

Les glaceres rocalloses pirinenques

Glacera rocallosa en forma de llengua al Tuc de Moró (Vall de Taüll)

J.M. VILAFLANA

Montserrat Martí i Soler

Llicenciada amb grau en geografia

Departament de Geografia Física i Anàlisi Geogràfica Regional

David Serrat i Congost

Catedràtic de geodinàmica

Departament de Geologia Dinàmica, Geofísica i Paleontologia
Universitat de Barcelona

Introducció

Un cop identificada la presència de nombroses formes classificables com a glaceres rocalloses¹ al Pirineu, dins del marc de la tesi doctoral que està portant a terme la primera autora de l'article, es remarca el paper que han tingut aquestes formes que apareixen com l'últim retoc en la morfologia de les parts altes de la serralada.

Així, es proposa una aproximació al món de les glaceres rocalloses pirinenques a partir de la consideració de tres punts essencials, com són: el concepte teòric de glacera rocallosa, el repàs dels diferents treballs existents sobre el tema i que tenen com a marc espacial el Pirineu, i, per acabar, la presentació i primers resultats de l'estudi que s'està portant a terme.

El concepte de glacera rocallosa

Abans d'entrar en matèria, cal indicar que al llarg d'aquest treball s'utilitzarà el terme "glacera rocallosa" com a equivalent de l'expressió anglesa *rock glacier*, segons la qual es pot definir, tot seguint la proposta de Potter², com "un cos en forma de llengua o lòbul, constituït per blocs angulars, semblant a una petita gelera, que normalment es localitza en àrees d'alta muntanya i que presenta en superfície llocs, solcs i, a vegades, lòbuls, així com un front abrupte".

Un breu repàs a l'aparició i evolució del concepte de glacera rocallosa ens porta

a considerar quatre moments importants en la seva història.

Així, la primera fita la trobem el 1910, quan Capps introdueix oficialment el terme *rock glacier* dins de la nomenclatura geomorfològica de l'alta muntanya, tot intentant recollir l'estret paral·lelisme fisonòmic existent entre aquestes formes i les glaceres.

La segona gran aportació vindrà de la mà de Wahrhaftig i Cox, el 1959, en realitzar un inventari de dues-centes glaceres rocalloses d'Alaska, a partir del qual estableixen una de les primeres classificacions morfològiques d'aquests dipòsits en base a criteris geomètrics.

Serà aquest estudi el que doni pas a la tipificació de les formes, obrint les portes a una referència constant al tipus morfològic que es complementarà amb indicacions d'ubicació, gènesi, etc.

El 1971 salta la polèmica en confrontar posicions de Barsch i Østrem³, i es planteja la possibilitat d'excloure del terme glacera rocallosa a aquells dipòsits que puguin derivar d'una gènesi glacial.

Val a dir que l'associació de les formes a una gènesi determinada pot comportar consideracions sobre l'origen del gel, els detritus o els mecanismes que possibiliten el desplaçament, fet que vindrà a complicar encara més la polèmica oberta.

Com a darrera data a remarcar situaríem el 1987, l'any en què es produeix un intent generalitzat d'organitzar els concei-

Notes:

1. El catàleg de les glaceres rocalloses existents al Pirineu català presenta un total superior a les mil formes.
2. De definicions del terme "glacera rocallosa", n'hi ha un nombre important, si bé la proposada per Potter en el seu treball "Ice-cored rock glacier, Galena Creek, Northern Absaroka Mountains, Wyoming", publicat el 1972 al *Geological Society of America Bulletin*, probablement ha estat una de les més difoses i acceptades, mercès al seu caire exclusivament descriptiu.
3. Ambdós autors confronten posicions obertament en el número 53A (3-4) de la revista *Geografiska Annaler*, que aleshores esdevingué el portaveu dels treballs sobre glaceres rocalloses.

xements sobre les glaceres rocalloses, amb l'aparició de reculls bibliogràfics, estats de la qüestió, aplicació de diverses tècniques, etc.; en són exemples els treballs publicats per Martin i Whalley o Giardino, Shroder i Vitek.

Com a conclusió final, Vitek i Giardino plantegen acceptar les glaceres rocalloses com a "formes" independentment del seu origen, ja que s'ha comprovat que diferents gènesis poden produir morfologies d'aparència similar.

Els estudis sobre les glaceres rocalloses pirinenques

Els treballs sobre geomorfologia de l'alta muntanya pirinenca s'iniciaren amb la introducció de la temàtica glacial, a finals del segle XIX; així, trobem que la localització i estudi de les glaceres rocalloses sovint

ha anat a remolc del coneixement del fet glacial.

La celebració del V Congrés de l'INQUA, el 1957, va esdevenir l'inici de la consolidació dels estudis sobre la geomorfologia pirinenca, amb un paper destacat per al glacialisme. Però també serà en els treballs presentats al Congrés, i en els que en derivaren, on es començarà a introduir el tema de les glaceres rocalloses. Així, es constata la seva localització a les parts altes de la vall de Núria, en la cartografia realitzada per Fontboté⁴, al mateix temps que es plantegen consideracions sobre l'estat actual dels aparells, que en el cas del Portarró d'Espot implicaria un procés de fossilització⁵.

D'altra part, la situació fronterera del Pirineu entre tres Estats, francès, andorrà i espanyol, ha contribuït a un repartiment



Foto 2: Lac de Mar amb el Besiberri Nord al fons



Foto 3: Glacera rocallosa lobulada als llacs de Garrabea (Vall d'Àrreu)

Notes:

4. Cartografia que juntament amb el text de suport és recollida en el llibre *Guia de l'excursió N1*, dedicat al Pirineu i publicat amb motiu del V Congrés de l'INQUA del 1957.
5. L'estat fòssil serà atribuït en funció del dinamisme de la tartera situada a la capçalera de la glacera rocallosa i que tendeix a tapar-la, segons indica Hamelin en el peu de la fotografia corresponent a aquest dipòsit, la qual apareix en el treball de l'esmentat autor intitulat "Matériaux de géomorphologie périglaciaire dans l'Espagne du nord", publicat el 1958 a la *Revue Géographique des Pyrénées et du Sud-Ouest*.

Foto 4: Glacera rocallosa de Coma d'Espós (Vall Fosca). La presència de materials fins afavoreix el desenvolupament d'un aparell d'escassa potència i relleu suau



M. MARTI

Foto 5: Glacera rocallosa del Clot de Claror (Vall d'Aràns). Dipòsit constituït per blocs angulars i de dimensions regulars que possibilita una potència important del mateix



M. MARTI

de l'espai estudiat entre els diferents geomorfòlegs que hi treballen, en funció de l'entramat socio-polític.

