*

Al Tardiglacial (12.000-10.000 a BP), les

glaceres que abans s'estenien per les valls varen restar sols als circs, refugiades en les concavitats més enlairades i més ben protegides dels raigs solars. Al llarg d'aquests temps la morfogènesi periglacial va modelar considerablement les parts més altes dels vessants car el bosc va remuntar fàcilment l'anterior cota de les neus permanents per causa del millorament de les condicions climàtiques. D'aquesta manera, l'àmbit que fins aleshores havia estat inclòs en el domini del glacialisme va sofrir un remodelatge sota l'acció del sistema periglacial. Així, s'esdevingué una reestructuració morfològica dels replans summitals, dels fons de circ i dels trams més alts dels vessants.

Als altiplans summitals varen desenvolupar-se importants figures geomètriques periglacial, resultat de mecanismes complexos de glaç-desglaç en el sòl, propis d'un clima fred i sec, i capaços de provocar una selecció vertical dels clasts. Les figures geomètriques consisteixen en cercles de pedres i sòls estriats, ambdós de dimensions mètriques. Són presents a tots els replans summitals des de Calmquerdós fins a Calm de Claror (GÓMEZ ORTIZ & SERRAT, 1977). Paral·lelament a l'elaboració d'aquestes formes es produïa un entapissat de grans blocs sobre importants extensions dels replans, producte de la destrucció de les cornises o sortints rocosos sota l'efecte de la gelifracció i del lent desplaçament gelifluidal.

Els fons dels circs constituïren llocs idonis per a l'acumulació del glaç; la plasticitat d'aquest va conferir un lent desplaçament dels grans blocs inclosos en la seva massa. Tal fet explica les acumulacions de les glaceres rocoses fixades a les parts més altes de les concavitats glacials, de les quals ja hem parlat en referir-nos a les morrenes internes, correlacionant-les amb l'amplitud mínima del glacialisme.

Els trams més alts dels vessants varen sofrir també un remodelatge de les formes creades pel glacialisme. Així, els blocs morrènics escampats al llarg i ample de la Tossa, la serra de Mascarelles, la serra de Sirvent, etc., varen prendre una disposició arquejada, lobulada per causa del lent desplaçament provocat per la plasticitat del sòl, en els períodes de desglaç, sense oblidar l'efecte del pendent del vessant.

A les àrees calcàries, serra d'Arcavell, la circulació hipogea, paralitzada fins aleshores, es va reactivar en desbloquejar-se els

circuits càrstics; això va conduir a la creació de formes de dissolució superficials i profundes.

III. L'ACTUAL DINAMICA PERIGLACIAL EN ELS NIVELLS SUPRAFORESTALS

Hom entendreà fàcilment que l'actual dinàmica modeladora del relleu s'esdevé en aquells medis on els elements climàtics, com la neu, els cicles gel-desgel i la intensa acció eòlica, principalment, incideixen amb una intensitat més gran. Aquests medis coincideixen amb sectors on la vegetació recobreix defectuosament el sòl o, pràcticament, no existeix. En les esmentades condicions bioclimàtiques, la formació superficial es troba sense una eficaç protecció davant dels fenòmens atmosfèrics, per la qual cosa els processos morfogenètics adquireixen certes característiques pròpies dels medis de resistència.

Els processos morfogenètics als quals ens referim tenen el seu màxim desenvolupament en aquells sectors localitzats per sobre el límit actual del bosc; és a dir, en el que anomenem medi supraforestal que, en el vessant meridional del Pirineu oriental s'estableix, de forma generalitzada, per sobre dels 2.300 m. Per damunt d'aquestes cotes, el bosc subalpí, dominat principalment per *Pinus mugo* ssp. *uncinata*, co-

mença a mostrar un decreixement, i és substituït pel prat alpí de festuques que, al seu torn, i a mesura que hom remunta en altitud, tendeix a presentar-se discontinu, recobrint molt defectuosament el sòl. En aquests medis, la criotorbació exerceix un paper preponderant en l'elaboració dels micromodelatges que entallen el sòl i no hi ha cap dubte que la seva presència denota un règim climàtic periglacial.

1. Les dificultats que comporta l'estudi dels modelatges periglacials supraforestals: intent de classificació

La distribució dels diversos modelatges periglacials que configuren les àrees altomontanes pirinenques s'organitza a partir de les unitats morfoestructurals d'ordre major i del règim climàtic dominant, principalment. Les primeres són el resultat de l'evolució geomorfològica, sobretot plioquaternària, mentre que el segon és fruit del comportament de la circulació atmosfèrica a la zona temperada, en la seva vora meridional, a partir del període postglacial (fig. 5).

