Estudi del mantell nival i programa de predicció del risc d'allaus al Pirineu de Catalunya

Xavier Bosch*
Glòria Furdada
Joan M. Vilaplana
GEÒLEGS

Pere Martínez
ENGINYER TÈCNIC DE MINES

Durant aquests deu darrers anys, s'ha produït, al Pirineu català, un gran augment de la pràctica d'esports d'hivern i, així mateix, una important expansió del turisme a les zones d'alta muntanya. Aquest fenomen ha comportat un augment significatiu d'infrastructura lligada directament a les estacions d'esquí, com també la creació d'urbanitzacions i de noves vies d'accés a aquestes zones, les quals, anys enrere només eren freqüentades en el període estival, en absència de neu.
Amb aquesta nova situació d'ocupació del sòl en època hivernal, el risc de les allaus de neu augmenta en grans proporcions. Així, resulta òbvia la necessitat d'un programa que tendeixi a minimitzar aquest risc en les seves diverses facetes i que permeti, alhora, una millor gestió del territori.

* Xavier Bosch (setembre 1953-novembre 1990) va ser qui va iniciar el programa de risc d'allaus al Pirineu de Catalunya, i el va coordinar i impulsar fins al febrer de 1990.

Minimitzar els efectes dels riscos naturals

Qualsevol estudi a l'entorn dels riscos naturals pretén, implícitament o explícita, minimitzar els efectes negatius del fenomen en qüestió. Per a aconseguir aquests propòsits cal afrontar diverses etapes en el treball, les quals tenen un doble vessant: el tècnic i el social. Partint d'una conscienciació sobre la problemàtica que es planteja (inicialment no és necessari que sigui molt generalitzada) el treball dels tècnics ha de començar per conèixer el fenomen (en el nostre cas, el de la formació de les allaus i el seu impacte) i la seva predicció, per tal de poder passar, posteriorment, a les actuacions concretes de prevenció i protecció.

Actuacions predictives, preventives i de protecció

Des de fa molts anys, els països alpins i tots aquells que inclouen regions de tipus alpí en el seu territori (d'entre els quals podrien destacar-se França, Suïssa, Itàlia, els EU, el Canadà i el Japó) es preocupen per la recerca a l'entorn d'aquest tema i duen a terme, amb més o menys intensitat, actuacions predictives, preventives i de protecció. Trobem exemples més concrets en catàlegs d'allaus, com ara el d'ARMSTRONG i ARMSTRONG (1977) i en l'elaboració de cartografies de risc i plans de protecció del territori (CEMAGREF, 1989). Un magnífic exemple de la correlació entre la recerca sobre la neu i la seva aplicació en la lluita contra les allaus el tenim en el treball de LAFEUILLE (1987), en el qual es comenta l'experiència francesa.

Al Pirineu Català

En aquesta línia, el Servei Geològic de Catalunya del Departament de Política Territorial i Obres Públiques, en collaboració amb el Departament de Geologia Dinàmica, Geofísica i Paleontologia (Universitat de Barcelona), duu a terme, des del 1986, un programa que s'anomena "Estudi del Risc d'Allaus al Pirineu Català", els objectius i les realitzacions concretes del qual s'exposen en aquest article.

El mantell nival i la seva evolució

El mantell nival, contràriament al que habitualment es pensa i lluny del que aparenta a primer cop d'ull, no és únicament una capa blanca i freda, homogènia i regular. De fet, des del moment que la neu comença a dipositar-se a la terra, i a vegades fins i tot abans, comença a transformar-se tot, seguint una seqüència de fenòmens físics. El resultat n'és una capa, amb diversos horitzons, d'un material heterogeni (gel, aigua i aire), amb propietats variables en el temps i en l'espai. Aquestes transformacions, que poden ser molt complexes, s'anomenen metamorfisme de la neu. Les conseqüències més evidents dels tres grans tipus de metamorfisme nival (d'isotèrmia -fig. 1-, de gradient -fig. 2-, i de fusió) són la variació de la grandària i la forma dels grans de gel, el tipus d'unió entre les partícules i la presència d'aigua, en major o menor proporció, en els espais intergranulars. El resultat final s'expressa en variacions de les propietats físiques dels grans de neu i del conjunt d'horitzons del mantell nival (densitat, angle de fregament intern, cohesió, permeabilitat, elasticitat del conjunt, etc.), i dóna lloc a importants modificacions en l'estabilitat del mantell nival.

L'estabilitat del mantell nival depèn de la relació entre les forces motrius FM (component del pes paral·lel al vessant) i les forces resistents FR (forces de fregament, de cohesió, etc.), fig. 3, (LLYBOUTRY, 1964), en una anàlisi semblant a la que es fa per a la inestabilitat de vessants i talussos en la roca i sòls (TERZAGHI, 1950). Els factors que intervenen en la magnitud d'aquestes forces són diversos. Alguns són intrínsecs a cada vessant o zona considerada (pendent, rugositat del sòl, orientació respecte al sol o als vents dominants, etc.), uns altres són variables en el temps (factors extrínsecs) i, malgrat que, parcialment, depenen dels anteriors, estan condicionats, fonamentalment, per la meteorologia (precipitacions, temperatures,

OBJECTIUS D'UN PROGRAMA DE MINIMITZACIÓ DEL RISC D'ALLAUS

La finalitat d'aquest programa és el *desenvolupament d'una metodologia que permeti predir i avaluar el risc d'allaus* i, d'aquesta manera, poder prendre les mesures de prevenció i protecció més adequades.

Per això és necessari el desenvolupament d'una sèrie d'objectius que s'aniran complementant els uns als altres a mesura que avança el programa.

En primer lloc, cal un *estudi teòric del fenomen de les allaus* (evolució del mantell nival, factors que en determinen l'estabilitat, etc.). Aquest estudi, que inclou la incorporació de l'experiència d'alguns altres països amb una llarga tradició en el tractament d'aquest tema, permet enfocar dues vies principals de treball; ambdues tenen com a objectiu la *predicció de les allaus en l'espai i en el temps*. A mesura que es progressa en aquestes dues línies es fa possible revisar els coneixements teòrics i adaptar-los a les particularitats del Pirineu català.

Així doncs, aquest objectiu s'ha d'anar desenvolupant constantment, ja que és fonamental per tal d'anar redefinint el treball que s'ha de fer per a poder assolir l'objectiu final del programa.

L'objectiu de la predicció d'allaus té, com ja anunciàvem, dos vessants ben diferenciades: la predicció en l'espai i la predicció en el temps.