Així, els autors francesos, que desenvoluparen els seus estudis al llarg dels anys cinquanta i seixanta, consideraren que les formes corresponien a dipòsits morrènics pertanyents a l'últim estadi de la glaciació, el qual se suposava que corresponia al Tardiglacial⁶ i s'associà, a partir del treball de Taillefer⁷, a un episodi Neoglacial.

El primer treball monogràfic sobre glaceres rocalloses pirinenques aparegué publicat l'any 1967, i es convertí en un punt de referència obligada. Angély hi aborda l'estudi de les glaceres rocalloses sota la consideració de paràmetres com la situació geogràfica, l'orientació, l'altura o la topografia, a partir dels quals estableix hipòtesis sobre l'origen i funcionament dels aparells.

El treball d'Angély pren com a base el realitzat a Alaska per Wahrhaftig i Cox, i considera que en la formació de les glaceres rocalloses examinades hi ha intervingut, en alguns casos, una gènesi purament periglacial amb dipòsits detrítics que es barregen amb gel en fondària, mentre que, en d'altres, deriven de l'estancament i cobriment d'una gelera que passaria en darrer terme a construir l'aparell rocós.

Angély situa les glaceres rocalloses en un període de recurrència glacial que correspondria al Tardiglacial o al Neoglacial, i destaca el fet del seu estat *anciè*; no obstant, aquest autor no contempla una aparició temporal solidària, i en presenta tres exemples que correspondrien a tres moments diferents, tot indicant que les formes més fresques es troben en un estadi d'inactivitat que podria ser reactivat sota unes condicions hipotèticament més favorables.

Notes:

6. Els treballs i autors que s'inclourien en aquest marc conceptual són diversos, si bé, a tall d'exemple, podríem citar VIERS, G. (1966): "La glaciation quaternaire dans le massif du Canigou (Pyrénées-Orientales)", a *Pirineos*, 81-82:87-93.
7. Segons F. Taillefer, existiria una darrera pulsació glacial a la que s'associarien les formes en qüestió; planteja la seva proposta a "Le Néoglaciare pyrénéen", treball publicat el 1968 a *Mélanges de Géographie O. Tulippe*.

Un segon treball monogràfic aparegué el 1979 de la mà de D. Serrat, qui aborda el tema davant la constatació de la important empremta deixada per les glaceres rocalloses al Pirineu oriental.

En el rerafons teòric apareix ara la discussió oberta sobre la pertinença de les glaceres rocalloses a un model genètic concret; no obstant, aquesta no és abordada davant la impossibilitat de constatar el tipus de gel implicat, ja que les formes estudiades es consideren en estat fòssil.

Serrat planteja l'examen dels dipòsits a partir de la consideració de quatre paràmetres base, que serien: la litologia, l'orientació, la forma i la dimensió, i constata com el relleu preexistent i les condicions climàtiques locals poden tenir un paper fonamental en l'aparició de les glaceres rocalloses.

Un punt destacat en el treball de Serrat serà l'associació de les glaceres rocalloses analitzades a l'episodi Tardiglacial, que en base a estudis palinològics es caracteritzaria per unes condicions climàtiques fredes i seques.

A diferència de la part francesa, la geomorfologia regional del vessant meridional serà estudiada sistemàticament a partir de la dècada dels vuitanta, i en les diferents cartografies es recollí la presència de nombroses glaceres rocalloses⁸, alhora que s'aportaren dades sobre aspectes destacables com poden ser la seva relació espacial amb sistemes càrstics, l'existència de dues fases diferenciades sobre un mateix aparell o els solapaments d'aquestes formes als dipòsits glacials.

Les formes localitzades són assimilades a l'episodi Tardiglacial, que donaria una fase anomenada de "glaceres rocalloses"⁹, si bé al sector aragonès l'aparició d'aquests dipòsits es perllongaria fins a l'Holocè, amb reactivacions a la Petita Edat del Gel.

D'altra banda, a nivell internacional, l'interès per les glaceres rocalloses porta a la realització de reculls de les dades disponibles sobre aquestes morfologies a diferents cadenes muntanyoses, i les pirinenques apareixen referenciades en el treball de Höllermann¹⁰.

Després dels dos estudis monogràfics abans esmentats, les glaceres rocalloses pirinenques tornen a ser objecte d'interès especialment en els darrers deu anys, durant els quals s'han obert i consolidat dues línies de recerca que fan referència a l'inventari de les formes i al coneixement de les morfologies que poden presentar activitat en el present.

Els treballs realitzats per geomorfòlegs a d'altres zones d'alta muntanya mouen Gutiérrez i Peña, el 1981, a proposar la realització d'un inventari sistemàtic de les glaceres rocalloses pirinenques per tal de



M. MARTÍ

poder-les analitzar estadísticament i fer-les així comparables. Perspectiva que tirarà endavant a partir del catàleg realitzat per Chueca de les existents al Pirineu d'Osca, al que s'apliquen una sèrie d'anàlisis estadístiques per tal d'establir-ne el comportament espacial, atribuït en darrer terme a factors litoestructurals, així com l'elaboració d'una tipologia en base a la gènesi i l'estat dels aparells.

En la mateixa línia es troba la realització de l'inventari de les glaceres rocalloses presents al Pirineu català, que serà presentat de manera detallada més endavant.

Una segona via d'estudi pren com a base els treballs que s'estan realitzant als Alps del sud¹¹, i es planteja la possibilitat que alguns aparells encara es trobin en activitat. Aquestes formes es correspondrien amb les darreres manifestacions glacials i es desenvoluparien com a sistemes glacials de derrubis¹², en els que la gelera blanca és coberta pel material detrític que construeix les glaceres rocalloses en el sector frontal, si bé Cazenave i Tihay atribueixen a les formes una dinàmica clarament complexa, en la que intervindria tant la massa de gel glacial com el gel intersticial.

L'associació de les glaceres "actives" amb el glacialisme actual permet trobar referències de les primeres en els diferents inventaris de les glaceres pirinenques, i s'ha arribat a incloure-les com a aparells en els catàlegs¹³.

La suposada activitat d'aquestes formes, però, fins avui no ha estat demostrada per cap autor, i se suposa tan sols en base a criteris morfològics, com ara la frescor dels blocs, el front abrupte, la manca de líquens, etc.; queda plantejada la seva constatació com una tasca en procés de realització.

