

# PREDICCIÓN METEOROLÓGICA PARA ZONAS DE MONTAÑA EN ESPAÑA

Gerardo SANZ (*Delegación Territorial de AEMET en Aragón*)  
y Ramón PASCUAL (*Delegación Territorial de AEMET en Cataluña*)

*RESUMEN: Hace poco más de cien años las montañas eran percibidas como lugares aislados, peligrosos en cierta medida y escasamente desarrollados pese a estar mucho más pobladas que en la actualidad. Esta percepción es hoy completamente distinta. Las desventajas derivadas del aislamiento, la pendiente y la altitud, pese a sus consecuencias en términos de fenómenos naturales peligrosos (avalanchas, crecidas torrenciales, desprendimientos de piedras, corrimientos de tierras, etc.) han pasado a ser los principales activos de las iniciativas turísticas, que se han generalizado hasta convertirse en el principal motor económico de muchas zonas de montaña, llegando incluso en algunos puntos a frenar el éxodo rural.*

*La montaña es frecuentada ahora no solo para buscar aire puro o espacios naturales, sino también cada vez más para la práctica de actividades deportivas y recreativas, que en muchos casos llevan aparejadas, para su desarrollo, actividades profesionales. Un número creciente de personas —senderistas, esquiadores, alpinistas, etc.— se expone a las condiciones meteorológicas de un ámbito geográfico relativamente hostil, donde las condiciones meteorológicas evolucionan muy deprisa y a menudo con violencia. En este contexto, con el propósito de contribuir a la seguridad de vidas y bienes, AEMET elabora pronósticos meteorológicos específicos para algunas áreas montañosas de la Península y boletines de peligro de aludes para las zonas en las que las avalanchas de nieve son más frecuentes.*

*En lo que sigue, se pasa revista a lo más significativo de las características geográficas y climáticas de las montañas españolas, así como los principales riesgos que se afrontan al transitar por ellas. Por su gran relevancia en la alta montaña invernal, se hace especial mención a los aludes, y se presenta el —relativamente novedoso— esquema conceptual de las situaciones típicas de peligro, cuyo uso se ha generalizado tanto en los últimos años que puede considerarse un paradigma, tanto para la evaluación del peligro de aludes como para su comunicación al público.*

## 1. CARACTERÍSTICAS GENERALES DE LAS MONTAÑAS ESPAÑOLAS

España es uno de los estados más montañosos de Europa, tanto en el espacio de la península ibérica como en el de los dos archipiélagos principales, aunque de forma discreta en las islas Baleares. Las altitudes máximas de estas montañas son relativamente modestas, en relación, por ejemplo, a la cordillera alpina europea, pero suficientemente elevadas en muchos casos para permitir la existencia del piso bioclimático alpino e incluso el nival. Se superan los 3000 m en la canaria isla de Tenerife, en donde se encuentra el techo español, el Teide (3715 m), en 52 cimas de Sierra Nevada y en 212 de los Pirineos (aunque incluyendo en este recuento las cimas que están completamente en territorio francés). Hay cimas de altitud superior a los 2000 m en la mayoría de los grandes sistemas montañosos peninsulares.

Las montañas españolas se organizan fundamentalmente en cordilleras o sistemas montañosos de dimensiones horizontales variadas. Las orientaciones de estas cordilleras también varían: de oeste a este (cordillera Cantábrica, Pirineo, Montes de Toledo, Sierra Morena),

de sudoeste a nordeste (Sistema Central, sistemas Béticos) y de noroeste a este (Sistema Ibérico). Sierra Nevada, en el Sistema Penibético, presenta también una clara orientación de oeste a este. La orientación zonal predominante implica una interacción especialmente intensa con los flujos atmosféricos de componentes norte y sur pero otros elementos menores del relieve con orientaciones muy distintas, como las cordilleras Litoral y Prelitoral catalanas, orientadas de sudoeste a nordeste, juegan también un importante papel meteorológico y climático.

El Sistema Central y los sistemas Béticos, con más de 600 km de longitud, son las estructuras montañosas más largas de la península ibérica. La cordillera Cantábrica, el Pirineo y el Sistema Ibérico se extienden, a su vez, a lo largo de 450 km. La continuidad del terreno elevado a lo largo de varios cientos de kilómetros y la complejidad de su orografía hacen del Pirineo la cordillera mejor definida de este espacio geográfico. En ella se encuentran alojados pero en irremisible recesión los únicos glaciares españoles. El recuento del año 2012 daba cuenta de 10 glaciares y 8 heleros en el Pirineo español, ocupando una extensión de apenas 160 hectáreas.