La predicció en l'espai o a llarg termini (BUSER et al., 1985) consisteix a determinar totes aquelles zones en les quals en algun moment, en un llarg període de temps, el mantell nival pot assolir la inestabilitat i, en conseqüència, s'hi poden produir allaus.

Aquest tipus de predicció es basa en el fet que les allaus, com les riuades, són un fenomen recurrent. D'aquesta manera, es tenen en compte totes les zones amb perill d'allau que es poden identificar, fins i tot en els casos que no han estat funcionals durant els darrers anys, ja que molt probablement poden ser-ho en un futur.

La predicció en el temps o a curt termini consisteix a fer una estimació de la probabilitat que les allaus, de petites o de grans dimensions, puguin tenir lloc espontàniament o artificial, en una regió determinada, en un període d'hores o de dies.

Així, la predicció en el temps es basa en l'anàlisi de les dades del mantell nival, obtingudes i tractades en el temps real, i tenint en compte la predicció del temps atmosfèric. En definitiva, es fa una avaluació de l'estabilitat del mantell nival i la seva evolució probable.

Finalment, i com a objectiu a més llarg termini, hi ha *l'assessorament en la relació amb obres i actuacions de prevenció i protecció.*

Fig. 1:

Metamorfisme d'isotèrmia. Formació de punts de gel entre els grans.

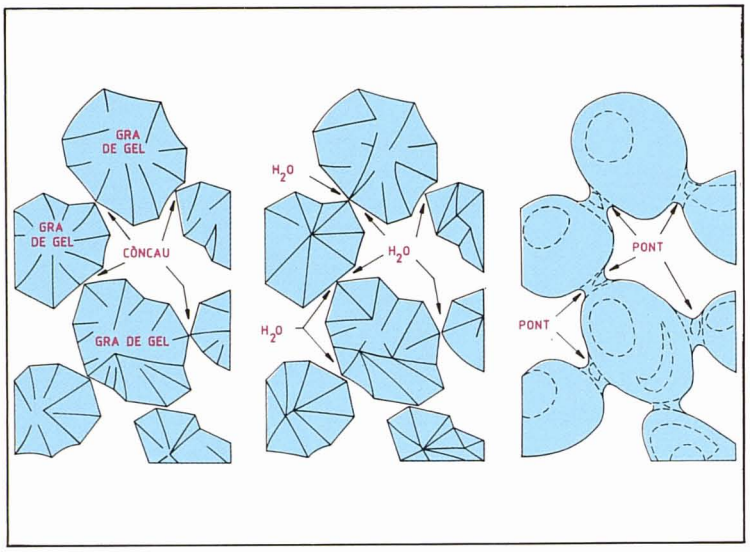
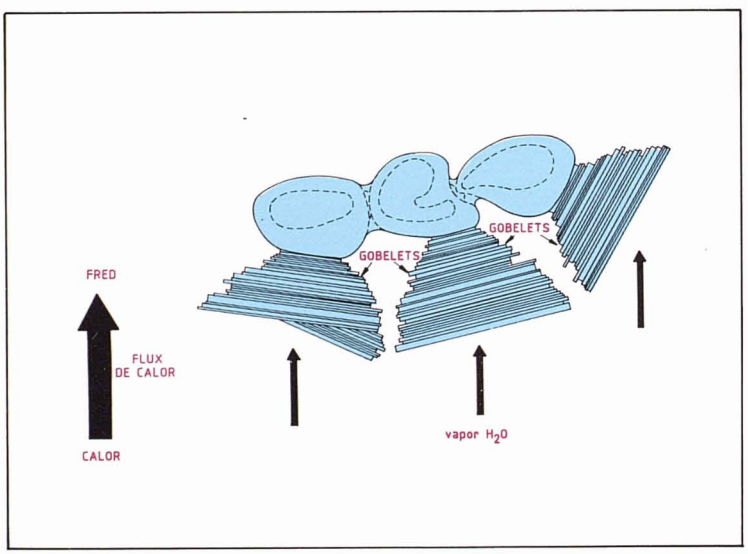


Fig. 2:

Metamorfisme de gradient. Formació de nous grans, sense cohesió entre si.



vent). La meteorologia condiciona el flux enèrgic i de massa en el si del mantell nival i fora d'aquest i, com a conseqüència, la seva futura transformació o metamorfisme (SELIGMAN, 1980). Tal com ja s'ha dit amb anterioritat, el metamorfisme nival intervé directament en les forces de cohesió interna del mantell nival i, per tant, de la seva estabilitat.

Les allaus

Una allau és una porció de massa del mantell nival que es posa en moviment a causa de la ruptura de l'equilibri entre les forces resistents i les forces motrius. Tindrem diversos tipus d'allaus segons les característiques físiques de la neu que les configura. La "qualitat de la neu", definida principalment per la seva temperatura i la seva densitat, i el grau de cohesió entre els grans, ens permet una primera classificació de les allaus en:

Allau de neu pols: es produeix durant o poc després d'intenses nevades, amb baixes temperatures (menors de -5ºC) en qualsevol indret. Són allaus que es generen quan els flocs de neu es trenquen i perden cohesió. Per tant, s'esdevenen en el moment en què es veu caure la neu de les branques dels arbres, fils elèctrics, etc. La neu és seca, lleugera i té gran mobilitat. Són allaus molt ràpides (velocitat 30 m/s) i molt perilloses pel seu gran poder destructiu.

Allau de neu molla: és la típica allau de primavera, tot i que pot donar-se sempre que les temperatures siguin altes. Es produeix sobretot en vessants orientats al sud. La neu és humida i pesant. La velocitat de lliscament és lenta. Poden deixar el terra descobert i tenen un gran poder erosiu.

Allau de placa: es produeix en vessants oberts, sobretot en zones convexes, i sovint pel pas d'un esquiador. La zona de sortida és una fractura que pot afectar tot el gruix de neu o bé part d'aquest. La placa llisca per sobre d'una discontinuïtat en el mantell de neu o bé es desenganxa per la seva base. Si les plaques són de neu ventada es poden reconèixer perquè es formen sota les cornises, són d'un blanc molt mat, tenen una forma lenticular, grinyolen quan s'hi passa per sobre i els pals d'esquí o els piolets s'hi claven molt bé.

