

Quan ^{gairebé} tot falla: crònica i anàlisi d'un accident al pic de l'Estanyó (Andorra)



- Figura 1 -

El 5 de març de 2024 una allau de dimensions considerables es va desencadenar accidentalment al pic de l'Estanyó, a la vall de Sorteny, a Andorra. L'accident no hauria tingut més interès si no fos perquè s'hi van veure implicades un total de 14 persones, que sortosament en van sortir il·leses.

Ni les condicions nivometeorològiques previstes ni el tipus de terreny feien pensar, a priori, que es pogués desencadenar una allau d'aquesta magnitud.

En aquest article analitzarem quins factors van poder jugar un paper clau en aquest accident.



- Figura 2 -

ACCIDENT



Autors:

Aina Margalef, Anna Albalat, Laura Trapero - Andorra Recerca + Innovació (AR+I) i sòcies ACNA.

Guillem Martín - Servei Meteorològic Nacional, Govern d'Andorra (SMN) i soci ACNA.

Introducció

El dia 5 de març, el Grup de Muntanya de la Policia d'Andorra es trobava fent unes pràctiques en terreny nevad a la zona de l'Estanyó, a la vall de Sorteny (Andorra). El grup estava format per 16 policies andorranes (dos dels quals eren formadors del Grup de Muntanya) i dos instructors francesos de la PGHM (Policie Gendarmerie Haute Montagne), un dels quals, a més, era guia d'alta muntanya (UIAGM) de Chamonix. Quan va arribar a la zona de l'estany de l'Estanyó, el grup va dividir-se en dos: un grup de 9 seguiria pujant cap al cim per fer pràctiques de progressió i descens i l'altre grup de 9 es quedaria en terreny pla per fer pràctiques de supervivència en terreny nevad.

Un cop arribats a la carena que va del roc del Rellotge fins al pic de l'Estanyó, el grup comença la pràctica de descens seguint un protocol d'hàbits de seguretat. Primer surt el guia, que els fa baixar d'un en un i els va fent agrupar prop dels ressals rocosos que baixen del cim. A la **figura 1** es pot veure el recorregut que van anar seguint, en vermell, i els punts on es van aturar en grups de 2 o 3.

En paral·lel, un grup de 5 muntanyencs amb experiència en muntanya hivernal es trobava també a la carena del roc del Rellotge. El primer d'aquests muntanyencs va començar a baixar i va avançar l'última persona del grup de policies a la part superior de la pala, seguint el recorregut marcat en verd (**figura 1**), i es va aturar al costat de la resta de membres del primer grup. Quan la segona i tercera persones d'aquest grup van iniciar el descens alhora, es va desencadenar l'allau.

En aquell moment hi havia 10 persones a la pala, més les dues que havien iniciat el descens. El primer grup de 3 policies va poder sortir esquiant de l'allau des del punt **(a)** cap a un lateral. El segon grup de 3 policies, que es trobava al punt **(b)**, va ser arrossegat fins a un petit ressalt de roca, on va quedar semienterrat. El tercer grup de 2 policies que es trobava al punt **(c)** va ser arrossegat fins prop del punt **(b)**, sense quedar enterrat. L'últim policia, que estava baixant quan es va desencadenar l'allau, va ser arrossegat des del punt **(d)** fins a la part inferior de l'allau, on va quedar semienterrat de cintura cap avall. El muntanyenc del segon grup, que es trobava al punt **(a)** verd, va ser arrossegat i va quedar se-

mienterrat. Les 4 persones que quedaven a dalt -les dues que havien iniciat el descens i dues més que encara s'esperaven- no van ser arrossegats.