Les grans formes del relleu es resolen en restes de superfícies d'erosió, lleugerament desnivellades i compartimentades per solcs fluvials disposats segons l'ordenació tectònica. El límit d'aquestes entretallades superfícies summitals determinen, en la

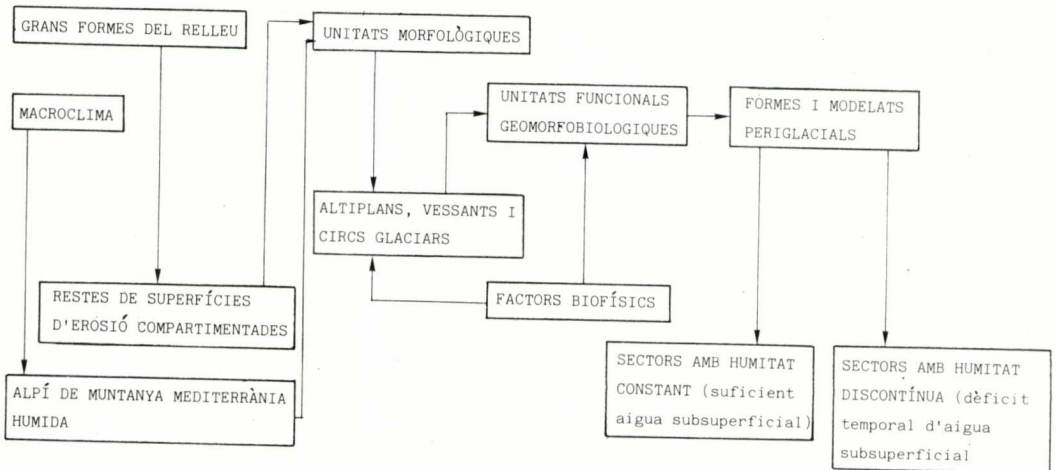


FIG. 5. Gènesi de les unitats funcionals geomorfològiques i de les formes i modelatges periglacials dels nivells supraforestals pirinencs. Genesis of the functional geomorpho-biological units and periglacial forms and modellings of supraforest levels in the Pyrenees.

majoria dels casos, conques glacials, situades immediatament per sota de la línia de cims de les dites superfícies.

El clima dominant, de caràcters alpins de muntanya mediterrània humida, presenta un règim tèrmic anual relativament extrem (temperatura mitjana anual al voltant dels 0°C, cap als 2.700 m), una persistència dels vents de component nord-oest i precipitació anual superior als 1.000 mm, en gran part nevosa. El comportament d'aquests elements climàtics afavoreix el desenvolupament de cicles gel-desgel continus.

Hom comprendrà que les grans formes del relleu i el clima dominant constitueixen les bases físiques o l'esquelet morfològic de tot el conjunt de modelatges periglacials actuals. És a partir de les dites bases físiques, i a una escala inferior, que l'organització de l'espai altimuntà és distribuït en formes orogràfiques menors o en unitats morfològiques de grau inferior que, des d'una òptica geomorfològica, serien: superfícies planes, alts vessants i antics circs glacials. Unitats que ens recorden en gran manera els *ensembles morfogenètiques* de SOUTADÉ (1980), encara que participen, en gran mesura, de les característiques de les àrees d'agrupacions vegetals oròfites de SERVE (1972).

Cadascuna d'aquestes unitats és delimitada en l'espai i definida no tan sols pel seu relleu, sinó per les condicions bioclimàtiques. Hom podrà afirmar que són les superfícies planes, els alts vessants i els antics circs glacials, els que configuren els

nivells supraforestals del Pirineu oriental. El tipus de formes i modelatges que s'inscriuen a les altes superfícies subhorizontals són el resultat d'una sèrie de processos morfobioclimàtics, diferents dels que tenen lloc als alts vessants o a les redreçades parets de les cubetes glacials. La presència d'un *tor* o d'un enllosament nival; d'una colada de pedres o un replà de vessant rematat per una orla de festuques; o d'un corredor d'allaus o una tartera, són formes del modelatge que, encara que pertanyen a una dinàmica periglacial, denuncien medis diferents i mecanismes diversos en llur gènesi.