Aquesta senzilla classificació no és suficient per als especialistes. És necessari considerar un seguit de criteris secundaris que permeten completar amb una més gran informació els tipus d'allaus (CEMAGREF, 1983 - UNESCO, 1981). Aquests elements, que cal també considerar, són els següents:

- forma de la zona de sortida (puntual, lineal).
- posició de la superfície de lliscament (sòl, horitzó de neu).
- morfologia del terreny (corredor, vessant obert).
- temperatura de l'allau.
- velocitat de l'allau.

Una allau, com la majoria de processos geomorfològics (revingudes, esllavissaments), és un fenomen recurrent. En una zona deter-

minada on ja s'ha produït una allau, hi ha una elevada probabilitat que s'hi reprodueixi al cap d'un cert període de temps. En general, les allaus petites són les que es generen després de cada nevada o, a tot estirar, amb una periodicitat anual. Les que tenen un període de recurrència superior a un any corresponen a situacions menys normals (nevades extraordinàries, canvis meteorològics bruscos i inesperats) i solen comportar un nivell més alt de perillositat.

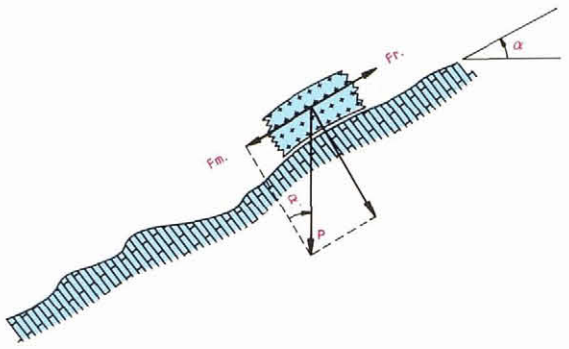
Excepcionalment, les allaus més destructives que es coneixen són aquelles que es produeixen, com a màxim, un cop cada cent anys. De tot això es pot deduir que si en una investigació es detecta l'impacte produït per una antiga allau, aquesta es tornarà a produir, amb tota seguretat, en un futur més o menys proper, al mateix indret. En conseqüència, en aquella zona caldrà parlar de *perillositat crònica d'allaus*.

Allaus i medi ambient

El fenomen de les allaus és fonamentalment destructiu i per això cal parlar de perillositat del procés nival. Comporta un impacte sobre el medi: destrucció del medi natural, de béns i de persones. Des del punt de vista sòcioeconòmic, l'impacte de les allaus té un cost determinat. Sobre el medi geològic produeix una erosió dels sòls de l'alta muntanya que, en molts casos, resulta ser el punt de partida d'una erosió hídrica posterior. Sobre els boscos, les allaus produeixen una important destrucció de la massa forestal: la majoria d'allaus de grans dimensions tenen la seva zona de sortida en el domini supraforestal, però les seves zones de trajecte i d'arribada se situen de ple en el domini del bosc. A les vies de comunicació (carreteres i ferrocarril) es produeixen interrupcions de la circulació i, en alguns casos, accidents amb víctimes humanes. A les zones d'ocupació humana, ja siguin pobles, cases aïllades, centres turístics, àrees d'esports d'hivern, etc., l'impacte de les allaus pot

Fig. 3

Definició d'allau: massa del mantell nival en moviment per ruptura d'un equilibri entre les forces motrius (Fm) i les forces resistents (Fr).



Fm: Component del pes P paral·lela al pendent (α).

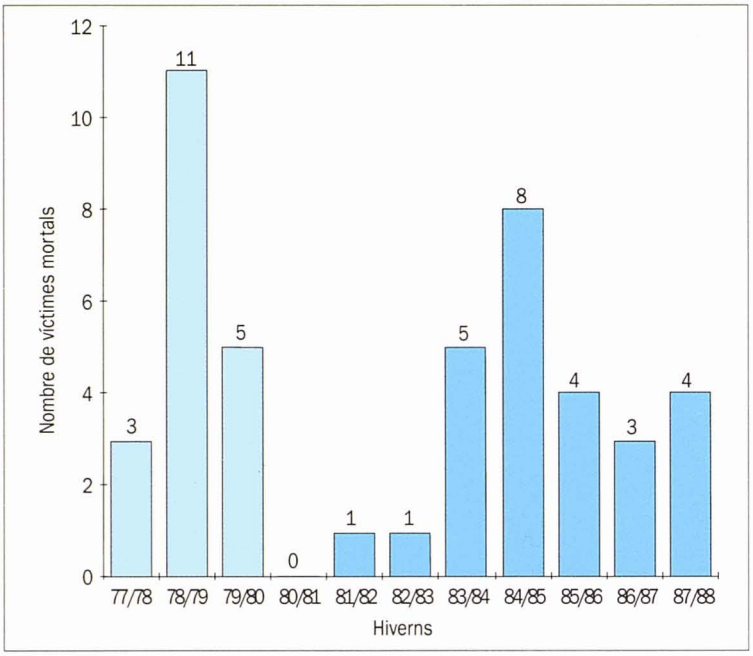
Fm: Σ (a + b + c)

a) Forces de fregament en el pla de lliscament.
b) Forces d'ancoratge.
c) Forces de cohesió interna del mantell nival.

Allau de neu pols. S'hi observa l'efecte d'aerosol. (foto Xavier Bosch).

Fig. 4.

Nombre de víctimes mortals a l'Estat espanyol en el període 1978-1979



Dades de Jerónimo López publicades a l'article "Análisis del riesgo y de los accidentes por aludes de nieve". Encuentro Internacional "Catástrofes y Sociedad". Fundación MAPFRE/ITSEMAP Editores.

Allau de neu recent molla desencadenada pel pas d'un esquiador. (foto Joan Manuel Vilaplana).

provocar la destrucció d'edificacions i la mort de persones, fig. 4. Els esquiadors de muntanya i els que practiquen l'esquí fora pista hi són especialment vulnerables. Poden actuar com a agent extern i, amb el seu pes, desencadenar una allau en un punt on el mantell nival es trobava en un equilibri precari. Són, per tant, desencadenants i víctimes cada vegada més freqüents, ja que cada vegada són més nombroses les persones que practiquen aquest tipus d'esquí.

Tal com es defineix per part dels estudiosos del tema, direm que un fenomen natural que comporta una perillositat, com és el cas de les allaus, comportarà un risc sempre que vulneri una determinada organització social del medi (PANIZZA, 1987). Així doncs, en una àrea determinada, amb una perillositat d'allaus comprovada, el risc d'allaus augmentarà segons la major ocupació de l'increment de l'ús del sòl per part de l'home. Com a exemple, podem citar el cas de la carretera del port de la Bonaigua, un dels accessos a la Vall d'Aran, tots els quals, fins fa poc, no comportaven cap mena de risc per a l'automobilista, ja que estaven tancats durant l'hivern i la primavera. Actualment, el port de la Bonaigua i els seus accessos es mantenen oberts durant tot l'any; l'escassa innivació d'aquests darrers hiverns ha propiciat que no s'hi hagin produït allaus importants però, malgrat tot, el risc, ara, existeix.