Se enumeran aquí, como recuerdo de nuestra etapa escolar, los techos de algunas de las principales cordilleras españolas: sistemas Béticos (Mulhacén, 3479 m), Pirineo (Aneto, 3404 m), cordillera Cantábrica (Torre Cerredo, 2648 m), Sistema Central (Almanzor, 2591 m), Sistema Ibérico (Moncayo, 2313 m), Montes de León (Teleno, 2188 m), Macizo Galaico (Cabeza de Manzaneda, 1778 m), cordilleras Costero-Catalanas (Turó de l'Home, 1712 m), Montes de Toledo (Las Villuercas, 1601 m) y Sierra Morena (La Bañuela, 1323 m). En la mallorquina sierra de Tramontana el Puig Major alcanza los 1445 m de altitud y el Teide, en Tenerife, 3715 m. Por supuesto, hay muchas otras montañas en nuestro país y áreas extensas elevadas: casi un 25 % de la península ibérica se sitúa por encima de los 1000 m y un 1 % por encima de los 1800 m.

La latitud, la altitud, la distancia al mar (Mediterráneo, Cantábrico o Atlántico), la orientación general, el relieve relativo y el grado de complejidad orográfica son los factores que determinan el clima, o más bien los climas, y la fenomenología meteorológica de las montañas españolas. Se pueden establecer unas pautas generales muy básicas sobre los valores medios de algunas variables para comprender el mosaico climático de las montañas españolas (disminución de la temperatura con la altitud y la latitud, aumento de la precipitación con la altitud hasta alcanzar el óptimo pluviométrico, disminución de la precipitación con el aumento de la continentalidad) pero es necesario tener muy en cuenta las características propias de cada macizo para comprender su clima. Las montañas son con frecuencia singularidades climáticas locales en su entorno regional, como la lluviosa sierra de Grazalema o el tormentoso Pirineo oriental, cuyos máximos estacionales de precipitación se registran en la época cálida del año, contradiciendo el marcado estiaje del clima mediterráneo.

Según los criterios básicos de la clasificación de Köppen-Geiger y los datos climáticos disponibles, a menudo escasos, en la parte más elevada del alto Pirineo, especialmente en su sector central y occidental, aparecería el clima ET (polar-tundra). El clima Cfb, templado sin estación seca y con verano cálido, estaría presente en buena parte del Pirineo, la cordillera Cantábrica y el sector norte del Sistema Ibérico. El extremo oriental del Pirineo catalán, áreas del extremo occidental de la cordillera Cantábrica y las montañas gallegas y la vertiente norte del Sistema Central tendrían un clima Csb, templado con verano seco y cálido que sería muy cálido (Csa) en el sector sudoeste del Sistema Central. El sur del Sistema Ibérico, la vertiente sur del sector oriental del Sistema Central y Sierra Nevada

tendrían un clima (BSk) árido estepario y frío. Este mosaico de climas unido a las diferentes características geomorfológicas y edáficas da lugar a una gran variedad de ambientes y paisajes en las montañas españolas.

La presencia humana en las montañas españolas se inicia en la prehistoria y a lo largo de miles de años ha ido evolucionando y ha ido transformando, a su vez, el medio natural en el que se han desarrollado las sociedades montañosas. Resumiendo en una frase lo acontecido en los últimos cientos de años se puede decir que las economías de nuestras montañas han pasado de depender fundamentalmente de la explotación forestal y ganadera, y en menor medida agrícola, a sostenerse en muchos casos paradigmáticos en el sector de los servicios y particularmente en el ámbito del turismo. La mayor parte de las actividades turísticas, especialmente las lúdico-deportivas, se realizan en el medio natural y son altamente sensibles, en consecuencia, al clima y las condiciones meteorológicas.

## **2. FENÓMENOS Y CONDICIONES METEOROLÓGICAS Y NIVOLÓGICAS EN LAS MONTAÑAS Y SUS RIESGOS ASOCIADOS**

En la montaña las variables meteorológicas alcanzan a menudo magnitudes superiores, en valor absoluto, a las de las tierras llanas y bajas circundantes. Ello es válido, por ejemplo, para la radiación solar, la velocidad del viento, la temperatura mínima, la cobertura nubosa, la precipitación caída durante un episodio o el total anual, la frecuencia e intensidad de las nevadas o el número anual de tormentas. Las nieblas asociadas a nubes de base baja son también abundantes. Las temperaturas máximas diarias son más bajas en cotas altas pero ello no impide que el calor fuerte no pueda afectar al fondo de los valles. Esta frecuente “adversidad” del tiempo en la montaña se traduce en una serie de riesgos para aquellas personas que transitan al aire libre por este medio.



*Niebla en los picos de Europa*

## 2.1. Radiación solar

La radiación ultravioleta UVB presente en el espectro de radiación solar que llega a la superficie del planeta presenta un peligro real para el cuerpo humano. La sobreexposición a corto plazo puede provocar graves daños en los ojos (oftalmía) y en la piel (quemaduras). La radiación a 2000 m es 1,5 veces la que hay a nivel del mar, y a 4000 m es 2,5 veces mayor. Además el manto nivoso presente en invierno y primavera en la alta montaña refleja la mayor parte de la radiación solar que incide sobre él. En consecuencia, los montañeros deben protegerse de la radiación solar mediante el uso de gafas de sol, gorras y cremas protectoras adecuadas y esa protección deberá adaptarse al fototipo de cada persona.