Si per a determinar les grans formes del relleu (restes de superfícies d'erosió) i les unitats morfològiques (superfícies planes, alts vessants i antics circs glacials), el fil conductor ha estat, primordialment l'estructura i els diversos processos morfogenètics, a l'hora d'intentar delimitar unitats menors no han de ser tan sols els factors físics els encarregats d'assenyalar discontinuïtats, sinó també els biològics. Ha de ser la interacció de tots ells la que defineixi espais geogràfics menors, amb una funcionalitat geomorfobiològica determinada. Anomenem aquests espais «unitats funcionals geomorfobiològiques». Aquestes resulten de les relacions existents entre factors de diversa índole i dominància, de tal forma que ofereixen singularitats i llur evolució repercuteix en el conjunt del context de les unitats morfològiques. Els factors principals que les caracteritzen són els següents:

-
- | | | |
|-------------------|---|--|
| A) Geomorfològics | } | naturalesa de la formació superficial
litologia
topografia local |
| B) Climàtics | } | precipitació
temperatura
vent |
| | } | condicionats per |
| | | } |
| C) Biòtics | } | espectre florístic
ramat transhumant
acció antròpica |
-

Hom qualifica aquestes unitats de geomorfobiològiques per considerar que, a l'escala en què hom es mou, tant les for-

mes del relleu (de dimensions decimètriques, mètriques o plurimètriques), com les espècies vegetals són els aspectes visi-

bles més fàcils de detectar, al mateix temps que vénen determinades, en gran manera, pel topoclima, difícil de quantificar en aquests medis i en aquests nivells. Per això les plantes, per llur disposició i espècies, es consideren com fidels indicadors dels processos periglacials i aquests, al seu torn, caracteritzen un marc espacial concret.

Així doncs, de la conjunció dels factors geomorfològics, climàtics i biològics, en resulten les diverses unitats funcionals geomorfobiològiques que, a la vegada, contenen formes i modelatges diversos i que es diferencien entre si pel grau de persistència d'humitat o de cobertura nival, així com per les espècies vegetals que les poblen.

Humitat, neu i vegetació generen modelatges periglacials determinats que evolucionen en funció dels factors que els condicionen. Vegem-ne un exemple: la gespa encoixinada d'una mullera és una forma periglacial on es manifesta un equilibri entre els components minerals i vegetals, dirigit per fenòmens de criotorbació i de pressió mecànica (del gel i del bestiar). La instal·lació d'una mullera condiona i afavoreix una elevada humitat i aquesta, al seu torn, un mal drenatge, motivat per la topografia local. L'alt índex d'humitat és generat per la concentració d'aigües de procedència nival que faciliten el desenvolupament d'una espessa cobertura vegetal anaeròbia i que, a causa de la seva situació i de l'interès ramader, és un lloc freqüentat pel bestiar, principalment el boví.

Les formes i els modelatges periglacials inscrits en les unitats funcionals geomorfobiològiques que hom ha detectat, s'agrupen en sectors on la dinàmica periglacial presenta característiques semblants per imposició dels diferents paràmetres climàtics, principalment els que condicionen el grau de persistència d'humitat en el sòl. Els diversos sectors són:

1) Sectors amb modelatges periglacials associats a una humitat constant (suficient aigua subsuperficial).

2) Sectors amb modelatges periglacials associats a una humitat discontinua (dèficit temporal d'aigua subsuperficial).

2. Sectors amb modelatges periglacials associats a una humitat constant

Les formes i els modelatges periglacials

associats a una humitat constant es distribueixen irregularment per tot l'espai suprafrestal, ja que tant es poden trobar en els altiplans, com en els vessants o en els fons dels circs. Generalment corresponen a medis en els quals l'aigua freàtica es manté a la vora del sòl o aflora a la superfície. La seva presència és deguda al mal drenatge existent que, al seu torn, es troba afavorit per una topografia còncava o subhoritzontal. En aquestes condicions morfològiques, és fàcil de comprendre la concentració d'aigües de fusió, provinents de plaques de neu o de *nevés* (congestes) tardanes. Aquests medis constitueixen espais biològicament anaerobis, mulleres, on el poblament vegetal es caracteritza, com és lògic, per la predominança de plantes higròfiles, com les dels gèneres *Carex* i *Sphagnum*, principalment.

Els processos periglacials en aquests sectors torbosos (mulleres), adquireixen característiques singulars perquè existeix un predomini d'equilibri entre l'acció de la gelitorbació i la resistència de la cobertura vegetal (SOUTADÉ, 1980). Les formes i els modelatges que millor els defineixen són la sèrie de bombaments en què es disposa la formació superficial i que, al seu torn, es troba recoberta de vegetació de prat. La «gespa encoixinada» (*butte gazonnée*) és la forma característica que es presenta en rodals, on apareix aïllada o formant agrupacions.

Associades a la «gespa encoixinada» que defineix aquests medis torbosos, poden haver-hi, a més, dos tipus de formes: els anomenats *mottes gazonnées* o «illots de vegetació» ja esmentats, i els lòbuls de gelifluxió (vegeu més endavant). Els primers es localitzen en el domini de concentració màxima d'humitat, és a dir, en la mullera pròpiament dita, compartint el medi amb la «gespa encoixinada»; mentre que els segons n'entallen les vores limítrofes inclinades on es detecta una sobrealimentació nival. En la mullera de la Feixa s'observa amb claredat aquesta toposeqüència morfològica.