Lluita contra les allaus

Talment com en la lluita contra qualsevol tipus de desastre natural (sismes, inundacions, etc.) els països sensibilitzats enfront d'aquests problemes duen a terme diversos programes de recerca. Aquests programes es fonamenten en els estudis sobre la predicció temporal que es basen en les dades nivometeorològiques i es reforcen amb l'experimentació al laboratori i sobre el terreny. Paral·lelament es realitzen investigacions per determinar en quins llocs i de quina manera es pro-

dueix l'impacte de les allaus; això permet treballar en el camp de la predicció espacial. Aquest últim aspecte es desenvolupa a partir de tècniques cartogràfiques diverses (mapes de risc, cartografies de localització de zones probables d'allaus, etc.) (CEMAGREF, 1981; HESTNES and LIED, 1980).

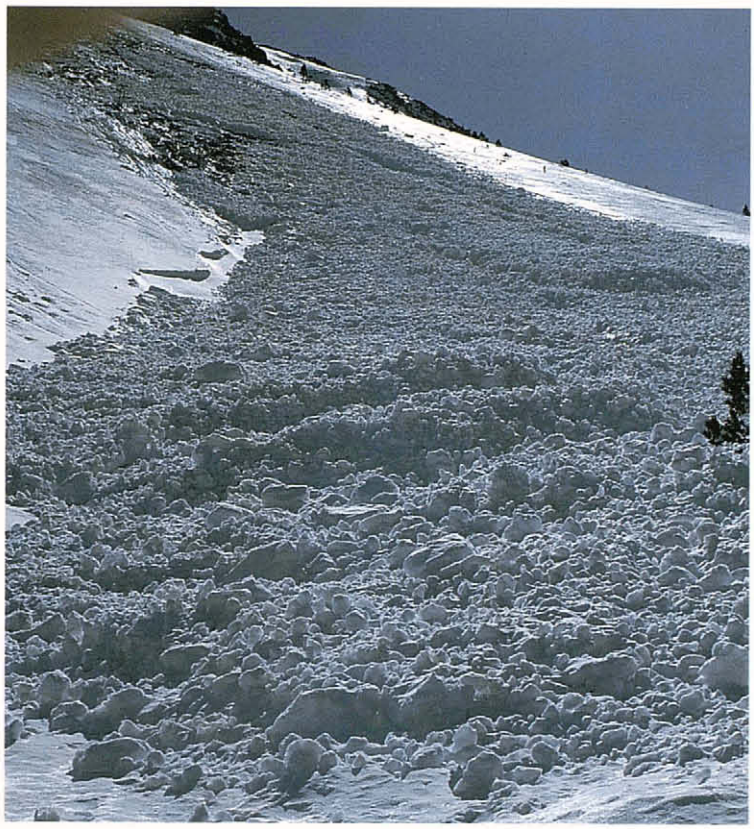
És a partir de rigorosos programes de predicció que es podrà actuar de manera correcta en els camps de la prevenció i protecció de les allaus.

Actuacions realitzades en el camp de la predicció en l'espai

Prenent com a base l'experiència de diversos països en la cartografia d'àrees afectades per allaus (MARTINELLI, Jr, 1974, ARMSTRONG & ARMSTRONG, 1977, EUA; CEMAGREF, 1981, PEJOUAN, 1983, França; SERVIZZIO DE CALAMITA PUBBLICHE, 1986, Itàlia; COLBECK, 1977) s'han identificat fins aquest moment, les zones amb perill d'allau de la Vall d'Aran, el Parc Nacional d'Aigües Tortes i Sant Maurici i algunes altres zones de la Ribagorça i el Pallars Sobirà (Pirineu català). La metodologia seguida per cartografiar consisteix en: 1) fotointerpretació de l'àrea estudiada (reconeixement de zones amb perill d'allau); 2) treball de camp (comprovació sobre el terreny); 3) enquesta a la gent que viu i treballa a l'àrea estudiada (possible informació sobre períodes de recurrència de les allaus). Aquesta informació està recollida en els documents següents:

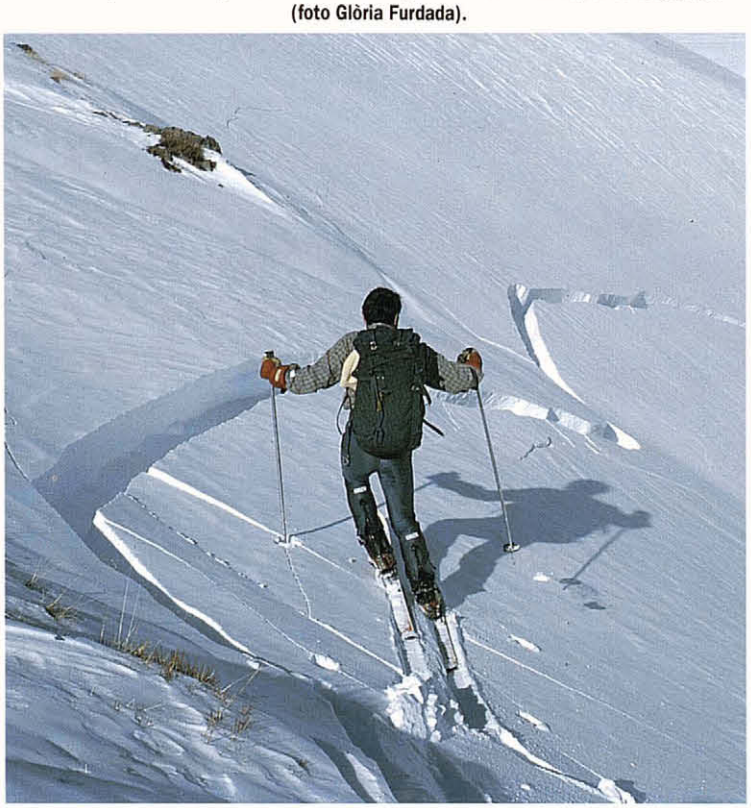
- **Mapa de localització probable d'allaus:** sobre una base topogràfica 1:25.000 s'han cartografiat allaus i zones associades, cornises de neu, àrees amb deflació i sobreacumulació nival, escarpats rocosos i obres existents de prevenció i protecció. Convé indicar que en aquest mapa no es representa la freqüència de cada allau, sinó només la seva extensió màxima.

