

LA GUÍA DE ALUDES



GOBIERNO
DE ESPAÑA

MINISTERIO
DE AGRICULTURA, ALIMENTACIÓN
Y MEDIO AMBIENTE

AEMet

Agencia Estatal de Meteorología

Esta guía ha sido realizada en las Delegaciones Territoriales de Aragón y Cataluña.

Fotografías: Ramón Pascual y Gerardo Sanz (salvo las indicadas en las propias imágenes).

Maquetación: Delegaciones Territoriales en Aragón y Cataluña.

Agradecimientos: A Joan Ramon Mercè y Pere Rodés.



Aviso Legal: los contenidos de esta publicación podrán ser reutilizados, citando la fuente y la fecha, en su caso, de la última actualización.

Edita:

© Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente
Agencia Estatal de Meteorología
Madrid, 2015

Catálogo de Publicaciones de la Administración General del Estado:
<https://cpage.mpr.gob.es>

NIPO: 281-15-009-X
<https://doi.org/10.31978/281-15-009-X>

Agencia Estatal de Meteorología (AEMET)
C/ Leonardo Prieto Castro, 8
28040 Madrid
<http://www.aemet.es/>

 @Aemet_Esp

 <https://www.facebook.com/AgenciaEstataldeMeteorologia>



LA GUÍA DE ALUDES

Editorial

La alta montaña invernal es un entorno de una gran belleza pero a la vez caracterizado por unos peligros objetivos entre los cuales destaca el de los aludes o avalanchas de nieve. Los aludes reciben en España diferentes nombres: *allau* en Cataluña, *laueg* en el valle de Arán, *lurte* en Aragón, *elurte* en el País Vasco, *argayo* en Asturias y León o *muelda* en Castilla, entre otros.

Los aludes están presentes en distintas cordilleras ibéricas (Pirineo, Cordillera Cantábrica, Sistema Central, Sierra Nevada, Macizo Galaico) pero es especialmente en el Pirineo de Huesca, Lleida y Girona y también en los Picos de Europa donde se registran con más frecuencia y donde han tenido históricamente un mayor impacto social y económico.

El riesgo asociado a los aludes se puede subdividir en 3 tipos: el que afecta a zonas habitadas (temporal o permanentemente), vías de comunicación y otras infraestructuras (remontes mecánicos,

casetas en estaciones de esquí, ...); el que afecta al medio natural (bosques especialmente) y el que implica a las personas que desarrollan algún tipo de actividad deportiva en la alta montaña invernal (excursionismo a pie o con raquetas de nieve, alpinismo, escalada en hielo y esquí de montaña o travesía).

En el dominio de las estaciones de esquí nórdico y alpino el riesgo asociado a los aludes está controlado y minimizado mediante diferentes acciones (desencadenamiento artificial de aludes, cierre de zonas peligrosas, etc.).

La gestión del riesgo asociado a las avalanchas es una tarea compleja y multidisciplinar que incluye tanto la cartografía de las zonas proclives a los aludes como la predicción del fenómeno, la construcción de estructuras de defensa y el desencadenamiento artificial de las avalanchas. Sin embargo, ante todo, es imprescindible conocer el fenómeno y sus causas.

Esta guía pretende ser una primera aproximación a dicho conocimiento además de proporcionar unas pautas elementales para la gestión de este riesgo natural.



ÍNDICE

Formación de la nieve y las nevadas	6
El manto nivoso	10
Los aludes	15
La predicción temporal del peligro de aludes	26
Progresión segura por terreno nevado fuera de pistas	39
Fuentes de información	45



FORMACIÓN DE LA NIEVE Y LAS NEVADAS

La nieve es un hidrometeoro definido como precipitación sólida consistente en cristales de hielo, la mayoría ramificados, que caen desde una nube, en forma de copos blancos. La nieve cae describiendo hélices o tirabuzones y los copos suelen tener un diámetro de uno a cuatro centímetros. Se deposita sobre el suelo formando una capa esponjosa y de espesor creciente. En ocasiones, la nieve se funde al tocar el suelo y no se acumula. Coloquialmente se dice que “no coge” o que “no cuaja”.