3. Sectors amb modelatges periglacials associats a una humitat discontinua

La morfodinàmica periglacial, fora dels àmbits sotmesos a una humitat constant, presenta una variada gamma de formes en connexió estreta amb les relacions mor-

fobioclimàtiques. Hom encararà el seu estudi en funció del grau de persistència del mantell nival, el qual es relaciona amb l'altura absoluta i l'orientació de la topografia local. Això fa considerar les unitats morfològiques, perquè aquestes, en gran manera, condicionen el grau de persistència de la neu i, per consegüent, els modelatges inscrits en elles. La distribució del modelatge periglacial supraforestal associat a una humitat discontinua, serà exposada per àrees, de la forma següent:

- a) Àrees amb modelatges periglacials associats a una protecció nival prolongada.
- b) Àrees amb modelatges periglacials associats a una protecció nival inestable.
- c) Àrees amb modelatges periglacials associats a una desnivació precoç.
- d) Àrees amb modelatges periglacials associats a una protecció nival mixta.

3.1. Àrees amb modelatges periglacials associats a una protecció nival prolongada

Aquestes àrees geogràfiques corresponen a medis en què durant l'estiu la tinença d'humitat en el sòl és important, per la qual cosa no és estrany trobar-les juntament amb aquelles anomenades d'humitat constant. En elles, la formació superficial es troba fortament protegida per la vegetació de prat; són àrees on l'associació *Pumileto-Festucetum-supinae* (ass. de *Festuca supina* i *Hieracium pumilum* J. Braun Blanquet, 1948) adquireix el seu desenvolupament més gran.

El modelatge periglacial que millor defineix aquests medis amb humitat important durant l'estiu són els lòbuls i les llengües de gelifluxió, encara que també és cert que llur formació s'associa als medis torbosos, en els marges que els delimiten.

Hom entén per lòbuls i llengües de solifluxió les convexitats que presenta la formació superficial en els vessants. Aquestes convexitats constitueixen, en el si d'aquelles, petites ruptures del pendent que, a nivell local, li proporcionen una fisonomia de laxos sinuositats. La fracció mineral és heteromètrica, encara que amb predomini d'elements menuts; la constitueixen clasts d'origen periglacial envoltats d'abundant proporció de llims i argiles, en el cas dels medis pissarrencs, o de sorres si es tracta de terrenys granítics. Superficialment els cobreix un sòl sobre el

qual arrela una cobertura vegetal tancada, dominada per plantes d'origen bòreo-alpí, entre les quals destaca *Festuca supina*.

3.2. Àrees amb modelatges periglacials associats a una protecció nival inestable

Aquests medis geogràfics coincideixen amb llocs que, a causa de la seva topografia i orientació, es troben directament sotmesos a l'acció eòlica; els altiplans summitals, els colls i certs trams dels altiplans subsummitals sense protecció dels vents del N o NW, constitueixen les àrees per excel·lència. En totes elles, durant les èpoques de nivació, el mantell nival roman poc temps en el sòl, a causa de l'escombratge que produeixen els vents del quart quadrant, principalment. Són llocs que podrien enquadrar molt bé en la nomenclatura de *stations à déneigement répétitif* de SERVE (1972). Però, no tan sols la deflació realitza una redistribució de la neu, sinó que, pel caràcter fred i sec dels esmentats vents, aquestes acceleren la formació de cristalls de gel en el sòl, amb la consegüent repercussió en la seva estructura.

En aquestes condicions ecològiques, les plantes difícilment poden desenvolupar-se, ja que la gelitorbació que es detecta en el sòl, la migració de les partícules fines i la destrucció del mantell húmich per part de l'eolització, ho fan difícils. En aquest estat morfoclimàtic, els vegetals tenen tendència a aparèixer en disposició oberta i no és estrany observar el lent retrocés que presenta l'associació *Pumileto-Festucetum-supinae* davant l'acció crioeòlica, així com la introducció d'espècies mediterrànies com *Festuca scoparia* i *F. durissima*, o aquelles adaptades a sòls mòbils com *Ranunculus parnassifolius* i *Senecio leucophilus*.