- **Atlas de zones probables d'allaus:** recull en una col·lecció de fit-



Allau de neu molla. S'hi observen les típiques boles que es formen com a resultat d'aquest tipus d'allau. (foto Glòria Furdada).

Allau de placa al vent just en el moment en què és desencadenat per un esquiador. (foto Glòria Furdada).



Allau de placa al vent, de petites dimensions i recorregut. S'hi observen els típics blocs de neu cohesiva producte d'aquest tipus d'allau. (foto Glòria Furdada).

A primer terme, casa destruïda per una allau. La casa de pisos de segon terme va ser afectada per la mateixa allau i se li va haver de reconstruir la teulada. (Porté-Pimorent, Pirineu francès) (foto Joan Manuel Vilaplana).

xes i de fotografies una sèrie de zones d'allau que han semblat importants, fonamentalment per la seva gran magnitud i pel risc que comporten. Aquestes fitxes i fotografies, en què es descriuen les característiques morfològiques, de vegetació, orientació, etc. de cada una de les zones d'allau, es corresponen amb les allaus de la cartografia per mitjà d'una numeració.

Tota aquesta informació té un valor d'inventari o cadastre i és una primera aproximació al coneixement de l'amplitud i l'extensió del fenomen de les allaus en aquesta zona del Pirineu (FURDADA i VILAPLANA, 1988; 1989). Així doncs, constitueix un primer document necessari, però no suficient, -i, per tant, previ-, per a la planificació territorial a les àrees de l'alta muntanya.

L'estadi següent en l'àmbit de la predicció és l'elaboració de mapes de risc pròpiament dits (CEMAGREF, 1981; OFFICE FEDERAL DELS FORETS, 1984; PANIZZA, 1987). És a dir, mapes que inclouen les allaus i la seva interacció amb la possible ocupació humana futura. Aquests mapes són utilitzables directament per a la planificació territorial.

Per a la seva elaboració, es tenen en compte els paràmetres que s'utilitzen internacionalment per a la discriminació de zones urbanitzables o no: màxima zona d'arribada possible de les allaus i pressió d'impacte d'una allau sobre una hipotètica construcció.

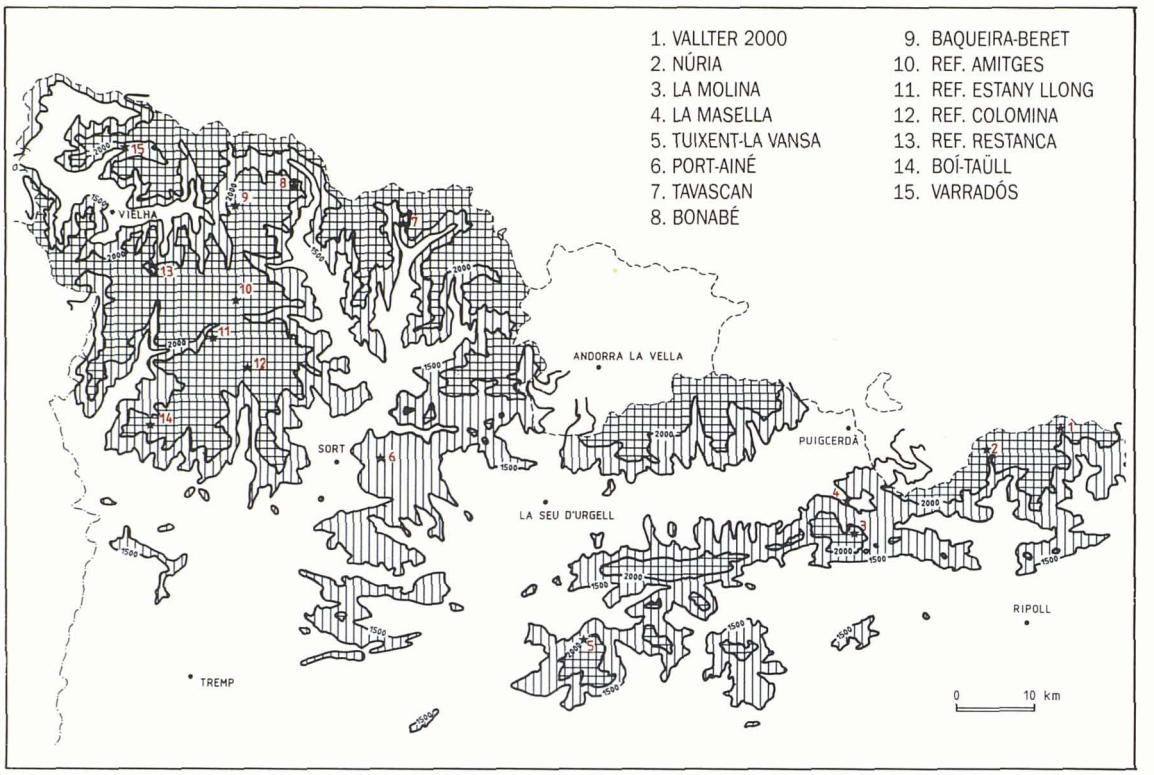
En aquest sentit i des del programa "Estudi del Risc d'Allaus al Pirineu Català" s'està abordant l'estudi de dues zones pilot a la Vall d'Aran (amb màxima zona d'arribada desconeguda). En un primer estadi s'ha començat a aplicar un programa de LEAF & MARTINELLI Jr. (1977) i s'està en vies de verificar la validesa per a aquesta zona del Pirineu, d'acord amb les característiques del mantell nival que estem estudiant.

Actuacions realitzades en el camp de la predicció en el temps

Les dades bàsiques sobre el

Fig. 5.

Xarxa d'observadors de dades nivometeorològiques



mantell nival necessàries per a realitzar una predicció en el temps són trameses diàriament a un centre d'anàlisi des dels diversos punts d'una xarxa d'estacions d'observació. Al centre d'anàlisi es fa la predicció, es redacta el butlletí corresponent i es divulga convenientment.

Els punts que integren la xarxa d'estacions d'observació són estacions d'esquí, observatoris meteorològics, refugis de muntanya, etc., que per la seva situació a l'alta muntanya són els més idonis per a la recollida d'aquestes dades i són, alhora, els més interessats a rebre informació sobre el risc d'allaus.