A partir d'aquí comença un moment de caos en què el grup de policies que es trobava fent pràctiques a la part inferior comença a pujar cap a la zona del dipòsit per rescatar els companys. El ressalt rocós va dividir l'allau en dues branques i la majoria dels arrossegats van quedar a la banda esquerra, de manera que no podien veure el company que havia quedat a l'altra banda del ressalt. El van estar buscant i no va ser fins al cap d'uns minuts que es van adonar que era a l'altra banda. Sortosament -el dipòsit en certes zones havia acumulat més de 2 metres de neu- tots es van poder desenterrar amb els seus propis mitjans i ningú va resultar ferit.

Anàlisi meteorològica*

Per a fer aquesta anàlisi s'han utilitzat les dades de l'estació meteorològica automàtica (EMA) de Sorteny, a 2.290 m, propera a l'allau (**figura 2**).

- Figura 1 -

Esquema de la trajectòria seguida per les diferents persones implicades en l'accident. En vermell s'ha representat el grup de policies; en verd el grup d'esquiadors de muntanya. La traça contínua indica que van baixar esquiant, la traça discontinua indica que van ser arrossegats. Els punts indiquen on es trobava cada persona en el moment d'aturada de l'allau.



El símbol de neu rodona indica el lloc del perfil realitzat el dia 6 de març.



El símbol de la faceta indica el lloc del perfil realitzat el dia 7 de març.



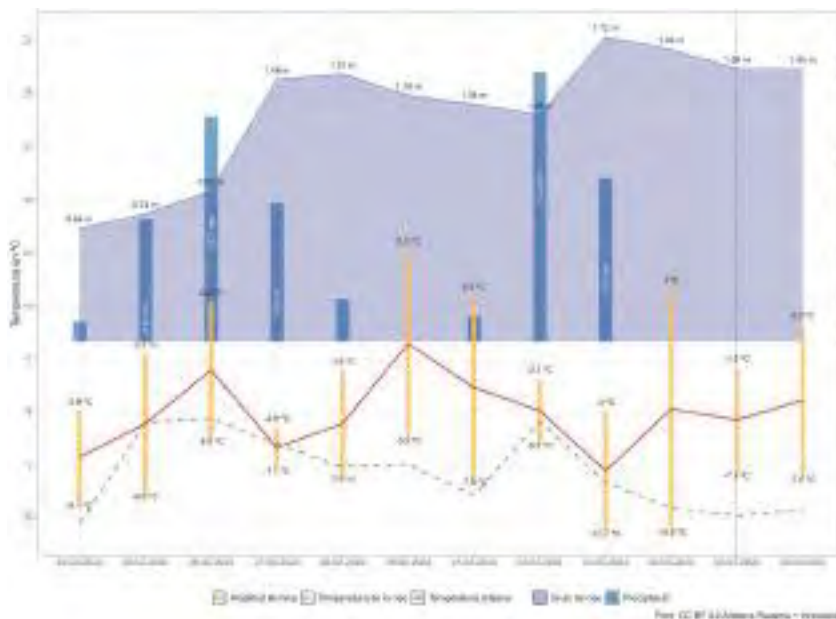
L'estrella indica el punt de desencadenament de l'allau.

Foto: Sergi Riba / Nivorisk i esquema d'Andorra Recerca + Innovació (AR+I).