Una altra de les formes de manifestar-se la dinàmica periglacial en el modelatge és la figuració geomètrica. Hom l'ha detectada en els replans exposats a l'acció dels vents, especialment en els de procedència NW. En tals medis, s'està duent a terme, des de 1975, una sèrie d'experiències, en dues estacions experimentals (E₁ a 2.170 m i E₂ a 2.700 m) encaminades a un coneixement més gran d'aquests micromodelatges (fig. 6). Les conclusions que fins avui hom n'ha tret han estat:

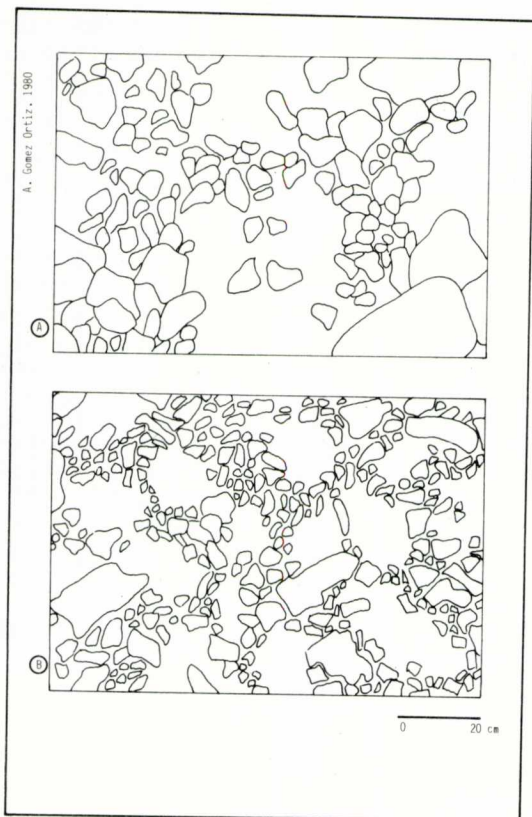


FIG. 6. Esquema de cercles de pedres funcionals. A, Altiplà de Calmquerdós, 2.720 m (E2). B, Altiplà de la Màniga-la Feixa, 2.170 m (E1). Active stone circles schemes. A, Calmquerdós high plain 2.720 m (E2). B, La Màniga high plain 2.170 m (E1).

1. La posada en pràctica de l'experimentació sobre el terreny ha servit per a confirmar la nostra hipòtesi (GÓMEZ ORTIZ, 1976) de l'existència d'un dinamisme periglacial a partir dels 2.170 m.

2. Hom ha constatat la importància dels factors altitud, temperatura i acció eòlica en la intensitat de la mobilitat de la fracció mineral. Clasts de la mateixa mida han sofert un desplaçament més gran en la E₂ que en la E₁. El diferent règim tèrmic d'ambdues estacions i, com a conseqüència, el major nombre de cicle gel-desgel en el sòl, són variables decisives en l'esmentat desplaçament.

3. Si no és efectiva la formació de macrocercles de pedres en l'àmbit espacial de la E₂, sí que és possible el manteniment

dels ja existents, atès que les condicions climàtiques actuals no solament ho permeten sinó que afavoreixen el desenrotllament d'altres cercles pluridecimètrics.

4. S'ha comprovat la giravolta dels clasts segons els eixos pedregosos, així com llur fossilització per material terrós, fets que posen en evidència empentes tangencials.

5. Hom creu en la conveniència de prosseguir aquests tipus d'experiments. També hom detecta la necessitat de controlar les variables climàtiques, especialment el règim tèrmic en superfície, en l'aire i en el subsòl, la freqüència i la intensitat del vent, el ritme de les precipitacions i la variabilitat del gruix de la neu.

3.3. Àrees amb modelatges periglacials associats a una desnivació precoç

L'espai geogràfic que ocupen aquestes àrees es distribueix des del límit superior del bosc fins a la vora de les plataformes summitals, en un desnivell mitjà de 400 m. Els modelatges periglacials que les caracteritzen són variats, des de les colades de pedres que entallen preferentment les cotes més altes dels vessants, fins als replans graonats o els semidestruïts lòbuls de solifluxió que modelen els nivells més baixos i mitjans (HÖLLERMANN, 1967). Són modelatges i formes que responen al comportament d'una sèrie de factors, amb diferent grau de predomini, però emmarcats en el context de la dinàmica general del vessant.

Per tot això, es pot afirmar que els vessants meridionals de l'espai supraforestal pirinenc, en el marge oriental, són les àrees on la dinàmica periglacial actua amb major intensitat, ja que les condicions ecològiques a què són sotmeses dificulten la presència d'una cobertura vegetal tancada, la qual cosa afavoreix la mobilitat de la formació superficial.

La migració de matèria es du a terme gràcies a un factor estàtic, el de la gravetat, condicionada per la inclinació del vessant i pels agents dinàmics, tals com: l'aigua de xaragall, l'acció del gel-desgel, el vent, l'acció mecànica de les trepitjades del bestiar, etc. Agents que no es troben en equilibri al llarg de l'any, sinó que, en dependre del lloc i de l'època, uns d'ells o diversos poden tenir primacia sobre els altres; àdhuc poden manifestar llur acti-

vitat d'una manera persistent, com en el cas de la mobilitat de les partícules minerals per efecte de l'eolització.