Foto 6: Glacera rocallosa de Collbirrós (Vall de Taüll). La morfologia lobulada s'adapta al pendent del vessant donada la seva reduïda dimensió

Notes:

8. Un recull de les glaceres rocalloses apareix en el treball de SERRAT *et al.* (1994): "Síntesis cartogràfica del glaciariismo surpirenaico oriental", publicat a MARTÍ, C. i GARCÍA-RUIZ, J.M. (eds.): *El glaciariismo surpirenaico: Nuevas aportaciones*, pàg. 9-15 + 3 mapes. Geoforma Ediciones. Logroño.
9. Establerta per BORDONAU, J., SERRAT, D. i VILAPLANA, J.M. (1992): "Las fases glaciarias cuaternarias en los Pirineos", treball publicat a CEARRRETA, A. i UGARTE, F.M. (eds.): *The Late Quaternary in the Western Pyrenean Region*, pàg. 303-312. Servicio Editorial Universidad del País Vasco. Bilbao.
10. HÖLLERMANN, P. (1983): "Blockgletscher als Mesoformen der Periglazialstufen Studien aus europäischen und nordamerikanischen Hochgebirgen", a *Bonner Geographische Abhandlungen*, 67: 1-73.
11. El treball realitzat per M. Evin demostra l'existència de glaceres rocalloses actives recloses a les parts més altes, on encara troben les condicions ambientals adequades per al seu desenvolupament; seria la base de la seva tesi doctoral, presentada el 1987 sota el títol *Dynamique, répartition et âge des glaciers rocheux des Alpes du Sud*.
12. Terme proposat per JOHNSON, P.G. (1987): "Rock glacier: glacier debris systems or high magnitude low-frequency flows", a GIARDINO, J.R., SHRODER, J.F. i VÍTEK, J.D. (eds.): *Rock glaciers*, pàg. 175-192. Allen & Unwin. Londres.
13. Així, apareixen inventariades com a dues glaceres rocalloses i una congesta coberta en el recull publicat per MARTÍNEZ DE PISÓN, E., ARENILLAS, M. i MARTÍNEZ, R. (1992): "El estado de los glaciarios españoles en 1991", a *Erla*, 28: 176-182.

Un estudi sobre glaceres rocalloses al Pirineu

El conjunt d'estudis de geomorfologia regional sobre el Pirineu que s'ha dut a terme des de la Universitat de Barcelona ha donat com a fruit la cartografia d'amplis sectors de la serralada, així com la possibilitat de correlacionar comportaments de cara a establir una seqüència evolutiva de les darreres manifestacions glacials, que queda sintetitzada en una proposta de cronologia.

Dins d'aquesta cronologia glacial pirinenca s'ha detectat l'existència d'un episodi Tardiglacial, moment al que correspondria la formació generalitzada de glaceres rocalloses, fet que ha portat a parlar d'una "fase de glaceres rocalloses" que se circumscriuria temporalment entre els 11 000 i 10 000 anys BP (abans del present).

L'existència d'un Tardiglacial fred i sec concordaria amb les exigències ambientals per al desenvolupament de les glaceres rocalloses, que es relacionen, segons Haeberli, amb la presència d'un permafrost, com a mínim discontinu, que requereix una temperatura de l'aire igual o inferior als -2°C i unes precipitacions baixes, sense oblidar, però, el paper que tenen els factors topogràfics locals.

La necessitat d'aprofundir en cadascun dels episodis que marquen la cronologia ha portat a l'examen de les glaceres rocalloses com a màxims exponents de la fase homònima, i en definitiva del Tardiglacial, que en un marc més ampli abraçaria des dels 13 000 als 10 000 anys BP.

A partir de la referència del Tardiglacial s'ha plantejat la realització d'un estudi de

Foto 7: Glacera rocallosa de Pla de la Cabana (Vall de Boí). La ubicació a cotes relativament baixes de l'aparell ha permès la seva fossilització per part de la vegetació



M. MARTI

Fotos 8: Glacera rocallosa de Rus (Vall del Riquerna). La part frontal de la morfologia en llengua permet observar la típica disposició transversal dels lloms i solcs que configuren el relleu superficial



D. SERRAT



D. SERRAT

les formes prenent com a base el seu inventari per a un examen posterior que s'inicia amb el tractament estadístic bàsic i té l'objectiu de determinar el comportament d'aquestes morfologies al Pirineu.

L'àrea objecte d'estudi es correspon, a grans trets, amb el Pirineu català: s'estén des del massís de la Maladeta fins al Costabona, tot aprofitant el gradient altitudinal que presenta la serralada en aquest sector.

El catàleg se centra en el reconeixement de les formes mitjançant fotografia aèria, la seva cartografia a escala 1:25 000 i el recull de dades, tant referents als aparells en si com a l'àrea en què es troben ubicats; amb aquesta finalitat s'ha elaborat una fitxa tipus, similar a les proposades per altres autors.

Aspectes destacats en l'examen de les glaceres rocalloses pirinenques

L'estudi que s'està portant a terme constitueix un projecte de tesi doctoral en procés d'elaboració, del que es presentaran seguidament, a tall d'exemple, alguns dels punts que centren l'interès del treball.

Els aspectes escollits fan referència a la comparació de les dades obtingudes a dos sectors pirinencs, l'anàlisi geomorfològica d'una vall com a unitat espacial i, finalment, es proposa l'anàlisi d'una glacera rocallosa; es recull, així, el pas de la consideració del conjunt de la serralada estudiada al cas concret. Abans, però, s'hi

ha inclòs un apartat referent a la consideració de l'estat actual de les glaceres rocalloses pirinenques.

L'estat de les glaceres rocalloses

Davant el fet que majoritàriament les glaceres rocalloses analitzades es troben en un estat fòssil, que implica la desaparició del gel que les va generar, s'ha optat per assimilar-les al concepte exclusiu de "forma" pel fet que, si bé l'origen periglacial pot ser el més generalitzat, també poden haver intervingut altres factors en la seva gènesi, des del glacialisme als grans desprendiments rocallosos, sense descartar la possibilitat que en algun aparell actuessin diferents gènesis simultàniament o successivament.

Parlar de les glaceres rocalloses pirinenques en estat fòssil implica una generalització que, en tot cas, no descarta la possibilitat que alguns aparells situats a cotes altes i amb orientacions favorables puguin presentar-se encara amb gel intern i es trobin en fase d'inactivitat, com l'apuntada pels autors que han treballat la forma del Besiberri Sud, ni que, com veurem més endavant, puguin ser encara funcionals.

Un dels criteris més emprats a l'hora de reconèixer fisonòmicament l'estat fòssil de les glaceres rocalloses és la presència de cobertura vegetal, en tant que aquesta requereix unes condicions climàtiques netament desfavorables al funcionament dels aparells que colonitzen.