- Figura 2 -

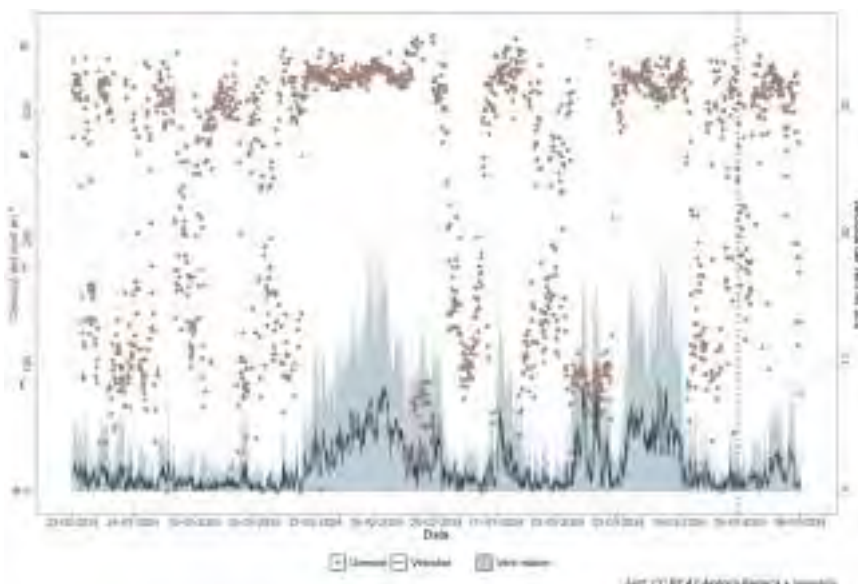
Dipòsit de l'allau amb el fons de la vall de Sorteny. S'indica la situació de l'Estació Meteorològica de Sorteny en vermell. * També es poden observar nombrosos indicis de neu ventada en orientacions nord i nord-est.

Foto: AR+I.



- Figura 3 -

Evolució de la temperatura mitjana (línia vermella), de l'amplitud tèrmica (temperatura màxima i temperatura mínima diària en barres grogues), màxim de gruix de neu diari (àrea blava) i precipitació diària (barres blaves). A més, la temperatura mitjana diària de la superfície de la neu (línia discontinua grisa) per als dies precedents a l'accident, a l'EMA de Sorteny. La línia discontinua vertical marca el dia de l'accident.



- Figura 4 -

Evolució de la direcció del vent (punts marrons), velocitat del vent (línia negra) i vent màxim (àrea grisa) per als dies precedents a l'accident a l'EMA de Sorteny. La línia discontinua vertical marca el dia de l'accident.

En els dies precedents a l'accident, el mantell de neu a l'estació era molt deficitari (0.64 m). El canvi de temps es va donar a partir del 23 de febrer, quan van baixar les temperatures i van arribar les precipitacions en forma de neu (amb neu rodona a l'inici de l'episodi).

Les nevades més importants es van donar el 26 i 27, amb més de 70 cm (acompanyades de neu rodona) fins a consolidar un mantell total d' 1,51 m el dia 28 (figura 3), amb una lleugera pujada de les temperatures el dia 26. Al

final de l'episodi, i sobretot el dia 28, la neu va anar acompanyada de fort vent del NW de fins a 29 km/h (8 m/s) (figura 4). Posteriorment va haver-hi una petita treva meteorològica que va permetre la pujada de temperatures el dia 29 amb una màxima de 5,2 °C i una fusió considerable del mantell.

A partir del dia 2 de març l'entrada d'una baixa de component sud-oest va deixar inestabilitat arreu del país i es van acumular fins a 44 cm de neu nova. En avançar el dia, els vents van girar amb component de NW amb

cops de 30 km/h el dia 3, com es mostra a la figura 4.

A partir del dia 4, amb el desplaçament de la baixa cap a l'est, van entrar les altes pressions amb temperatures que van oscil·lar entre el -10,6 °C de mínima fins a +3 °C de màxima. Tot i això, es va mantenir la inestabilitat al nord del país pel pas d'una baixa en alçada. A partir del dia 5 l'estabilitat atmosfèrica va anar guanyant terreny aportant àmplies clarianes però fent que es mantinguessin les temperatures baixes.