## 2.2. Temperaturas extremas

Aunque la disminución general de la temperatura con la altitud previene en cierto grado que se registren temperaturas muy elevadas en las zonas de montaña no es raro que en el verano haya, incluso en la alta montaña, periodos bastante calurosos, habitualmente asociados a situaciones anticiclónicas persistentes y advecciones cálidas. En estas condiciones, y especialmente si se realiza ejercicio físico, es posible la aparición de una serie de patologías de distinta gravedad que hay que considerar: calambres de calor, insolación o las temibles hipertermias o golpes de calor, que constituyen una emergencia médica muy grave.

Por otro lado, las entradas de masas de aire muy frío, de origen continental europeo o ártico, provocan episodios muy fríos en las montañas ibéricas. A menudo estas advecciones frías acontecen tras el paso de un frente frío que ha dejado nevadas y su llegada se produce en forma de corriente de densidad, con una caída brusca de la temperatura y vientos impetuosos, que incrementan la sensación de frío. En algunas áreas del Pirineo oriental este fenómeno, que va acompañado de abundante nieve en suspensión levantada de la superficie por el viento, recibe el nombre de *torb*. Se trata de una situación peligrosa que ha provocado bastantes accidentes mortales en la alta montaña. Las dos patologías directamente ligadas al frío son las congelaciones y la hipotermia, estado del cuerpo que se produce cuando la temperatura corporal baja de 36 °C.

## 2.3. Viento fuerte

La velocidad del viento aumenta generalmente con la altitud de forma que no es raro que en las cumbres y en los collados se alcancen rachas de viento muy fuertes e incluso huracanadas en determinadas situaciones atmosféricas. Dada la dirección predominante de las principales cordilleras españolas son los vientos de componente norte o sur los que están asociados a las rachas más fuertes, pero la orografía a escala local juega un papel determinante en la dirección y velocidad del viento en cada punto. Los vientos fuertes dificultan la marcha por montaña y pueden desequilibrar a la persona (se estima que vientos sostenidos con velocidades por encima de los 60 o 70 km/h prácticamente impiden el avance), lanzan objetos duros como piedras o ramas, provocan caídas de piedras e incrementan la sensación de frío, como ya se ha comentado al hablar de las temperaturas bajas.

## 2.4. Niebla

La nubosidad en las montañas implica la presencia de nieblas cuando la base de las nubes está por debajo de la altura de las cimas y este hecho no es raro dada la elevada

frecuencia de cielos nublados o cubiertos en esas zonas. La reducción de la visibilidad que define la niebla, por debajo de los 1000 m, puede conllevar la desorientación del montañero y si la niebla es engelante el suelo además se hace resbaladizo. Los Picos de Europa son conocidos por los frecuentes extravíos en la niebla de sus caminantes.

## 2.5. Lluvias copiosas (abundantes) y/o de intensidad fuerte

Los máximos pluviométricos españoles se localizan en las montañas. La interacción de los frentes con las cordilleras y macizos, el forzamiento orográfico de flujos húmedos y la convección orográfica son los factores que explican esos máximos. Las lluvias en las montañas pueden ser especialmente persistentes y en ocasiones muy fuertes, dando lugar a crecidas en los caudales de los torrentes y los ríos de montaña y las temibles inundaciones repentinas (*flash floods*), fenómeno hidrometeorológico que ha tenido algunas veces consecuencias catastróficas como en los casos de Biescas (Huesca) en agosto de 1996 o el de Montserrat (Barcelona) en junio de 2000. La lluvia convierte en resbaladizo el terreno, dificulta el cruce de torrentes y provoca caídas de piedras además de mojar y enfriar al montañero, especialmente si va acompañada de un descenso térmico.

## 2.6. Tormentas

Generadas al paso de un frente frío, ligadas al forzamiento térmico dentro de una masa de aire poco estable o surgidas a partir de convergencias de flujos propias de la orografía compleja, las tormentas son notablemente frecuentes en las zonas de montaña, destacando, en el caso ibérico, los máximos de frecuencia del sudeste del Sistema Ibérico y del Pirineo



*Cumulus congestus en los Alpes Marítimos*

central y oriental. De todos los fenómenos que acompañan a las tormentas son, sin duda, las descargas eléctricas los más peligrosos, sin obviar los efectos de los chubascos fuertes, el granizo, las rachas fuertes de viento o los descensos bruscos de temperatura. Los trastornos asociados al rayo se agrupan en manifestaciones eléctricas, traumáticas y térmicas, y en muchos de los casos de impacto por rayo el desenlace es fatal. Las características eléctricas de los rayos son impresionantes: altas temperaturas (de 8000 a 30 000 °C), altas tensiones (de 10 a 100 millones de voltios) y fuertes intensidades (25 000 amperios).

## 2.7. Nevadas

Las relativamente cuantiosas precipitaciones y las bajas temperaturas presentes durante buena parte del año explican una cierta abundancia de las nevadas en las montañas españolas que han permitido, con la ayuda de los medios de producción artificial de nieve, el desarrollo e implantación en ellas de los deportes de invierno. Las nevadas están asociadas a pasos frontales, cálidos y fríos, a depresiones centradas sobre o en las cercanías de la península ibérica y a flujos húmedos persistentes, como los noroestes y nortes que descargan en la cordillera Cantábrica o en el valle de Arán. La nieve que cae puede ser de tipos diferentes: nieve seca y ligera, húmeda, pesada y pegajosa o granulada, producida en nubes convectivas. Los principales riesgos asociados a las nevadas son la reducción de la visibilidad, el aumento de dificultad en la progresión y un incremento del peligro de aludes.