Però la migració de matèria al llarg del vessant no s'efectua amb entera llibertat, donat que es veu sotmesa al fre que, en major o menor grau, li imposa la vegetació la qual, encara que es disposi majoritàriament oberta, la retarda i, en ocasions, arriba a bloquejar-la. Les colades de pedres amb el front fixat per *Festuca durissima*, o els microreplans de vessants rematats per orles vegetals, són una bona prova del valor de retenció de les plantes. La interacció de matèria mineral, agents dinàmics i vegetació recorda la importància que té l'anomenat «trinomi dinàmic» (KUNHOLTZ-LORDAT, 1924), en l'evolució periglacial d'aquests vessants, d'una manera especial a les àrees de desnivació precoç. Els components del «trinomi dinàmic» són:

a) La matèria inerta sotmesa a desplaçaments, i que correspon a la formació superficial.

b) La força mobilitzadora, determinada pels diversos agents dinàmics.

c) L'obstacle biològic, que actua a mode de resistència, definit per la presència de les plantes.

La morfologia generalitzada que presenten aquests components als vessants meridionals és la d'una regularització obtinguda a expenses de la destrucció d'antics lòbuls de gelifluxió elaborats durant l'Òptim climàtic atlàntic (SOUTADÉ, 1975). Els mantells o colades de pedres, els replans graonats que presenten els vessants o les garlandes en les quals es disposa la vegetació de festuques, és un testimoni clar de les interrelacions que s'operen entre la fracció mineral i les plantes com a conseqüència de la incidència dels mecanismes de gel en el sòl i del bestiar, principalment.

3.4. Àrees amb modelatges periglacials associats a una protecció nival mixta

Aquestes àrees es troben, principalment, en els àmbits geogràfics on la gelifracció actua amb una intensitat més gran i on la cobertura vegetal és pràcticament inexistente per la falta d'un sòl i per les especials condicions morfològiques: ressaltos rocosos i vores dels circs. En elles, els dipòsits d'esbaldregalls de gravetat

presenten la seva màxima esplendor, i el manteniment dels modelatges heretats, així com les prolongades crestes divisòries de circs, és efectiu. Hom entendra que en aquests ambients, la crioclastia sigui el procés morfogenètic per excel·lència en actuar sobre la roca nua. Els canvis de temperatura que experimenta són molt acusats, tant a l'estiu com a l'hivern, ja que ni la vegetació ni la neu no els poden aminorar. És un tipus de morfogènesi que, en el cas de les cavitats glacials, està duent a terme una tasca d'emascament, en generar dipòsits d'esbaldregalls de gravetat que, lentament, es van fossilitzant a les heretades glaceres rocoses (fig. 7). La vegetació que intenta colonitzar-los és molt puntual, com a màxim *Genista purgans*, *Rhododendron ferrugineum* i *Juniperus communis* es disposen en el front més extrem del dipòsit actual, mentre que a les parts més elevades i més estables és possible localitzar alguns litòfils.