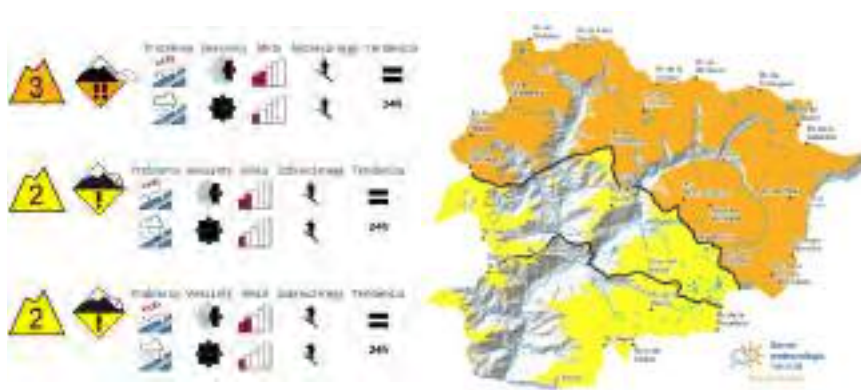
Anàlisi nivològica

El dia després de l'accident es va fer un perfil en un flanc de la cicatriu (figura 6a i símbol neu rodona  a la figura 1). En aquest punt, la placa reposava sobre una capa d'entre 3 i 8 cm de neu rodona de mida 3 mm caiguda a l'inici del primer episodi (23 de febrer), que alhora reposava sobre uns grans fins de duresa 1 dit (figura 7a i 7b). Per sota d'aquests grans fins hi havia la crosta de regel, l'única neu que quedava abans de les nevades del 23 de febrer. En altres punts de la cicatriu molt propers a on es va fer aquest perfil, per sobre la crosta hi havia unes facetes de mida entre 1 i 2 mm i no hi havia neu rodona ni la capa

de gra fi inferior. Per damunt d'aquesta capa, que va fer de capa feble, es van observar grans fins i partícules reconeixibles en dos paquets separats per una crosta de regel formada els dies 29 de febrer i 1 de març. Aquests dos paquets eren reconeixibles visualment a la cicatriu, i van provocar que el dipòsit de l'allau estigués format d'una banda per blocs de placa dura de dimensions més grans, i d'un dipòsit en forma de grumolls més tous i petits (figura 7c i 7d). Dos dies després de l'accident es va fer un altre perfil per sobre de la cicatriu de l'allau (figura 6b). Aquí, per sobre la crosta de la base es va trobar una fina capa d'1

cm de facetes petites, i per damunt l'estructura era similar: un paquet format per grans fins i partícules reconeixibles, amb una crosta -en aquest cas molt més prima- entremig. En aquest punt però, hi havia menys neu acumulada especialment durant l'últim episodi per sobre de la segona crosta, en part per la compactació de les últimes 24 hores i per l'efecte del vent.

El dia de l'accident el grau de perill a la zona nord d'Andorra era de 3, amb problemes d'allaus de neu ventada i neu recent, amb els vessants est com els més problemàtics (figura 5).



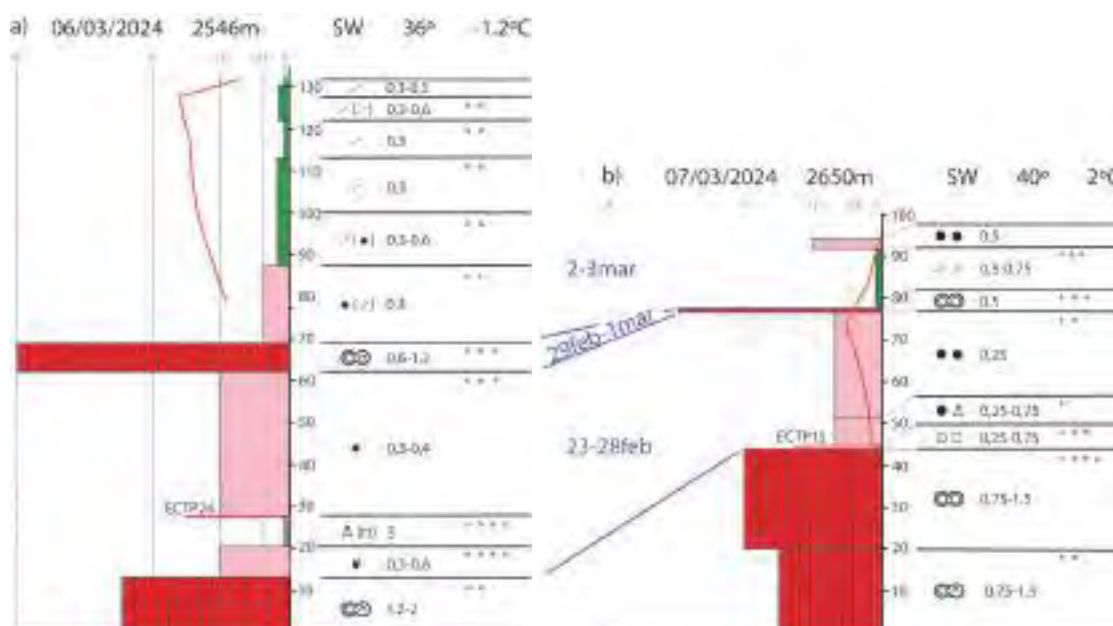
- Figura 5 - (esquerra)