## 2.8. Aludes

El manto nivoso que cubre la alta montaña durante el invierno y la primavera se encuentra en un equilibrio que se puede romper por diferentes causas, algunas de ellas de carácter meteorológico: precipitaciones copiosas o fuertes, sólidas o líquidas; temperaturas muy bajas o elevadas para la época; radiación solar intensa. Los aludes constituyen un riesgo notable en la alta montaña invernal y los accidentes por aludes (quedar sepultado por un alud entraña un gran número de tipos de lesiones responsables de politraumatismos, de compresiones prolongadas, de estados de asfixia y de hipotermias) no son raros en nuestras montañas. En este mismo artículo se hablará más a fondo de esta temática.

## 3. LOS BOLETINES DE PREDICCIÓN PARA ZONAS DE MONTAÑA

AEMET<sup>1</sup> elabora y publica a diario boletines de predicción para 9 zonas montañosas —Pirineos navarro, aragonés y catalán, Ibérica riojana y aragonesa, Picos de Europa, Gredos, Guadarrama-Somosierra y Sierra Nevada—. Son pronósticos homogéneos y normalizados, con el fin de facilitar una correcta interpretación por parte de todos los usuarios con independencia de su nivel de conocimientos técnicos. Se presentan en un lenguaje sencillo y claro, tratando de primar la brevedad y la precisión, y se utilizan en la medida de lo posible términos de uso común en meteorología de montaña. Incluyen un apartado de tiempo pasado y pronósticos para el día en curso y los cuatro días siguientes:

- **Tiempo pasado:** da cuenta de los fenómenos observados en las últimas 24-36 horas que se considere que pueden tener impacto en las actividades en montaña, agrupados por el día al que corresponden los fenómenos. Cuando son significativos, se incluyen

<sup>1</sup> La unidad operativa del Sistema Nacional de Predicción de AEMET a cargo de la elaboración de los boletines para zonas de montaña y de boletines de peligro de aludes es el Grupo de Predicción y Vigilancia de Zaragoza.

valores de las observaciones meteorológicas, así como información sobre fenómenos propios de la meteorología de montaña no explicitados necesariamente en los apartados de pronósticos.

- **Pronósticos para los alcances D+0 hasta D+4:** se presentan segregados por alcance, y con la información separada explícitamente por variables meteorológicas: nubosidad y precipitaciones, posibilidad de tormentas, viento y temperaturas.

En las predicciones para el día en curso (para “hoy”) y para el día siguiente (“mañana”) se incluyen también informaciones más concretas, de temperaturas y vientos previstos: una tabla con las temperaturas y sensaciones térmicas —máximas y mínimas— esperables en una serie de lugares de interés en cada zona, y otra con las condiciones esperadas en altura; las altitudes de las isotermas de 0 °C y de -10 °C y los vientos a 1500 m y 3000 m (figura 1).

Temperatura y Sensación Térmica (ST) en (°C): Min (ST) Max (ST)					
	Altitud	T Min	Min (ST)	T Max	Max (ST)
Boí-Taüll	2045 m	11	11	23	23
Montardo	2833 m	4	2	19	19
Pica d'Estats	3143 m	4	4	14	14
Puigmal	2910 m	7	6	16	16
Costabona	2465 m	8	7	19	19
Port del Comte	1700 m	12	12	26	26

Valores previstos en la atmósfera libre	
Altitud de la isoterma de 0 °C en la atmósfera libre	4.500 m
Altitud de la isoterma de -10 °C en la atmósfera libre	6.000 m
Viento en atmósfera libre a 1500 metros	SW 20 km/h
Viento en atmósfera libre a 3000 metros	SW 40 km/h

Figura 1. Detalle de la predicción para zonas montañosas en la web de AEMET.

#### 4. EL PELIGRO QUE SUPONEN LOS ALUDES

Los aludes —deslizamientos más o menos rápidos de una masa de nieve ladera abajo— son frecuentemente el principal peligro que afrontan quienes transitan por la montaña nevada. Siempre que a la pendiente se añade una cantidad suficiente de nieve, el peligro de que suceda un alud está presente.