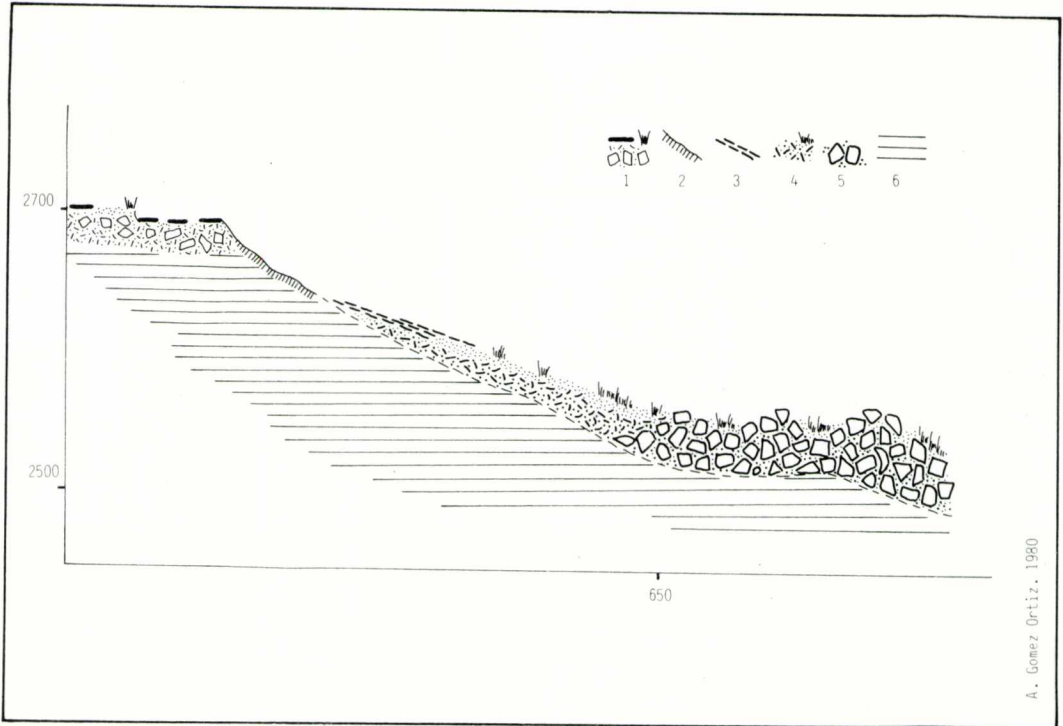
IV. RESUM I CONCLUSIONS

A manera de síntesi, hom pot assenyalar:

L'organització orogràfica de l'alta vall del Segre permet diferenciar dues grans unitats morfoestructurals: la depressió o vall del Segre i els vessants. Aquesta última unitat es caracteritza per la presència d'una sèrie de nivells erosius graonats, compartimentats per valls perpendiculars al solc del Segre. Sobre els més elevats (nivell summital, 2.700 m i nivell subsummital, 2.200 m) els sistemes morfogenètics quaternaris han deixat empremtes clari-ficients.

El glacialisme en els massissos de Calmquerdós, Tossa Plana de Lles i Port Negre, quedà arraconat a les cotes més elevades, per sobre dels 2.150 m. Només les valls collectores principals conegueren la dinàmica del gel a altures inferiors, tal com ho demostren la sèrie d'arcs morrènics al llarg dels actuals soles fluvials.

Els gels quaternaris generaren una sèrie d'aparells glacials que estigueren condicionats i dirigits per l'estructura i el relleu heretat de finals del Terciari. Així, a sobre de les plataformes summitals es desenrotllà un glacialisme de casquet incipient, mentre que a sobre de les concavitats torrencials i de les seves valls s'originà un glacialisme de tipus alpi o pirinenc. El



A. Gomez Ortiz, 1980

FIG. 7. Toposequència de modelatges al llarg de l'eix del circ de Malniu (NW-SE). 1, Replans de vora de circ amb figuració periglacial activa. 2, Substrat amb gelifracció intensa. 3, Esbaldregalls periglacial funcionals. 4, Esbaldregalls subactuals d'origen periglacial. 5, Morrenes tardiglacial (glacères rocoses). 6, Substrat.

Toposequences of modellings along the axis of Malniu cirque (NW-SE). 1, Cirque border plains with active periglacial patterned ground. 2, Intensely gelivate bedrock. 3, Active periglacial scree slopes. 4, Former periglacial scree slopes. 5, Tardiglacial moraines (rock glaciers). 6, Bedrock.

nivell subsummital conegué un glacialisme mixt, atès que presenta les característiques de les geleres de vall i de les de *piedmont*.

Tenint en compte la morfologia dels dipòsits morrènics, així com la fisonomia dels blocs que els componen, només és possible reconèixer dos episodis glacials ben diferenciats. El més llunyà en el temps inclou les morrenes externes, coincidint la seva situació amb l'avenç màxim visible de l'empremta glacial. El més proper, datat presumiblement com a Tardiglacial, es fixa en les concavitats pròpies dels circs, per sobre dels 2.400 m, corresponent a glaceres rocoses.

Coetàniament al glacialisme es dugué a terme la dinàmica periglacial. El seu desenvolupament espacial es fixà fins al mateix llit del Segre, entapissant els ves-

sants amb gruixuts dipòsits produïts per gelifracció. En els altiplans summitals s'originà un desenvolupament considerable de macrofigures geomètriques com a resposta a l'acció del gel-desgel, a una macrogelifracció en profunditat i a una selecció vertical del material elaborat.

En els temps actuals, posteriors a l'òptim climàtic atlàntic, s'està desenvolupant una morfogènesi periglacial en els nivells supraforestals del Pirineu oriental, d'una manera generalitzada per sobre dels 2.200 metres. A partir d'aquesta cota el sol comença a manifestar-se mancat d'una cobertura vegetal tancada, fet pel qual la dilatació-contracció de les partícules minerals, per efecte del gel-desgel, ajuda al desenvolupament de processos periglacial.

Entenem que l'estudi de la dinàmica periglacial s'ha d'efectuar seguint una meto-

dologia global, integrada. Només d'aquesta manera serà possible valorar en la seva justa mesura tots els factors que la condicionen.

La persistència de la humitat en el sòl així com el grau i la durada del mantell nival, són els paràmetres que han servit per a delimitar les unitats funcionals geomorfobiològiques, que configuren els espais supraforestals sotmesos a mecanismes periglacials.