Butlletí de Perill d'Allaus elaborat el dia 4 de març i vàlid fins el 5 de març a la tarda. La vall de Sorteny es troba a la zona nord del país. Font: SMN.

- Figura 6 - (a sota)

Perfils de neu realitzats a la zona de l'allau:

- El dia després de l'accident, al flanc dret (AR+I).
- Dos dies després de l'accident, per sobre de la cicatriu (SMN i Météo-France).





L'episodi de fort vent de component oest (sud-oest i nord-oest) que va haver-hi els dies precedents a l'accident va fer que, a l'hora d'elaborar el BPA, des del Servei Meteorològic Nacional (SMN) d'Andorra s'estigués més pendent del problema de neu ventada que del de capes febles persistents. Les senyals de neu ventada eren evidents, amb crestes escombrades pel vent i amb vessants amb evidents marques de neu ventada darrere de les roques i els arbres, sobretot a les parts altes i menys inclinades (figuras 2 i 7c). Ara bé, es preveïen acumulacions de neu ventada, sobretot, als vessants est a causa de la direcció del vent dels dies anteriors, de component oest dominant. Aquesta neu ventada més fàcilment reconeixible pertanyia a la nevada dels dies 2 i 3 de març (figura 6b). Però, a més, el desencadenament va activar una capa feble persistent més profunda, corresponent a les primeres nevades a partir del 23 de febrer després d'un llarg període hivernal sec (figura 6b). El fet d'implicar un nivell persistent més profund explica l'àmplia propagació d'aquesta allau.

- Figura 7 -

a) Aspecte de l'estructura del mantell nival a la zona del primer perfil. La capa feble tenia diversos centímetres de gruix.

b) En alguns sectors la capa feble estava formada per neu rodona de mida >2 mm, en d'altres hi havia facetes.

c) Aspecte de la cicatriu de l'allau al lloc del primer perfil. Es pot observar com part del dipòsit està format per blocs de neu cohesiva. Al fons, s'observen les formes d'acumulació de neu pel vent en vessants nord i est.

d) Aspecte de la part superior del dipòsit de l'allau, on van quedar els blocs més grossos i cohesius i on el gruix del dipòsit era més important.

Fotos: AR+I.

El terreny

L'allau es va iniciar en un vessant oest, a uns 2.600 m d'alçada. L'amplada màxima de l'allau va ser d'uns 150 m, i la neu va recórrer una distància màxima d'uns 300 m. La cicatriu feia entre 50 cm i 1 m. El volum aproximat de neu mobilitzada s'ha calculat en uns 7.000 m³, i per tant es tractaria d'una allau de mida 2,5 segons l'escala proposada per l'EAWS.