En el nostre cas, estem establint les bases d'un sistema de predicció de risc d'allaus públic. Això ha comportat la realització de les actuacions següents:

- **Establiment d'una xarxa d'observació.** Per això ha estat necessari el contacte amb responsables d'estacions d'esquí i guardes de refugis de muntanya que estiguessin disposats a collaborar en el projecte. S'han fet dos cursets de formació d'observadors de dades nivometeorològiques i d'allaus (hiverns del 1987-88 i 1988-89) i s'ha fet un seguiment i assessorament en la recollida de dades, que s'ha dut a terme sistemàticament des de fa dos anys. En aquest moment hi ha quinze punts que integren la xarxa d'observació, entre estacions d'esquí i refugis de muntanya, fig. 5, i s'espera la incorporació de nous observadors per a aquesta temporada 1990-91.

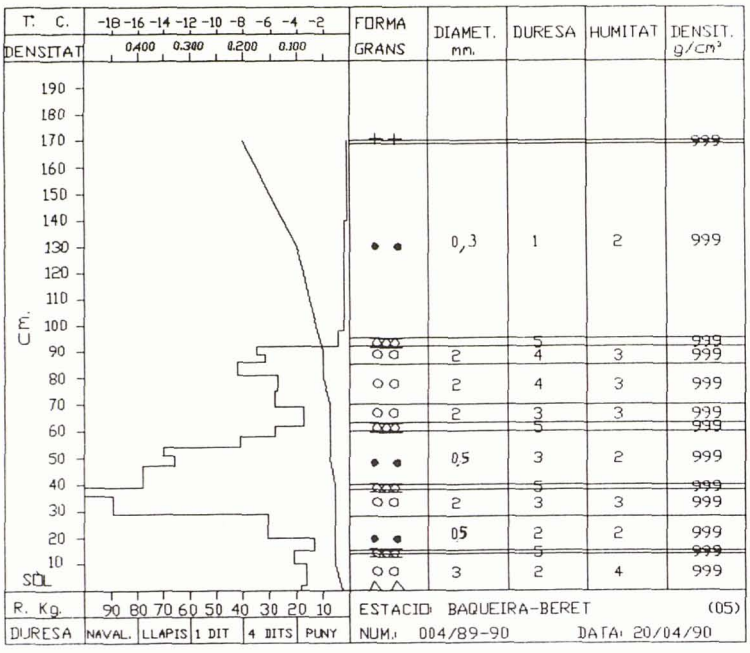
- **Optimització de la transmissió de dades.** Hi ha tres tipus de dades bàsiques per a fer la predicció: dades diàries, sondeigs a percussió (setmanals) i perfils estratigràfics del mantell nival (aproximadament quinzenals). És necessari tractar aquestes dades en temps real; per tant, és fonamental rebre aquestes dades diàriament, per a fer una predicció ajustada a les condicions reals del mantell nival. Per això, els canals que s'utilitzen són el telèfon i el telefax per a la comunicació amb les estacions d'esquí, i la transmissió per ràdio dels refugis de muntanya a parcs de bombers o a personal contractat amb aquesta finalitat, i d'aquests al centre d'anàlisi per telèfon i mòdem.

- **Posada a punt de programes informàtics i aplicació de tècniques d'anàlisi de l'estabilitat del mantell nival** (LAFEUILLE, 1987; QUERVAIN & MEISTER, 1987). Això es concreta en el disseny de bancs de dades específics, com també en l'elaboració de programes de gràfiques que permeten tractar aquestes dades, fig. 6, i en faciliten l'anàlisi.

- **Establiment dels canals adequats de difusió segons una escala de risc normalitzada.** Durant la temporada de l'hivern 1989-1990, s'ha elaborat una sèrie de butlletins de risc d'allau en el temps real, que s'han enviat als observadors. Aquestes informacions s'han referit a una escala de risc preestablerta, i en el nostre cas, hem cregut oportú utilitzar la mateixa escala que la *Météorologie Nationale* de França per poder donar a l'usuari una in-

Fig. 6.

Representació gràfica realitzada per ordinador d'un sondeig a percussió i d'un perfil de neu corresponent a l'estació d'esquí de Baqueira-Beret



Pràctiques de realització de mesures del mantell nival durant un curset de formació d'observadors de dades nivometeorològiques i d'allaus (1989). (foto Joan Manuel Vilaplana).

formació sobre el Pirineu més homogènia i comprensible. És a dir que, fins en aquest moment, hem realitzat una difusió interna. Durant la temporada d'hivern 1990-1991 estem difonent una sèrie de butlletins públics amb una freqüència setmanal (o més sovint en el cas d'una circumstància excepcional, fig. 7), els quals també es fan públics per mitjà d'un contestador telefònic automàtic (tel. 426.91.84) i dels mitjans de comunicació.

D'una altra banda, i en la línia de la recerca, cal destacar la instal·lació d'un sismògraf en un tributari de la Vall d'Aran amb la finalitat d'enregistrar el soroll de les allaus i el seu impacte. Això permet de disposar de dades en cas de boira, mal temps, allaus en hores nocturnes, aquelles situades fora de l'abast dels observadors, etc. Aquestes dades són importants de cara a la creació d'un banc de dades que, en un futur, permeti fer una predicció de risc de tipus estadístic, com es fa en alguns països com per exemple Suïssa. (BUSSER et al., 1987).

La importància de la difusió

Assumir un risc no vol dir ignorar-lo, sinó valorar el grau de risc existent, tenir en compte les nostres pròpies capacitats i adaptar, en conseqüència, el nostre comportament i les nostres decisions.

En aquest sentit, sensibilitzar la societat sobre l'existència del risc d'allaus és un objectiu primordial del nostre programa.

Creiem doncs que els professionals i els tècnics que treballen a l'entorn de l'alta muntanya i de la seva gestió han de poder disposar de la informació suficient per a assumir i minimitzar aquest risc en l'àmbit del seu treball. Així, en l'àmbit de l'Administració, hem començat a difondre el nostre treball en diversos simposis (vegeu bibliografia). En relació amb els professionals de les estacions d'esquí, etc., hem iniciat ja la realització de cursos de formació i d'assessorament, com també l'assistència al *XIX Coloquio de responsables de instalaciones de transporte por cable*, organitzat per l'ATUDEM (Associació Turística d'Estacions d'Esquí i Muntanya) i l'ACEM (Associació Catalana d'Estacions d'Esquí i Muntanya) i patrocinat per la GENERALITAT DE CATALUNYA, Direcció General de Transports.