Foto 9: Glacera rocallosa del Puigmal (Vall de Núria). Aparell que mostra, en la seva configuració superficial, la presència de dos sectors individualitzats que corresponen a dos episodis temporals diferents

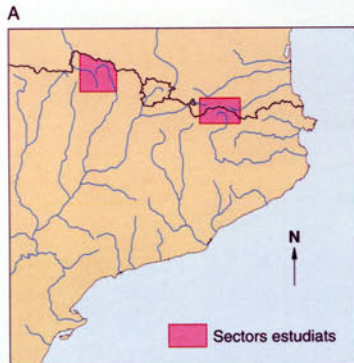
Figura 1: Les glaceres rocalloses en els sectors central i oriental del Pirineu

La realització del catàleg ha considerat també, com un element discernidor de l'estat de les formes, l'observació d'una dinàmica individualitzada en la tartera situada a la capçalera, i que es pot concretar en el cobriment de l'arrel de l'aparell per part del material detrític procedent de la paret i que no és incorporat al flux, o bé en la manifesta diferència de dimensió dels clastos d'ambdós dipòsits.

Dos sectors de la serralada: coincidències i diferències

L'elaboració de les dades recollides en el catàleg a partir de l'aplicació d'una estàdística bàsica permeté oferir els primers resultats per a dos sectors extrems del Pirineu català.

A partir de les dades recollides d'una mostra de 523 glaceres rocalloses es comprova com en la comparació dels sectors



A. L'estudi es basa en l'establiment de dues unitats territorials dins de la serralada pirinenca, assenyalades en el mapa, que es defineixen com a representatives del Pirineu central i oriental, i que compten amb el registre de 408 i 115 glaceres rocalloses respectivament.

B. La distribució de les glaceres rocalloses en funció de l'exposició permet realitzar les següents observacions: A ambdós sectors es presenten les màximes concentracions de morfologies a la part septentrional, mentre que les exposicions més desfavorables per al desenvolupament de les formes responen a la meitat meridional.

Com a fet diferencial apareix el Pirineu oriental amb tres pics per sobre de la mitjana de la distribució, situant la meitat dels dipòsits a l'E, W, NNW i N, responen les dues primeres a la disposició nord-sud d'un gran nombre de les valls analitzades aquí; mentre que al Pirineu central destaquen exclusivament les exposicions septentrionals, amb un potent bloc d'W a NNE.

C. La zonació altitudinal de les glaceres rocalloses permet diferenciar dos tipus de consideracions:

a) Els dos sectors mostren franges altitudinals d'aparició contrastades, amb un Pirineu central amb 1 100 m i 107 m de zona preferencial, i un Pirineu oriental amb 930 m i 119 m de preferencial.

b) La comparació de les glaceres altitudinals per orientacions, nord i sud, mostra com les exposicions septentrionals donen franges d'aparició i preferència més amples; no obstant, al Pirineu central es destaca un fort basculament de les diferents cotes que indicaria un contrast més fort, amb la reclusió a cotes altes dels aparells meridionals, fet que al Pirineu oriental no esdevindria tan clar.

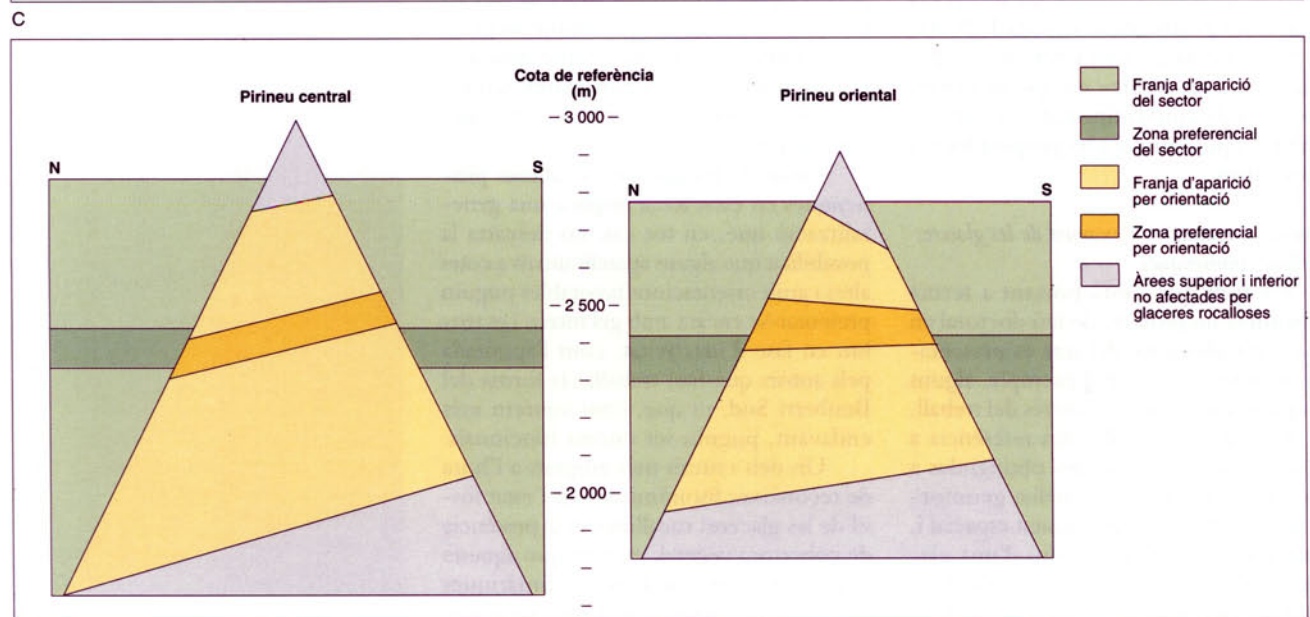
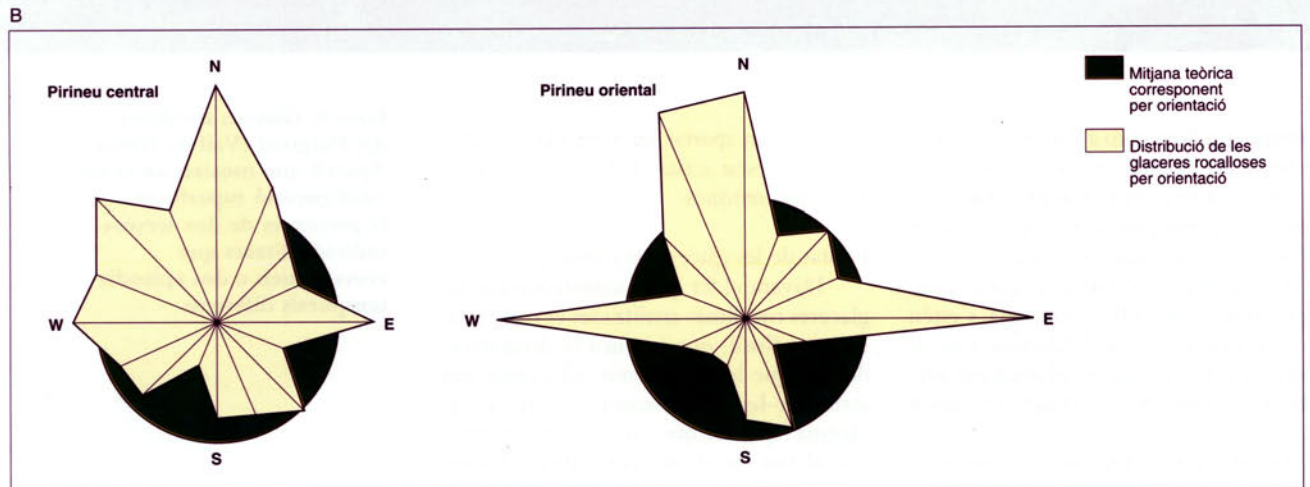