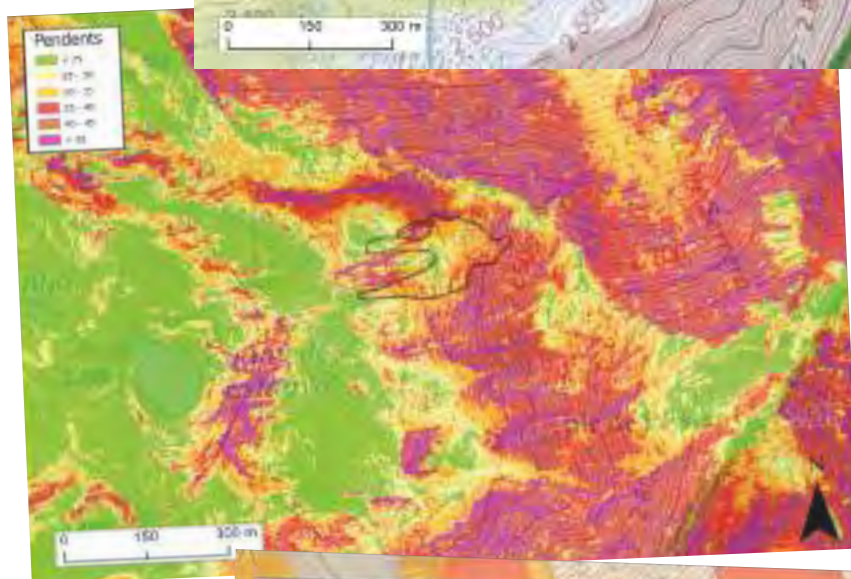
La cartografia ATES (Avalanche Terrain Exposure Scale) en aquesta zona indica majoritàriament terreny exigent, excepte en un petit sector al límit sud-est, on és complex (figura 8b). La zona d'entrada a la pala, on s'inicia la cicatriu, té pendents d'entre 35° i 40° (figura 8c). La primera reflexió que ens toca fer a AR+I com a autors de l'ATES en aquest sector és si aquest terreny està classificat correctament. El model de zonificació utilitzat a Andorra és el de Campbell & Gould (2013). Segons aquest model, en terreny obert, per tenir una classe 2 (terreny exigent) el 90% de terreny ha de tenir un pendent $\leq 30^\circ$. El que veiem en el mapa de pendents és que la part superior de la pala, on es va desencadenar l'allau, té pendents majoritàriament d'entre 30° i 35° i per tant hauria d'estar considerada com a terreny complex. Amb el model tècnic v.2 (Statham & Campbell, 2023) la part superior d'aquesta pala també es consideraria com a terreny complex. Es proposa doncs cartografiar un nou polígon de terreny complex (figura 8b).

D'altra banda, tot i que puntualment el dipòsit de l'allau va arribar als 2 metres de gruix, la morfologia del terreny, amb un pendent que es va obrir i suavitzant de manera gradual, va propiciar que el dipòsit tingués un gruix mitjà de poc més de 50 cm, amb poca capacitat d'enterrament total.

- Figura 8 -

Cartografia de l'allau sobre:

- Mapa topogràfic.
- ATES. En vermell s'indica la proposta de terreny complex.
- Mapa de pendents.
- Cadastre d'allaus d'Andorra.





- Figura 9 -

Planificador de ruta de l'Avaluator. L'asterisc indica la zona on es planificava esquiar segons la informació del BPA i ATES: amb un grau de perill 3 en vessants diferents del que s'anava a esquiar (per això s'ha reduït a 2,5); i un terreny exigent amb alguna part de complex a la part est de la pala.

Avaluació del perill d'allaus

De les entrevistes mantingudes amb les persones implicades en l'accident sabem que:

- ✓ Tots dos grups havien preparat la ruta amb cura: havien revisat el BPA i l'ATES i havien escollit una ruta on s'esperaven, com a màxim, allaus de neu recent de mida petita; i en un terreny majoritàriament exigent (ens trobaríem sobre l'asterisc en el gràfic de l'Avaluator de la figura 9). *
- ✓ Totes les persones dels dos grups portaven material de rescat dels companys en cas d'allau i sabien utilitzar-lo.
- ✓ Tot i que hi havia dues persones d'un dels grups amb 2 anys d'experiència en l'esquí de muntanya, la resta de persones es poden considerar expertes (policies de muntanya, guies d'alta muntanya, bombers GRAE).