Las avalanchas de nieve se clasifican de bastantes maneras, atendiendo a distintas características. A menudo se distinguen por la cantidad de manto que se moviliza —aludes de superficie vs. aludes de fondo—, por la presencia o ausencia de agua líquida en la zona donde se inicia el alud —aludes de nieve seca vs. aludes de nieve húmeda— y por su morfología —aludes de nieve suelta vs. aludes de placa—. También, una forma frecuente de describir los aludes es catalogándolos como uno de los siguientes tres tipos principales:

- **Aludes de nieve suelta:** son los que se originan en un punto concreto de la superficie innivada de una ladera, y movilizan la nieve suelta (nieve sin cohesión, en la que los cristales de hielo que la componen no tienen apenas ligaduras entre ellos)

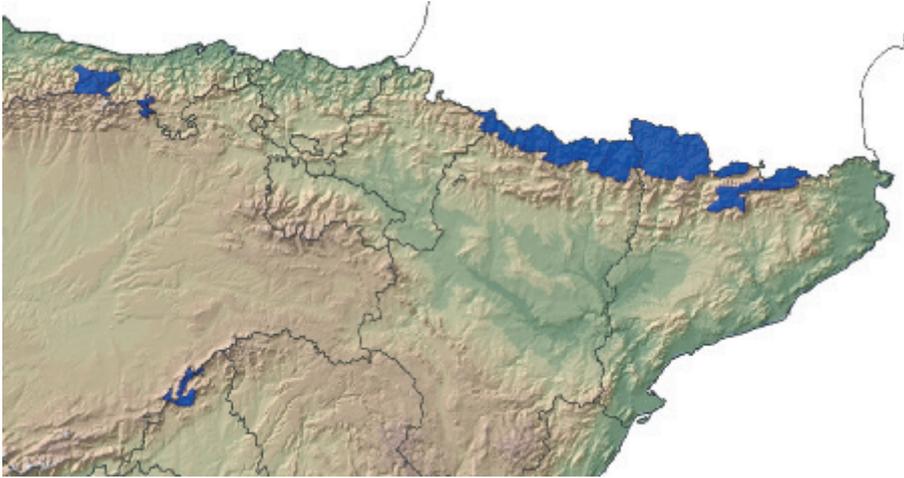
que hay más abajo. Suelen tener forma de cono, con el vértice en el punto de inicio de la avalancha. Pueden ser tanto de nieve seca como de nieve húmeda, y frecuentemente son de tipo superficial, es decir, movilizan solo nieve de las capas superiores del manto. Se suelen desencadenar espontáneamente, cuando el peso de la propia nieve supera la escasa fuerza de cohesión interna de esta. No obstante, también la sobrecarga provocada por el paso de personas puede ser el agente desencadenante.

- **Aludes de placa:** son los que ocurren cuando una capa (o placa) de nieve con buena cohesión (nieve en la que los cristales de hielo están bien soldados unos con otros y que se usaría para hacer un iglú) se fractura y desliza ladera abajo. Como las placas suelen formarse por el transporte de la nieve por efecto del viento, con frecuencia se las llama también placas de viento. La zona de partida de estos aludes es una línea de fractura, que puede abarcar toda una ladera e incluso, en los casos más extremos, propagarse a laderas vecinas. Pueden ser de tipo superficial o movilizar la totalidad del manto (aludes de fondo), y en general se desencadenan por una sobrecarga, muchas veces provocada por humanos, aunque a veces también se producen fracturas en las placas espontáneamente. Los aludes de placa son responsables de la mayor parte de accidentes y víctimas por alud.
- **Aludes de fusión:** también llamados aludes de primavera, son los que se producen cuando la nieve pierde su cohesión interna debido al aumento de la cantidad de agua líquida que coexiste en el manto nivoso junto con los cristales de hielo. Cuando dicha cantidad aumenta lo suficiente, el manto nivoso adquiere las características de un fluido, lo que propicia que se ponga en movimiento. Por su gran densidad, los aludes de fusión tienden a canalizarse (como ríos) y a arrastrar los materiales que van encontrando en su camino. Frecuentemente involucran a la totalidad del manto nivoso (aludes de fondo), y se desencadenan sobre todo espontáneamente, siendo muy difícil (aunque no imposible) el desencadenamiento accidental. No son los aludes más peligrosos para los humanos, pero sí pueden ser muy dañinos para las infraestructuras.

## 5. LOS BOLETINES DE PELIGRO DE ALUDES

En España, el número de accidentes y de víctimas causados por los aludes de nieve viene siendo creciente, especialmente en los últimos 30 años, en buena correlación con el aumento del número de personas que frecuentan la montaña nevada. En este contexto, existe una demanda cada vez mayor de seguridad por parte de todos los actores del sector de la nieve, y, por ello, un aumento significativo de la demanda de información nivológica y meteorológica, como herramienta primordial de planificación y de toma de decisiones en la gestión del riesgo.

Para dar respuesta a esta necesidad, la Agencia Estatal de Meteorología, y su predecesor el INM, elabora desde la década de 1980 boletines de información nivológica y peligro de aludes, que condensan la información disponible para aquellos macizos montañosos en los que el manto nivoso estacional es significativo tanto espacial como temporalmente. Estas zonas son el Pirineo navarro y aragonés, que integra cinco regiones o macizos nivológicos, el Pirineo catalán, para el que se contemplan 7 macizos, los parques nacionales de Picos de Europa y de Guadarrama, y las Sierras de Peña Labra y Cordel, en la zona de Alto Campoo, en la cordillera Cantábrica (figura 2).