Foto 10: La identificació de les glaceres rocalloses a partir de fotografia aèria ha estat sovint el mitjà més fàcil i útil ja que aquesta dóna una perspectiva dels conjunts, que com en el cas de Mussosles s'emmarca perfectament dins d'una definició del concepte

central i oriental de la serralada s'observen similituds i, alhora, diferències en el comportament d'ambdós.

La comprovació de dos elements destacats en la definició de l'àrea en què es localitzen les glaceres rocalloses, com són l'orientació i l'altura (figura 1), pot servir per a sintetitzar la contraposició dels dos sectors pirinencs.

Si tenim present que l'exposició de la paret que acull els aparells al seu peu i l'altura d'aquests influeixen directament en els valors de precipitació i temperatura locals, es pot observar el comportament dels dos sectors examinats.

En funció de l'exposició s'observa com, a conseqüència de la major insolació rebuda pels vessants meridionals a la nostra latitud, les glaceres rocalloses hi són menys nombroses, amb una forta tendència a pujar en altura al Pirineu central, fet que remarca les manifestes diferències climàtiques existents entre el vessant atlàntic i el mediterrani, i posa èmfasi en el paper que tenen les condicions climàtiques regionals.

Es comprova, també, com l'orografia pot tenir un paper important en l'aparició de les glaceres rocalloses, ja sigui amb la disposició predominant de les parets, en el cas del Pirineu oriental, o amb la major potència altitudinal del Pirineu central, que pot afavorir la superposició de més d'un episodi d'aparells.

L'àmplia franja espacial afectada, però, no limita la possibilitat de solapament de fases al sector central, si tenim present que a ambdós extrems de la serralada s'han localitzat dipòsits amb dues unitats internes superposades.

Les diferències entre ambdós sectors examinats no es limiten a les detectades

per l'orientació i l'altura, sinó que també es poden observar, fins i tot, en la mida dels aparells, amb un Pirineu central on els dipòsits en valors mitjans equivaldrien a dos terços de la dimensió presentada al Pirineu oriental.

Estudi d'una unitat territorial:

Cometes de Moró

La cartografia geomorfològica detallada a escala 1:10 000 d'unitats espacials, com ara valls, permet observar el comportament de les glaceres rocalloses dins d'un context morfològic concret.

L'estudi de Cometes de Moró (figura 2) ha permès treballar en un sector exclòs de les manifestacions extremes del seu context regional, donades les seves limitacions topogràfiques, el que ha fet possible l'anàlisi global i individualitzada de les catorze formes localitzades amb criteris morfològics, genètics i cronològics.

L'entorn geomorfològic de la vall permet situar l'aparició de les glaceres rocalloses amb posterioritat a la retirada dels gels quaternaris que l'ocuparen, com ho constaten els dipòsits glacialment retreballats o fossilitzats per aquestes formes.

A partir de criteris geomorfològics es pot comprovar com en un espai reduït, com Cometes de Moró, coexisteix un ventall de tipus morfològics molt ampli, que es construeixen a partir de materials detrítics procedents de la paret i que, a vegades, poden incorporar dipòsits glacials o bé desprendiments rocosos.

L'origen del gel que mobilitza les glaceres rocalloses sembla ser variat, des d'aparells que evolucionarien a partir d'un nucli de gel glacial residual fins a d'altres que obtindrien l'aportació principal en les canals d'allaus situades a la capçalera.



Notes:

14. S'està preparant un treball detallat sobre la problemàtica, metodologia i resultats obtinguts en aquest estudi.

Figura 2: Les glaceres rocalloses a Cometes de Moró

Prenent en consideració el paper que hi han tingut els tipus morfològics, la litologia i les gènesis implicades, dins d'un context marcat per un graonament altitudinal, que podria correspondre a una millora paulatina de les temperatures, es proposa una reconstrucció del procés d'aparició i evolució de les glaceres rocalloses que implicaria l'existència de quatre episodis, amb un moment inicial que podria coincidir amb la presència de glacialisme a la part alta de la vall.

La glacera rocallosa del Besiberri Nord

L'estudi d'una glacera rocallosa particular, a una escala detallada, pot permetre determinar les característiques morfològiques i funcionals de l'aparell.

La glacera rocallosa present al peu del Besiberri Nord¹⁴ (figura 3) es mostrà en el moment del seu registre com un dipòsit amb uns trets fisonòmics i d'ubicació que podien fer pensar en una activitat recent o actual.