Si ens basem en el Planificador de Ruta de l'Avaluator 2.0, l'eina que s'utilitza en els cursos ACNA per preparar itineraris (disponible a la web de l'ACNA), podem considerar que la planificació de la sortida estava segurament dins els límits assumibles pels dos grups: ens trobem a la zona "Extrema la precaució" en el límit amb la zona de "Precaució"; en dos grups amb un nivell avançat de comprensió del perill d'allaus existent. Aquest nivell d'alerta indica que les allaus són possibles per causes humanes o naturals, i els accidents són freqüents. En principi, amb els coneixements i el material adequats aquesta és una zona on ens podem moure amb precaució.

Si fem un pas més i utilitzem la targeta d'avaluació del vessant de l'Avaluator v2.0, segons els testimonis podem sumar 3 punts a les condicions d'allau: el de perill d'allaus regional marcat, el de càrrega recent i el d'escalfament crític. El BPA no donava proble-

ma d'allaus persistent, i no es van identificar indicis de placa ni signes d'instabilitat sobre el terreny. Pel que fa a les característiques del terreny, podem sumar 4 punts: 2 de terreny >35°, 1 de terreny sense suport i 1 de terreny obert. Això ens col·locaria en la zona de l'Avaluator de vessant on "No es recomana" circular sense coneixements de nivell professional, en el seu límit amb l'"Extrema precaució". Veiem doncs, que de la informació disponible durant la planificació a la situació que ens trobem sobre el terreny hi ha diferències significatives. Cal apuntar, però, que el problema de les capes febles persistents no estava descrit al BPA i era difícilment identificable sobre el terreny sense fer un forat.

Què va fallar, i què no?

En aquest accident es va donar un cúmul de circumstàncies més o menys desafortunades i, al nostre parer, es van prendre algunes bones decisions.

D'entrada, pel que fa al terreny, la classificació ATES d'aquesta pala estava subestimada. Per al cas d'Andorra, i aprofitant la publicació del l'ATES v.2 (Statham & Campbell, 2023), des d'AR+I es farà una revisió de la cartografia ATES d'una manera sistemàtica, especialment els primers sectors cartografiats, com a la zona pilot de la Vall de Sorteny.

D'altra banda, la precisió del BPA, emès pel SMN, no era la més idònia pel que fa referència a la descripció dels vessants més afectats i als problemes d'allaus. La seqüència de dies perturbats que van deixar un canvi sobtat de les condicions del mantell nival va impedir sortir sobre el terreny a fer observacions representatives i en una àrea àmplia. De fet, per elaborar el butlletí del dia 5 (emès el dia 4 a la tarda) només es va poder fer una sortida, la del dia 4. Amb aquest accident s'ha posat de manifest que la manca d'informació sobre el terreny impedeix fer un BPA de qualitat, ja que no s'havia identificat la capa feble profunda ni els vessants afectats en aquest accident. Com a predictors, sovint no és fàcil escollir el recorregut ideal per reunir tota la informació per elaborar un bon butlletí en un temps molt limitat (normalment un matí) després d'un canvi tan important en les condicions del mantell. Aquí, però, podem buscar suport en la cada vegada més fiable informació que ens donen els models nivològics.