*Figura 2. Zonas para las que se elaboran boletines de aludes en España.*

### **5.1. Características de los boletines de peligro de aludes**

Estimar y dar a conocer el peligro que en un momento dado suponen los aludes es algo complejo. Para hacerlo, además de conocer en detalle las condiciones meteorológicas que han afectado a una zona durante los días previos, es necesario tomar medidas de parámetros físicos y estructurales del manto nivoso, y aplicar modelos conceptuales específicos del comportamiento de la nieve. Unido a esto, cada vez más se tiende a realizar simulaciones numéricas, aunque el grado de desarrollo de estas es aún limitado.

También la valoración del peligro de aludes debe hacerse de manera diferente en función de la escala espacial con la que se trabaje. Sobre una pendiente concreta se puede estimar la probabilidad de que se desencadene espontáneamente un alud o el esfuerzo que, ejercido sobre una parte del manto nivoso, es necesario para desencadenar artificialmente una avalancha. A mayores escalas, para un macizo montañoso o región, se elaboran boletines nivológicos con información de conjunto que integra las condiciones estimadas en un número grande de laderas. Esta información es un marco de referencia sobre el que planificar itinerarios y actividades y una ayuda para la toma de decisiones sobre el terreno cuando hay que valorar el peligro concreto en cada momento en función de los factores presentes.

Para comunicar el peligro de aludes a escala regional (áreas de 100 km<sup>2</sup> o más) se utiliza la escala europea de peligro de aludes (figura 3) que define cinco niveles en función de los principales elementos a considerar: el número y tamaño de los aludes esperables, si pueden darse en muchas laderas o pocas, la probabilidad de que los aludes tengan lugar espontáneamente y el esfuerzo necesario para desencadenarlos accidentalmente. El número en la escala es menor cuanto mayor es la estabilidad del manto frente a los esfuerzos o sobrecargas a que se puede ver sometido: sobrecargas débiles como el paso de un esquiador, o sobrecargas fuertes como el paso de una moto de nieve o el paso de un grupo de esquiadores que no mantienen la distancia de seguridad.

Los boletines de aludes, además de dar una estimación del nivel de peligro conforme a la escala europea, detallan la información disponible acerca de la distribución y el estado del manto nivoso y su evolución con el tiempo en función de las condiciones meteorológicas. También, y esto viene a ser lo más importante, proporcionan las informaciones

Nivel de peligro	Icono	Estabilidad del manto nivoso	Probabilidad de desencadenamiento de aludes
5. MUY FUERTE		El manto nivoso es, en general, muy inestable.	Son esperables numerosos aludes grandes, en algunos casos muy grandes, desencadenados espontáneamente, incluso en laderas sólo moderadamente inclinadas.
4. FUERTE		El manto nivoso está débilmente estabilizado en la mayoría de laderas empinadas (*).	Es probable el desencadenamiento de aludes, incluso debido a sobrecargas débiles (**), en muchas laderas empinadas (*). En algunos casos, son esperables numerosos aludes de tamaño medio, y frecuentemente grande, desencadenados espontáneamente.
3. NOTABLE		El manto nivoso está entre moderada y débilmente estabilizado en numerosas laderas empinadas (*).	Es posible el desencadenamiento de aludes, incluso debido a sobrecargas débiles (**), especialmente en las laderas empinadas cuyas características se describen en el boletín. En algunos casos, son posibles aludes de dimensiones medias y a veces grandes, desencadenados espontáneamente.
2. LIMITADO		El manto nivoso está en algunas laderas empinadas sólo moderadamente estabilizado (*); en el resto, está, en general, bien estabilizado.	Es posible el desencadenamiento de aludes, sobre todo por sobrecargas fuertes, especialmente en aquellas laderas empinadas cuyas características se describen en el boletín. No se esperan aludes grandes desencadenados espontáneamente.
1. DÉBIL		El manto nivoso está, en general, bien estabilizado.	En general, sólo es posible desencadenar aludes en laderas muy inclinadas o en terreno especialmente desfavorable (*) y a causa de sobrecargas fuertes (**). Espontáneamente sólo pueden desencadenarse coladas o aludes pequeños.

(\*) Las áreas favorables a los aludes se describen con mayor detalle en los boletines de peligro de aludes (altitud, orientación, tipo de terreno, etc.).

- Terreno poco o moderadamente inclinado: laderas con una inclinación menor de 30°.

- Laderas empinadas: laderas con una inclinación mayor de 30°.

- Terreno muy inclinado o extremo: laderas de más de 40° de inclinación y terreno especialmente desfavorable debido a su perfil, la proximidad a las crestas o la escasa rugosidad de la superficie del suelo subyacente.

(\*\*) Sobrecargas:

- Débil: un único esquiador o surfista, moviéndose con suavidad y sin caerse. Grupo de personas que respetan la distancia de seguridad (mínimo de 10 m). Raquetistas.

- Fuerte: dos o más esquiadores/surfistas etc. sin respetar la distancia de seguridad. Máquinas pisanieves u otros vehículos que circulen sobre la nieve, explosivos. Ocasionalmente, un único excursionista o escalador.

*Figura 3. Escala europea de peligro de aludes.*

complementarias acerca de los elementos que conforman el peligro: las zonas, orientaciones y tramos de altitud que cabe considerar como más peligrosos, y el tipo y tamaño de los aludes que pueden ocurrir.