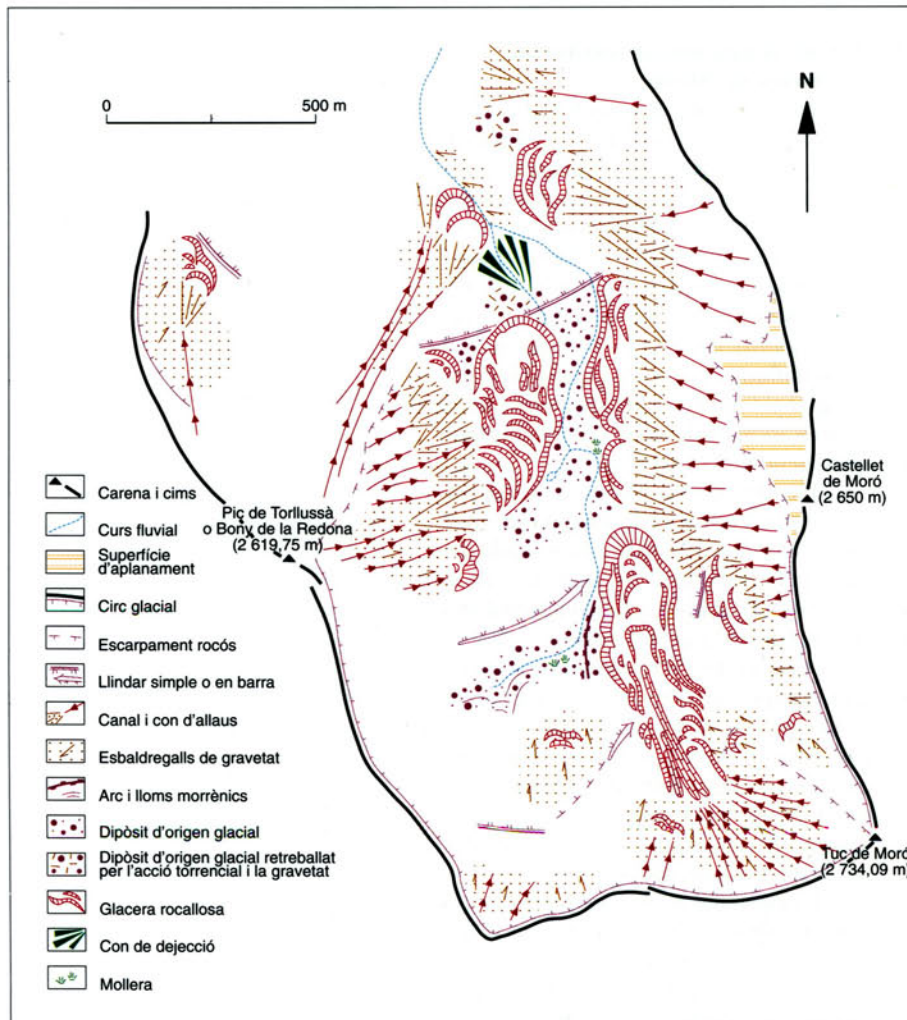
A

- A. La vall de Cometes de Moró, amb poc més de 3 km² de superfície, s'emplaça dins del rectangle dibuixat per les coordenades UTM 31TCH2605 i 31TCH2808; s'obre a septentrí i aporta les seves aigües al riu de Sant Martí, afluent de la Noguera de Tor, a la Vall de Boí.
- B. La cartografia geomorfològica de Cometes de Moró destaca la coexistència de les glaceres rocalloses amb formes preglacials, com ara les superfícies d'aplanament; un modelat clarament glacial, que abraça des de morfologies d'erosió, com el circ que configura la capçalera, als dipòsits que es poden trobar al seu interior, així com els retocs efectuats per l'acció de les aigües torrencials, les canals d'allaus o la gravetat.
- C. A partir de criteris geomorfològics i de context es poden diferenciar quatre franges altitudinals que recollirien glaceres rocalloses amb funcionaments temporals, més o menys independents, les quals estarien separades per tres cotes o llindars, que serien: 2 200 m, 2 350 m i 2 500 m.

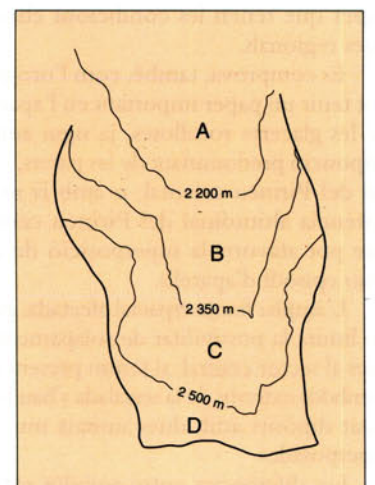
En funció del graonament altitudinal de les formes i de les seves característiques es proposa una divisió del procés d'aparició i evolució de les glaceres rocalloses en quatre fases, que serien:

- a) En una fase inicial, amb un glacialisme reclòs a la part alta de la vall (C-D), els sectors baixos d'aquesta començarien a acollir la formació de les primeres glaceres rocalloses.
- b) La millora de les condicions climàtiques reduiria la glacera del circ a un nucli de gel cobert per material detrític, entrarien en funcionament els aparells del sector C, mantindrien la seva dinàmica els del B i entrarien en una fase d'inactivitat els pertanyents a l'A, que es troben ja en unes condicions adverses per al seu manteniment.
- c) L'augment global de les temperatures faria entrar en un estadi fòssil les glaceres rocalloses més baixes (A), mentre que les del sector B frenarien la seva activitat, que es mantindria només al sector C.
- d) Finalment, prendrien forma i activitat els petits aparells del sector D, mantenint-se en funcionament la llengua del sector C, mentre la resta dels seus dipòsits entraria en fase d'inactivitat i els situats als sectors A i B es trobarien ja fòssils.

B



C



Les mesures de l'activitat de les glaceres rocalloses poden realitzar-se mitjançant diferents tècniques, i l'anàlisi fotogramètrica es presenta com la més apropiada per al cas que ens ocupa, per tractar-se d'una tècnica emprada i contrastada per altres autors, com podrien ser Evin i Assier als Alps del sud.

L'examen detallat ha permès observar com el dipòsit es troba emmarcat per un arc morrènic extern, presentant dues unitats

internes amb comportaments diferents. Així, la llengua central és la que mostra un dinamisme d'avenç més marcat durant el període estudiat, mentre que el lòbul occidental destaca pel procés d'enfonsament, que ha comportat la remodelació de la seva superfície tot mantenint un desplaçament.

Les diferències de comportament entre les dues subunitats potser caldria buscar-les en les condicions ambientals regides per la topografia circumdant, amb una unitat central ben

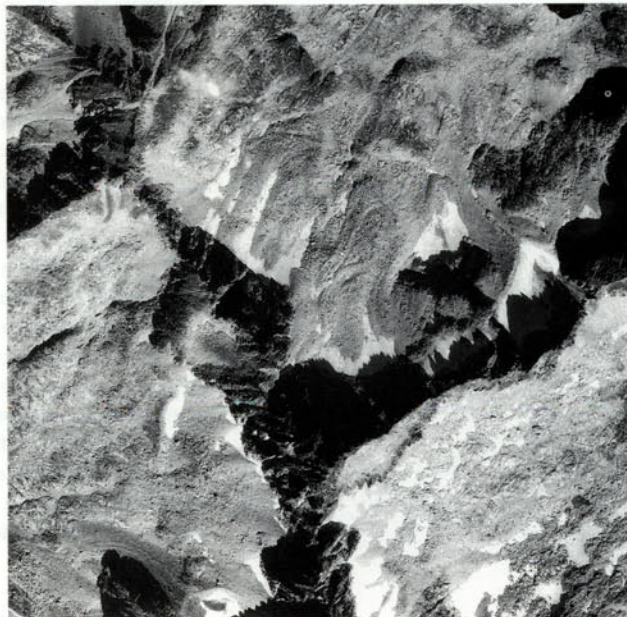
Figura 3: Glacera rocallosa del Besiberri Nord