Pel que fa al factor humà ens és difícil analitzar en quines trampes heurístiques s'hauria pogut caure (compromís amb un objectiu, per exemple?). Pel que fa al primer grup, la decisió de baixar per aquella pala va córrer a càrrec dels guies d'alta muntanya responsables de la sortida. No hem pogut parlar amb ells, i per tant no sabem

si la gestió del grup -baixar separats, agrupar-se en zones relativament segures de 2 en 2- es va donar per protocol o perquè es van identificar signes d'instabilitat o la presència de possibles plaques. Pel que fa al segon grup, el fet que ja haguessin baixat 9 persones ben segur que els va fer abaixar la guàrdia (a qui no li hagués passat?). D'altra banda, la manca de neu d'aquest hivern havia fet impracticables la majoria de recorreguts d'esquí de muntanya, fet que es va revertir a partir del 27 de febrer, i sobretot a partir del 4 de març, quan es va obrir una finestra de bon temps. Podríem dir que el 5 de març era el primer dia de la temporada que hi havia neu suficient per esquiar a la major part dels vessants on s'acostuma a practicar l'esquí de muntanya.

Tot i això, gràcies als hàbits de circulació segura aplicats especialment pel primer grup que va baixar, es van reduir considerablement les conseqüències que hauria pogut tenir una allau d'aquesta magnitud.

Algunes consideracions finals

L'Avaluador 2.0 és una eina molt potent en la planificació de l'itinerari i en l'avaluació de les condicions sobre el terreny, però també ens pot ajudar molt en el *briefing* un cop acabada la sortida, ja que ens permet posar el focus en factors definits i concrets i evitar al màxim la subjectivitat. En aquest cas és evident que el mantell era inestable —hi va haver una allau—, però el més habitual és que tot i existir certa instabilitat, no es produeixin allaus. L'Ivan Moner, en la revista *NiA* de l'any 2018, ens feia reflexionar sobre si quan tornem a casa sense haver patit cap accident era perquè havíem pres bones decisions, o simplement perquè havíem tingut sort (Moner, I.; 2018). Us animem a tots a fer una reavaluació de la sortida un cop a casa, segur que en podrem aprendre molt i ens ajudarà a prendre millors decisions en el futur.

Per acabar, volem insistir en la importància de formar-nos per ser capaços d'avaluar el perill d'allaus sobre el terreny —com hem pogut veure, cap de les informacions que rebem és infal·lible— i les possibles conseqüències que tindria una allau en cas que es donés. Amb coneixements nivològics avançats podrem a) avaluar el perill d'allaus a escala local (fer un forat per reconèixer l'estructura del mantell i un test d'estabilitat, amb una mica de pràctica, són només 5-15 minuts de feina!); b) valorar si el risc existent és assumible per nosaltres i c) pensar què fer en cas que es desencadeni l'allau. En el cas que tot falli —la predicció, la cartografia del terreny, l'avaluació del perill in situ, la nostra ment— encara ens quedarà jugar la carta dels bons hàbits de circulació i la de ser uns bons rescatadors per minimitzar les conseqüències de l'allau.

Agraïments: a en Roger Esteve, pel temps dedicat, l'honestetat en les explicacions de l'accident i per haver-nos compartit la seva experiència en un moment no gaire fàcil. Al grup de muntanya de la Policia d'Andorra, especialment a en Joan Romero, per les fotografies, les revisions i la informació facilitada. A en Sergi Riba/Nivorisk per les fotografies cedides. Al Grup de Rescat en Muntanya dels Bombers d'Andorra, en concret a l'Òscar Santos, per la informació facilitada.

(Bibliografia)

- ✓ Campbell, C., & Gould, B. (2013). A proposed practical model for zoning with the Avalanche Terrain Exposure Scale. In *Proceedings of the International Snow Science Workshop, Grenoble-Chamonix Mont-Blanc, France* (pp. 385-391).
- ✓ Moner, I. (2018). ¿Lo hicimos bien o solo tuvimos suerte? *Neu i Allaus*, 10.
- ✓ Statham, G., & Campbell, C. (2023). The Avalanche Terrain Exposure Scale v. 2. In *International Snow Science Workshop Proceedings* (Vol. 8, pp. 597-605).