D'altra banda, i respecte al públic en general, creiem que és necessari donar criteris als usuaris de l'alta muntanya per avaluar i assumir el risc en la mesura que cadascú consideri oportuna. En aquesta línia, les nostres actuacions són les següents:

- Edició i difusió, a tots els centres excursionistes de Catalunya, d'un fulletó informatiu sobre els tipus d'allaus i de recopilació d'informació, que pretén, alhora, informar l'usuari sobre les allaus i involucrar-lo en la recollida de dades útils per al coneixement del risc.

Fig. 7.

Butlletí de Risc d'Allaus de la temporada 1990-91.

BUTLLETÍ DE RISC D'ALLAUS. ***VÀLID FORA DE PISTES D'ESQUÍ I A ZONES NO CONTROLADES***

DIA 12 DE DESEMBRE DE 1990.

VÀLID PER ALS DIES 12, 13 I 14 DE DESEMBRE DE 1990.

SITUACIÓ A LA VALL D'ARAN

S'han produït i s'estan produint intenses nevades, que fins ara han donat gruixos superiors a 1,20 metres a cota 1800 m. Aquestes nevades han anat i van acompanyades de vents forts de component N i NE.

Les temperatures es mantenen per sota de 0ºC a cota 1500 m, fet que provoca que l'estabilització del mantell nival sigui molt lenta. Es preveu que les temperatures baixes es mantinguin com a mínim un dia més.

Per causa dels vents s'han format importants sobreacumulacions i plaques al vent als vessants amb orientació SUD, que no s'estabilitzen per causa de les baixes temperatures.

Per tant, s'hi produeix una SITUACIÓ D'ALLAUS BEN DEFINIDA (7), amb fortes inestabilitats del mantell nival per sobre dels 1800 metres: risc d'allaus de plaques al vent als vessants sud i risc d'allaus de neu pols si continuen les nevades i les sobreacumulacions.

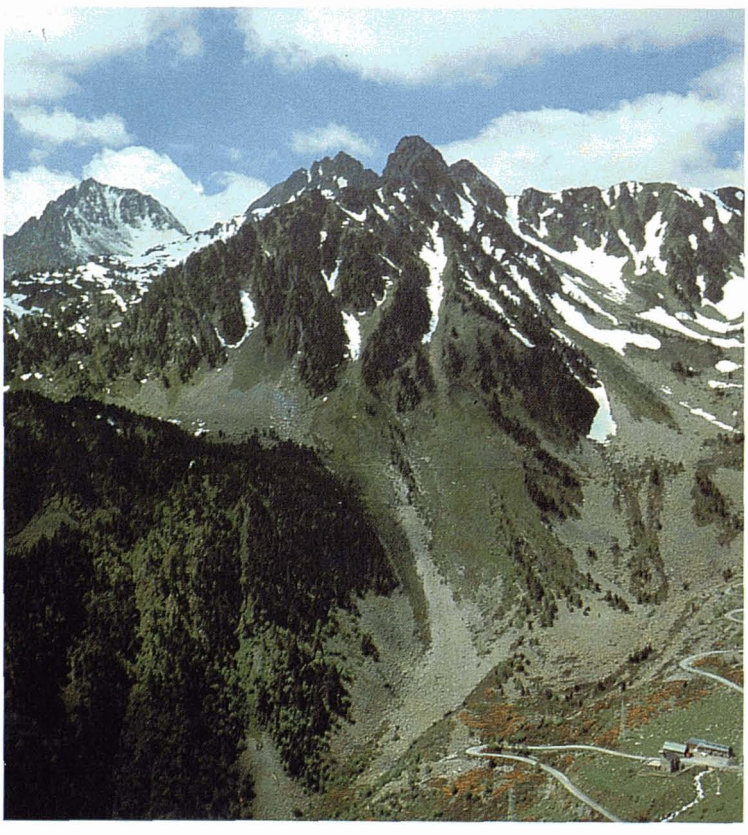
SITUACIÓ A L'ALTA RIBAGORÇA, EL PALLARS SOBIRÀ, L'ALT PALLARS JUSSÀ I AL PIRINEU ORIENTAL:

Les nevades han estat, en general, menys intenses i han anat acompanyades de vents de component nord.

Les temperatures han estat i són molt baixes (màximes a cota 2000 m per sota de 0ºC).

Per tant, s'han format plaques al vent per sobre de 2000 m. Aquestes plaques no s'estabilitzen per causa de les baixes temperatures.

La situació és de RISC ACCIDENTAL LOCALITZAT (3): poden produir-s'hi allaus de placa pel pas d'esquiadors, predominantment als vessants SUD. El risc d'allaus que es desencadenin per causes naturals és mínim.



Carretera de la Bonaigua (Verge de les Ares). S'hi observa l'impacte de les allaus en la cobertura vegetal, que ha produït la pèrdua de bosc i, localment, fins i tot d'arbusts i herba. En aquesta situació és evident el risc a la carretera durant l'hivern. (foto Xavier Bosch).

- Conferències i xerrades sobre el tema de la neu i les allaus a centres excursionistes.

- Assessorament didàctic i participació en cursets d'escoles de natura.

- Edició i difusió d'un fulletó amb l'escala de risc, telèfons útils d'informació nivometeorològica i de rescat a la muntanya, amb la inclusió de criteris i recomanacions per a la seguretat a la muntanya.

Finalment, insistir en la *difusió pública d'un butlletí de risc d'allaus,* que s'ha començat a dur a terme aquesta temporada d'hivern 1990-1991. La difusió d'aquest butlletí de cara al públic es fa per mitjà *d'un contestador automàtic (426.91.84),* i dels mitjans de comunicació en programes especialitzats (en forma d'informació resumida). Cal tenir en compte que aquesta difusió és posterior a la divulgació de l'escala de risc normalitzada (com ja s'ha indicat en un apartat anterior), i que sempre s'indica que la predicció de risc és vàlida només fora de les pistes d'esquí i de zones controlades.

D'aquesta manera, creiem que és possible anar sensibilitzant el públic, primer els usuaris i progressivament el públic en general, respecte d'aquest risc natural de l'alta muntanya.

X. B.
G. F.
P. M.
JM. V. □

BIBLIOGRAFIA

ARMSTRONG, R. i ARMSTRONG, L., 1977,
Avalanche Atlas. Ouray Country, Colorado, I.A.A.R. Univ. of Col. Ocassional paper núm. 25.