Hom considera fonamental l'experimentació en el terreny. Els seus resultats serviran no tan sols per a tenir un millor coneixement de la dinàmica periglacial en aquests medis, sinó per a assimilar amb una objectivitat més gran l'organització espacial de l'alta muntanya. Coneixement que només si és complet podrà aportar solucions efectives per a una millor utilització d'aquestes terres muntanyenques.

BIBLIOGRAFIA

- BIROT, P. 1937. *Recherches sur la morphologie des Pyrénées franco-espagnoles*. Thèse doctorale. Université de Paris.
- BOISSEVAIN, H. 1934. Etude géologique et geomorphologique d'une partie de la haute vallée du Segre (Pyrénées catalanes). *Bull. Soc. Hist. Nat. Toulouse*, LXVI: 32-170.
- BRAUN BLANQUET, J. 1948. *La végétation Alpine des Pyrénées orientales*. CSIC. Barcelona.
- GÓMEZ ORTIZ, A. 1976. *Morfología glaciaria y periglaciaria de la vertiente meridional del macizo de Calmquerdós y alto valle del río Duran (Cerdanya)*. Tesi de llicenciatura. Universitat de Barcelona.
- GÓMEZ ORTIZ, A. 1980. *Estudio geomorfológico del Pirineo catalán: morfogénesis glaciaria y periglaciaria de los altos niveles y vertientes meridionales de los macizos de Calmquerdós, Tosa Plana de Lles y Port Negre (Cerdanya-Alt Urgell)*. Tesi doctoral. Universitat de Barcelona.
- GÓMEZ ORTIZ, A. & SERRAT, D. 1977. Las figuras geométricas periglaciales de los altos niveles del Pirineo Oriental. *V Coloquio de Geografía* (Granada): 75-81.
- HÖLLERMANN, P. W. 1967. *Zur Verbreitung venezianer periglazialer Kleinformen und Ostalpen*. Goetting. Geogr. Abh.
- KUHNHOLTZ-LORDAT, G. 1924. *Essai de géographie botanique sur les dunes du Golf du Lion*. Thèse doctorale. Université de Paris.
- NUSSBAUM, F. 1946. *Orographische und Morphologische Untersuchungen in den östlichen Pyrenäen*. Jahresb. Georg. Gess. Ber. Neukomm & Salchrath. Bern.
- SERRAT, D. 1979. Rock glacier morainic deposits in the eastern Pyrenees. In: *Moraines and Varves* (Ch. Schlüchter, Ed.): 93-100. Balkema. Rotterdam.
- SERVE, L. 1972. *Recherches comparatives sur quelques groupements végétaux orophiles et leurs relations avec la dynamique périglaciaire dans les Pyrénées-Orientales et la Sierra Nevada*. Thèse doctorale. Université de Perpignan.
- SOLÉ SABARÍS, L. & LLOPIS LLADÓ, N. 1947. *Explicación de la Hoja n.º 216 (Bellver) del Mapa Geológico de España*. Instituto geológico y Minero de España. Madrid.
- SOLÉ SABARÍS, L. & LLOPIS LLADÓ, N. 1947. Sobre la tectónica del alto valle del Segre. *Estudios Geológicos*, 6: 3-53.
- SOUTADÉ, G. 1975. Problématique de la géomorphogénese actuelle en milieu supra-forestier méditerranéen: l'exemple des Pyrénées orientales. *Actes du Symposium sur les versants en pays méditerranéennes*. Aix-en-Provence 1975, CEGERM, V: 155-160.
- SOUTADÉ, G. 1980. *Modelé et dynamique actuelle des versants supraforestiers des Pyrénées Orientales*. Impr. Coop. du Sud Ouest. Albi.
- TAILLEFER, F. 1969. Les glaciations des Pyrénées. *Etudes françaises sur le Quaternaire. VIII Congrès International de l'INQUA*. Paris: 19-32.
- VIERS, G. 1961. Le glaciaire du massif du Carlit. *Rev. Geogr. Pyrénées et S.O.*, 31 (XXXII): 5-33.
- VIERS, G. 1963. Les moraines externes de la Cerdagne et du Capcir (Pyrénées Orientales, France) et leurs rapports avec les terrasses alluviales. *VI Int. Congr. Quatern*. Warszawa, 1961, Łódz, 1963. III: 385-393.
- VIERS, G. 1968. La carte du relief glaciaire des Pyrénées. Feuille de Mont-Louis au 50000 (Pyrénées-Orientales). *Rev. Geogr. Pyrénées et S.O.*, 39: 429-434.
- VIERS, G. 1973. *Los Pirineos*. Oikos-tau. Vilassar de Mar.