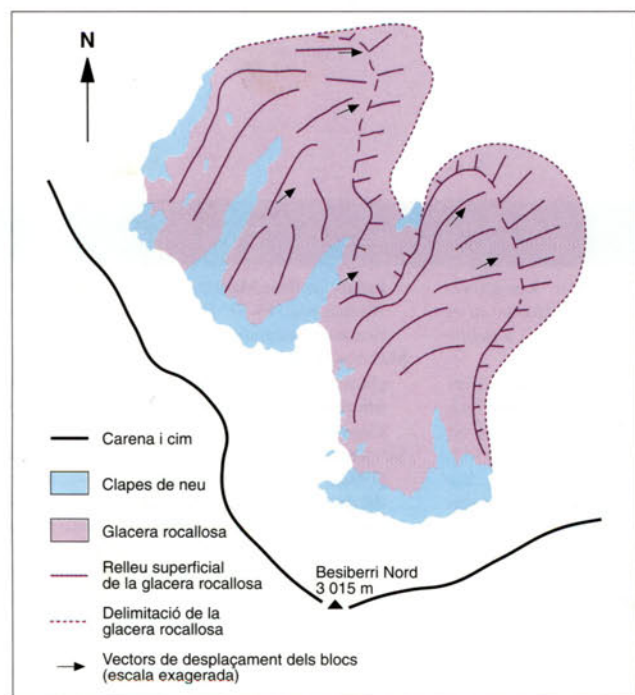
A

A. L'àrea estudiada se situa al peu del Besiberri Nord, just en el seu vessant septentrional; ocupa l'espai delimitat per les coordenades UTM de la imatge D.

B. El mètode de treball s'ha basat en la comparació de dos models estereoscòpics, del 1957 i del 1988, aquest darrer recollit en la figura, sobre els quals s'ha establert un sistema de punts fixos que han permès l'orientació dels models així com el càlcul de les coordenades corresponents als punts amb activitat probable i la restitució de les corbes de nivell per a cada cas.



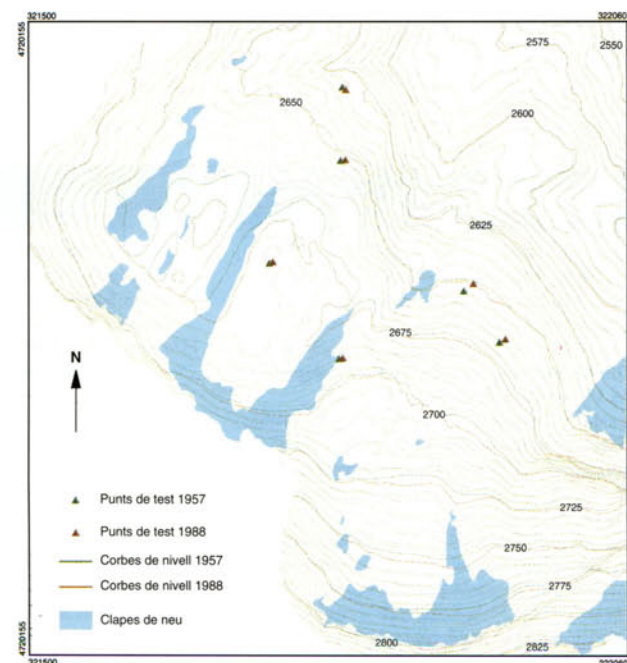
B



C

C. L'esquema geomorfològic de la glacera rocallosa del Besiberri Nord mostra, mitjançant fletxes, els desplaçaments observats en sis punts situats a la superfície del dipòsit, els quals presenten valors compresos entre els 3,83 m i els 13 m per a la totalitat del període analitzat, amb una precisió que en el model del 1988 se situa en 30 cm en planimetria i 40 cm en altimetria, mentre que el model del 1957 les eleva a 1 m i 2 m respectivament, ja que en aquest cas la georeferenciació dels punts ha comportat més error a causa de la manca de dades sobre la càmera emprada en aquest vol.

D. La restitució fotogramètrica dels models corresponents al 1957 i 1988 parteix de la base d'una precisió menor que en el cas de la localització de punts concrets; no obstant això, ha permès reconstruir el relleu superficial del dipòsit al mateix temps que la superposició de les dues topografies resultants mostra una important dinàmica per al conjunt, que en el sector occidental ha suposat un remarcable canvi en el relleu de la glacera rocallosa.



D

fornida de material i neu per la potent paret del Besiberri Nord, enfront d'un lòbul occidental situat al peu d'una paret secundària.

Conclusions

El gran volum de bibliografia existent sobre el tema de les glaceres rocalloses mostra per si sol la importància que se'ls ha atorgat per part dels geomorfòlegs, per tractar-se d'unes formes amb alt contingut d'informació paleoambiental, que requereixen unes condicions de temperatura i precipitació molt ajustades, amb la isoterma de -2°C com a límit superior.

D'altra part, la consulta dels treballs sobre les glaceres rocalloses pirinenques mostra que l'interès per aquestes formes ha estat relativament recent, detectant-se en tot moment una forta dependència teòrica externa.

Abordar l'estudi d'unes formes prou complexes com són les glaceres rocalloses requereix la revisió de diferents escales de treball, que puguin aportar informacions contrastades i complementàries, per tal de no oferir-ne una visió esbiaixada.

Amb els tres exemples exposats es pot observar com al llarg de la serralada, i sota condicionants regionals, es donen diferents comportaments; diferències que també es poden trobar quan es passa a una unitat de treball més reduïda i fins i tot quan s'anul·litza un dipòsit concret.

El factor altitudinal esdevé un element de primera magnitud per a l'explicació de les glaceres rocalloses pirinenques, situades majoritàriament per sobre dels 2 000 m d'altitud.

La confirmació de l'existència d'un aparell amb activitat demostrada per al període 1957-1988 posa punt i final a una llarga cursa, i al mateix temps inicia tot un altre camp de possibilitats de treball.

Conèixer l'evolució del modelat postglacial (Tardiglacial i Holocè) pirinenc passa per l'estudi de les glaceres rocalloses, les quals presenten la dificultat de datació com un inconvenient afegit.

Agraïments

Mercès al conveni establert entre la Universitat de Barcelona i l'Institut Cartogràfic de Catalunya ha estat possible l'aplicació de les tècniques fotogramètriques a l'estudi de les glaceres rocalloses pirinenques, i des d'aquí agraim l'interès mostrat per les institucions implicades, així com l'empenta i dedicació mostrades per na Dolors Barrot i en Jordi Costa, que han fet possible l'obtenció de les mesures finals.

Aquest treball ha estat possible gràcies a l'ajut parcial del projecte de la DGICYT, PB88-0209.