BOSCH, X. i VILAPLANA, J.M., 1988,
"Evolución del manto nival y riesgo de aludes en el Pirineo catalán". *II Simposio sobre Taludes y Laderas Inestables. Andorra la Vella. Volumen de Comunicaciones,* E. ALONSO i J. COROMINAS (eds.).

BOSCH, X., VILAPLANA, J.M. i FURDADA, G., 1989,
"Los programas de predicción de riesgo de aludes. Justificación, fundamentos, precedentes y situación actual". *Encuentro Internacional "Catástrofes y Sociedad"*, Fundación MAPFRE / ITSEMAP (ed.).

BUSER, O., FOHN, P., GUBLER, H. i SALM, B., 1985,
"Different methods for the assessment of avalanche danger", *Cold Regions Science and Technology,* 10, p.199-218.

BUSER, O., BÜTLER, M. i GOOD, W., 1987,
"Avalanche forescast by the nearest neighbour method" *Avalanche Formation, Movement and Effects, Proceedings of the Davos Symposium, sep. 1986,* B. SALM i H. GUBLER (eds.), IAHS Publ., 162, 557-569.

CEMAGREF, 1981,
Plan des zones exposées aux avalanches, Ministère de l'Agriculture. France.

CEMAGREF, 1983,
Neige et Avalanches. Ministère de l'Agriculture. France.

COLBECK, S.C., 1987,
"History of the snow-cover research". *Jour, of Glac.* Special issue. p.60-65.

FURDADA, G., BOSCH, X. i VILAPLANA, J.M., 1989,
"Predicción de zonas con peligro de alud. Consecuencias socioeconómicas de la falta de planificación territorial". *Encuentro Internacional "Catástrofes y Sociedad"* Fundación MAPFRE / ITSEMAP (ed.).

FURDADA, G., VILAPLANA, J.M. i BOSCH, X., 1990,
"Estudi del Risc d'Allaus al Pirineu Català": un proyecto de minimización del riesgo geológico de los aludes." *IV Reunión Nacional de Geologia Ambiental y Ordenación del Territorio. Vol. de comunicaciones.*

FURDADA, G., VILAPLANA, J.M., BOSCH, X., MARTINEZ, P., 1990,
Supplying the Catalan Pyrenees (Spain) with a Public Avalanche Warning System, International Snow Science Workshop'90, Bigfork (Montana, USA), (en premsa).

LAFEUILLE, J., 1987,
"Avalanche forescasting and snow phisics". *Seasonal Snowcovers: Physics, Chemistry, Hidrology,* 107-117.H.G. JONES i W.J. ORVILLE-THOMAS (eds.).

MARTINELLI, M., Jr., 1974,
"Snow avalanche sites. Their identification and evaluation". *Agriculture information Bulletin* 360, U.S. Department of Agriculture, Forest Service.

PEJOUAN, H., 1983,
La neige et les avalanches. H. Pejouan ed. Perpinyà.

QUERVAIN, M. i MEISTER, R., 1987,
"50 years of snow profiles on the Weissfluhjoch and relations to the surrounding avalanche activity (1936/37 - 1985/86)" *Avalanche Formation, Movement and Effects, Proceedings of the Davos Symposium, sep. 1986,* B. SALM i H. GUBLER (eds.), IAHS Publ., 162, 161-182.

SERVIZZIO CALAMITA PUBBLICHE. UFFICIO NEVE E VALANGHE, 1986,
Carta di Localizzacione Probabile delle Valanghe dei Comuni de Terragnolo - Trambileno - Vallarsa, Provincia Autonoma di Trento.

UNESCO, 1981,
Avalanche atlas, Courvoisier, S.A. La Chaux-de-Fonds.

VILAPLANA, J.M., BOSCH, X. i FURDADA, G., 1989
"Los aludes: un riesgo mal conocido". *Encuentro Internacional "Catástrofes y Sociedad"* Fundación MAPFRE / ITSEMAP (ed.).

LEAF, F. i MARTINELLI Jr., M. (1977).-
Avalanche Dinamics: Engineering Applications for Land Use Planing. USDA Forest Service Research Paper RM-183, U.S. Department of Agriculture.

OFFICE FEDERAL DES FOREST. INSTITUT FEDERAL POUR L'ETUDE DE LA NEIGE ET DES AVALANCHES (1984).-
Directives pour la prise en considération du danger d'avalanches lors de l'exercice d'activités touchant l'organisation du territoire.

PANIZZA, M. (1987).-
Geomorphological hazard assessment and the analysis of geomorphological risk. En: International Geomorphology, 1986, Part I, Gardiner, V. Editor, Wiley, J. and Sons Ltd. Publishers, p. 225-229.

SERVEI GEOLÒGIC DE CATALUNYA (1989).-
Informe intern. *Memòria de les actuacions dutes a terme en el projecte ERAPC.* Període de novembre de 1987 a juny de 1988.

SERVEI GEOLÒGIC DE CATALUNYA (1988).-
Informe intern. *Evolució del mantell nival.* Hivern 1987-1988. Dades subministrades per la xarxa d'observadors de dades nivometeorològiques.

SERVEI GEOLÒGIC DE CATALUNYA (1989).-
Instruccions per a l'obtenció de dades nivometeorològiques i d'allaus.

SERVEI GEOLÒGIC DE CATALUNYA (1989).-
Evolució del mantell nival: tipus de cristall/gra.

SERVEI GEOLÒGIC DE CATALUNYA (1989).-
Tipus d'allau. Classificació segons la clau NIMET.

SERVEI GEOLÒGIC DE CATALUNYA (1989).-
Evolució del mantell nival. Hivern 1988-1989. Dades subministrades per la xarxa d'observadors de dades nivometeorològiques.

SERVEI GEOLÒGIC DE CATALUNYA (1989).-
Memòria de les activitats dutes a terme en el Projecte ERAPC. Període de juliol de 1988 a setembre de 1989.

HESTNES, E & LIED, K. (1980).-
Natural-Hazard Maps for Land-Use Planning in Norway. Jour. of Glac., vol. 26, núm. 94, p.331-343.

LLIBOUTRY, LL. (1964).-
Traité de glaciology. Masson ed. SELIGMAN (1980).- *Snow structure and ski fields.* London, McMillan.

TERZAGUI, K. (1950).-
"Mechanism of lanslidse" in Paige, Sidney, ed. *Application of geology to engineering practica* (Berkey volume): Geol. Soc. America, p.83-123.