## 6. LOS PROBLEMAS TÍPICOS DE PELIGRO DE ALUDES

En los últimos años, la manera de estructurar y presentar la información sobre el peligro de aludes ha ido cambiando con el fin de acercarse más a las necesidades de los usuarios. Con ello, se pretende facilitar la comprensión del contenido de los boletines de aludes y hacer más sencilla la toma de decisiones en terreno de aludes.

Con este propósito, se han identificado escenarios (situaciones con características relativamente bien definidas) que se suelen repetir con frecuencia y que son por ello fácilmente reconocibles. Cada uno de estos escenarios, por tener elementos distintivos propios, va asociado a estrategias concretas de gestión del riesgo sobre el terreno lo que es, precisamente, la principal necesidad de los usuarios de un boletín de peligro de aludes. El empleo de situaciones o patrones típicos para describir el peligro de aludes, hace la comunicación más fácil y, muy importante, más inteligible tanto para los usuarios profesionales (con formación técnica sobre el tema) como para quienes tienen menos conocimientos en la materia.

Para la aplicación de este marco de trabajo y comunicación, en Europa se ha adoptado la denominación común de “problemas típicos de aludes”. La nomenclatura, las características concretas definitorias de cada problema y su uso como referencia, se acordaron por unanimidad en la asamblea de la organización de Centros europeos de predicción de aludes (EAWS) de 2017. Concretamente, se han definido cinco problemas típicos de aludes para ser utilizados en los boletines de peligro de aludes.

PROBLEMAS DE ALUDES TIPIFICADOS POR LA EAWS



**1. Nieve reciente:** es la situación en la que el peligro está relacionado con la nevada actual o más reciente. La magnitud de la sobrecarga adicional que la nieve nueva ejerce sobre el manto nivoso preexistente es el factor principal. La importancia de la sobrecarga depende de diferentes factores como la temperatura o las características de la superficie de la nieve vieja. Cabe esperar tanto aludes de placa de nieve seca como aludes de nieve seca sin cohesión, que pueden desencadenarse tanto espontánea como accidentalmente. Los aludes pueden darse en todas las orientaciones, en mayor medida en las pendientes más inclinadas, y también en las zonas de mayor altitud.



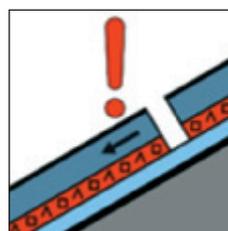
El problema que provoca la nieve reciente dura relativamente poco, típicamente uno o dos días, algo más si las temperaturas son muy bajas. Es aconsejable, en el caso de los aludes de placa esperar a que el manto se estabilice, y en el caso de los aludes de nieve suelta tener en cuenta que el peligro de caída es mayor que el de quedar sepultado.

**2. Nieve venteada:** es el problema motivado por el transporte de nieve por el viento, que puede suceder coincidiendo o no con una nevada. Pueden desencadenarse aludes de placa de nieve seca, a veces de forma espontánea, pero sobre todo provocados por esquia-dores. El peligro está típicamente a sotavento del viento dominante durante la ventisca, en canales, depresiones, cerca de cambios de pendientes, detrás de crestas u otros lugares protegidos.



El problema está presente durante la ventisca y persiste hasta, como mucho, unos pocos días después, dependiendo de la evolución del manto nivoso. Deben evitarse las acumulaciones de nieve venteada en terreno inclinado, en particular en las áreas donde hay cambios de manto delgado a grueso o de nieve dura a blanda. Los aludes de placa son la principal causa de accidentes y víctimas por alud.

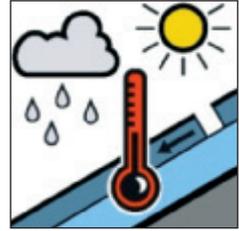
**3. Capas débiles persistentes:** este problema se da cuando en el interior del manto nivoso se forma una capa con poca cohesión entre los cristales de hielo que la forman; típicamente escarcha enterrada o, cristales facetados o con forma de cubiletos. Causan aludes de placa, desencadenados casi siempre por humanos, y se da en mayor medida en laderas umbrías al abrigo del viento.



Es un problema que puede durar semanas o meses, incluso toda la temporada en algunos casos. Se aconseja circular de forma conservadora y evitar las laderas grandes y muy empinadas, teniendo en consideración la meteorología pasada y los procesos que el manto nivoso ha podido experimentar en la zona.

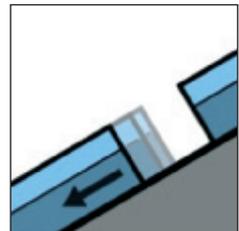
Prestar atención a lo que sobre ello se cuente en el boletín de peligro de aludes y buscar el conocimiento local sobre el comportamiento de cada ladera individual. También, hay que ser extremadamente cautos en zonas con manto delgado y en la transición de delgado a grueso.