Data de recepció de l'original: 01.95

Bibliografia

- AGUDO, C., SERRANO, E. i MARTÍNEZ DE PISÓN, E. (1989): "El glaciar rocoso activo de los Gemelos en el Macizo del Posets (Pirineo aragonés)", a *Cuatenario y Geomorfología*, 3(1-4): 83-91.
- ANGLÉLY, G. (1967): "Anciens glaciers rocheux dans l'Est des Pyrénées centrales", a *Revue Géographique des Pyrénées et du Sud-Ouest*, 38: 5-28.
- CAZENAVE-PIARROT, F. i TIHAY, J.P. (1985): "Glaciers rocheux dans les Pyrénées centrales et occidentales", a *Notes et Comptes Rendus du Groupe de Travail "Régionalisation du Périglaciaire"*, 10: 31-43.
- CHUECA, J. (1991): "Análisis de la distribución espacial de los glaciares rocosos en el Pirineo central oscense", a *Geographicalia*, 28: 85-99.
- CHUECA, J. (1991): "Aplicación de métodos de análisis factorial en el establecimiento de una tipología de los glaciares rocosos del Pirineo central oscense", a *Cuatenario y Geomorfología*, 5(1-4): 27-43.
- EVIN, M. i ASSIER, A. (1982): "Mise en évidence de mouvements sur le glacier rocheux du Pic d'Asti (Queyras-Alpes du Sud-France)", a *Revue de Géomorphologie Dynamique*, 31(4): 127-136.
- GIARDINO, J.R., SHRODER, J.F., JR. i VITEK, J.D. (eds.) (1987): *Rock glaciers*, 355 pàg. Allen & Unwin. Londres.
- GUTIÉRREZ, M. i PEÑA, J.L. (1981): "Los glaciares rocosos y el modelado acompañante en el área de la Bonaigua (Pirineo de Lèrida)", a *Boletín Geológico y Minero*, 92(2): 101-110.
- HAEBERLI, W. (1985): "Creep of mountain permafrost: internal structure and flow of alpine rock glaciers", a *Mitteilungen der Versuchsanstalt für Wasserbau, Hydrologie und Glaciologie*, 77: 1-142.
- HAMILTON, G.S. (1988): "The development, age and present status of a rock glacier in the Posets Massif, Spanish Pyrenees", a *Pirineos*, 131: 43-56.
- MARTÍ, C. i GARCÍA-RUIZ, J.M. (eds.): *El glaciario surpirenaico: Nuevas aportaciones*, 142 pàg. Geoforma Ediciones. Logroño.
- MARTÍ, M. (1994): "L'ocupació de l'espai per les glaceres rocalloses, l'exemple de Cometes de Moró", a *III Jornades sobre Recerca al Parc Nacional d'Aiguestortes i Estany de Sant Maurici*, 19 pàg. Boí.
- MARTÍ, M. i SERRAT, D. (1990): "Los glaciares rocosos del Pirineo catalán: primeros resultados", a *Actas I Reunión Nacional de Geomorfología*, pàg. 191-201. SEG. Terol.
- MARTÍ, M. i SERRAT, D. (1992): "Les glaceres rocalloses al Parc Nacional d'Aiguestortes i Estany de Sant Maurici i la seva àrea d'influència. La investigació al Parc Nacional d'Aiguestortes i Estany de Sant Maurici", a *Segones Jornades sobre Recerca*, pàg. 43-51. Direcció General del Medi Natural, Generalitat de Catalunya. Lleida.
- MARTIN, H.E. i WHALLEY, W.B. (1987): "Rock glaciers. Part 1: Rock glacier morphology: classification and distribution", a *Progress in Physical Geography*, 11: 260-282.
- SAN JOSÉ, J.J. DE, AGUDO, C., SERRANO, E. i SILIO, F. (1992): "Auscultación topográfica y fotogramétrica del glaciar rocoso de las Argualas (Pirineo aragonés): Datos preliminares", a *Estudios de Geomorfología en España*, volum I: 423-431. SEG. Múrcia.
- SERRANO, E., MARTÍNEZ DE PISÓN, E., MARTÍNEZ, R. i CANTARINO, I. (1991): "El glaciar noroccidental del Besiberri (Pirineo de Lèrida)", a *Pirineos*, 137: 95-109.
- SERRANO, E. i RUBIO, V. (1989): "El glaciar rocoso activo de las Argualas. Pirineo aragonés", a *Eria*, 19-20: 195-198.
- SERRAT, D. (1979): "Rock glacier morainic deposits in the eastern Pyrenees", a SCHLÜCHTER, CH. (ed.): *Moraines and Varves. Origin, genesis, classification*. pàg. 93-100. A.A. Balkema. Rotterdam.
- WAHRHAFTIG, C. i COX, A. (1959): "Rock glaciers in the Alaska Range", a *Geological Society of America Bulletin*, 70: 383-436.

Totes les Comarques de Catalunya

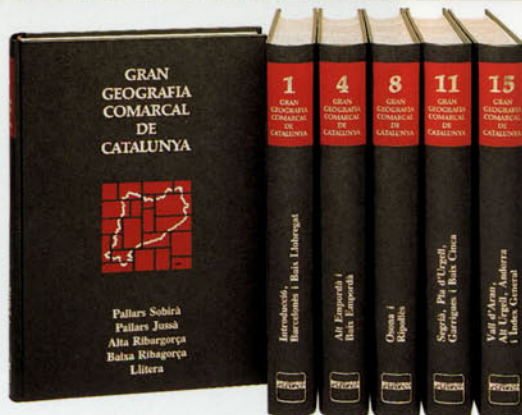
La Gran Geografia Comarcal de Catalunya analitza la realitat catalana a partir de l'estudi de la comarca, tot contemplant-ne els aspectes històrics, demogràfics, culturals, etc. i continua amb l'anàlisi detallada d'aquests mateixos aspectes en tots i cadascun dels municipis que la integren

En aquesta obra es presenta, per primera vegada, la NOVA DIVISIÓ COMARCAL

GRAN GEOGRAFIA COMARCAL DE CATALUNYA

CARACTERÍSTIQUES TÈCNiques:

- 15 volums de gran format 21 x 29,5 cm en símil de pell i estampats en plata
- 6.500 pàgines de text
- 5.547 fotografies (terrestres i aèries)
- 800 mapes, dibuixos, plànols de ciutats, gràfics, escuts, etc., elaborats especialment per a aquesta obra per l'Institut de Geografia Aplicada.



derivada de l'aplicació de la Llei d'Ordenació Territorial del 1987 i els canvis d'adscripció municipal aprovats pel Parlament de Catalunya l'any 1990.

Estic interessat a rebre més informació sobre l'obra **GRAN GEOGRAFIA COMARCAL DE CATALUNYA**

Nom i Cognoms _____ AC 1319

Adreça _____ Tel _____

Població _____ C.P. _____

ENCICLOPÈDIA CATALANA

Envieu-ho a: **DIGEC S.A.** Diputació, 250 - 08007 - Barcelona

SI VOLS GUANYAR TEMPS, TRUCA'NS AL TELÈFON **900 300 122**