**4. Nieve húmeda:** el peligro lo provoca el debilitamiento de la cohesión del manto debido a la presencia de agua líquida en su interior. El agua se infiltra dentro del manto debido a la fusión o a la lluvia. Son de esperar aludes de placa húmeda y aludes de nieve suelta húmeda, desencadenados sobre todo espontáneamente. Si el humedecimiento del manto lo causa el sol, entonces el peligro se da sobre todo en las solanas y es mayor en zonas bajas, en las que la temperatura del aire es mayor, mientras que si la causa es la lluvia, entonces se da en todas las orientaciones.



El problema dura de horas a días, siendo posible que el manto nivoso pase de ser estable a inestable en muy poco tiempo. Los aludes espontáneos pueden ser más probables en determinados momentos del día, particularmente por la tarde a menos que la lluvia sea el factor desencadenante. Con una situación de nieve húmeda es fundamental planificar y gestionar bien el horario de la ruta. Se deben aprovechar las primeras horas si hay rehielo nocturno, y tener en cuenta que la lluvia sobre nieve nueva produce este problema de forma casi inmediata. También, hay que vigilar en el recorrido las zonas de llegada de los aludes.

**5. Deslizamientos basales:** es el caso en que todo el manto nivoso se desliza sobre el suelo subyacente, normalmente terreno resbaladizo con superficies herbosas o zonas de roca lisa. La actividad de deslizamientos basales está típicamente relacionada con un manto grueso homogéneo o con pocas capas. Los deslizamientos basales se desencadenan casi siempre espontáneamente y son difíciles de predecir, incluso aunque se abran grietas antes de la caída. Se dan tanto con un manto nivoso frío y seco como con uno isotermo y húmedo a 0 °C. Predominan en terreno suave y liso y en cualquier orientación, pero más a menudo en orientaciones sur.



El problema tiene una duración de días a meses, incluso puede durar toda la temporada. La caída se puede dar en cualquier momento del día, aunque en primavera los deslizamientos basales se dan mayoritariamente al final del día. Lo más aconsejable es evitar el terreno por debajo de grietas de deslizamiento.

## BIBLIOGRAFÍA

- BARRY, R. G. (1981). Mountain weather and climate. Ed. Methuen. Reeditado en 2001 por Ed. Routledge.
- EUROPEAN AVALANCHE WARNING SERVICES (2017). Problemas típicos de aludes. [https://lawine.tirol.gv.at/data/eaws/typical\\_problems/EAWS\\_avalanche\\_problems\\_ES.pdf](https://lawine.tirol.gv.at/data/eaws/typical_problems/EAWS_avalanche_problems_ES.pdf).
- KOHLER, T.; WEHRLI, A. y JUREK, M. eds. (2014). Las montañas y el cambio climático: una preocupación mundial. Serie sobre el desarrollo sostenible de las regiones de montaña. Berna, Suiza. Centro para el Desarrollo y el Medio Ambiente (CDE), Agencia Suiza para el Desarrollo y la Cooperación (COSUDE) y Geographica Bernensia. 136 págs.
- <http://www.fao.org/mountain-partnership/publications/publication-detail/en/c/271252/>.
- McCLUNG, D. y SCHAEERER, P. (1993). The Avalanche Handbook. Ed. The Mountaineers Books.

- MUNTER, W. (2007).  $3 \times 3$  avalanchas: la gestión del riesgo en los deportes de invierno. Ed. Desnivel.
- PEEL, M. C.; FINLAYSON, B. L. y McMAHON, T. A. (2007). Updated world map of the Köppen-Geiger climate classification. *Hydrol. Earth Syst. Sci.*, 11, 1633-1644.
- SANZ, G.; RODRÍGUEZ, J. y PASCUAL, R. y otros (2015). Guía para la Observación Nivometeorológica. Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente. Agencia Estatal de Meteorología. [http://www.aemet.es/documentos/es/conocerlas/recursos\\_en\\_linea/publicaciones\\_y\\_estudios/publicaciones/GuiaObsNivoMet\\_ed2015/GuiaObsNivoMet\\_ed2015.pdf](http://www.aemet.es/documentos/es/conocerlas/recursos_en_linea/publicaciones_y_estudios/publicaciones/GuiaObsNivoMet_ed2015/GuiaObsNivoMet_ed2015.pdf).
- SMITH, R. (2004). Mountain meteorology and regional climates. En: Atmospheric Turbulence and Mesoscale Meteorology. Ed.: FEDOROVICH, E.; ROTUNNO, R. y STEVENS, B. Ed. Cambridge University Press.
- THILLET, J. J. (1998). La meteorología de montaña. Ed. Martínez Roca.
- TREMPER, B. (2001). Staying Alive in Avalanche Terrain. Ed. The Mountaineers Books.
- WAVE CLOUD INTERNATIONAL (J. PAPINEAU) (2002). Practical Mountain Weather. A guide for hikers, climbers and skiers. [http://pafc.arh.noaa.gov/classroom/mountain\\_weather/CH0.pdf](http://pafc.arh.noaa.gov/classroom/mountain_weather/CH0.pdf).
- WHITEMAN, C. D. (2000). Mountain Meteorology. Fundamentals and applications. Ed. Oxford University Press.