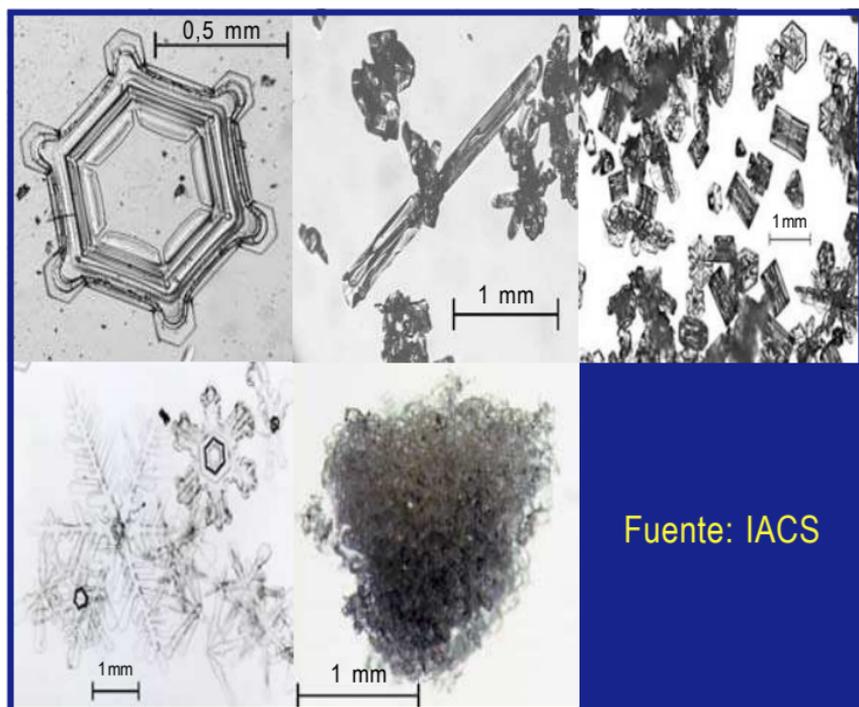
La nieve se forma en las nubes bajo temperaturas claramente inferiores a los 0°C mediante el paso del vapor de agua presente a fase sólida, proceso que recibe el nombre de sublimación inversa. La presencia de agua líquida en estado de subfusión (a temperaturas negativas) contribuye al crecimiento de los cristales de hielo hasta alcanzar diámetros del orden de milímetros.

La forma de los cristales de nieve depende de la temperatura, de la humedad relativa y de los movimientos verticales del aire.

Las cinco formas principales son las plaquetas, las estrellas, las agujas, las columnas y finalmente, la nieve granulada, cuyo origen y estructura es netamente distinta.

Las nevadas pueden estar asociadas tanto a nubes de tipo estratiforme, fundamentalmente altostratos o nimbostratos, como a nubes cumuliformes, normalmente cumulonimbos, en cuyo caso pueden ir acompañadas de tormenta y ser en forma de chubascos de nieve granulada.





Las principales situaciones meteorológicas generadoras de nevadas en zonas de montaña son el paso de frentes fríos o cálidos (en este caso la cota de nevada está más alta) y la presencia de flujos húmedos persistentes contra barreras orográficas. También las profundas depresiones pueden provocar episodios de nevada duraderos afectando a áreas extensas.

La duración e intensidad de las nevadas dependen del tipo de nubes que las generan y de la situación meteorológica, siendo las dos características determinantes en la estructura del manto nivoso.

Una vez en el suelo, la nieve va evolucionando y se conoce de distintas maneras en función del estado de la capa más superficial. Así, es frecuente oír hablar de “nieve polvo”, cuando esta se mantiene fría y con poca cohesión, y de “nieve primavera” cuando está parcialmente fundida.





EL MANTO NIVOSO

A lo largo de la temporada invernal, desde finales de otoño hasta la primavera, las sucesivas nevadas van acumulando nieve en el suelo y se va constituyendo lo que se conoce como manto nivoso estacional. El manto nivoso estará formado, en consecuencia, por un conjunto más o menos heterogéneo de capas de distinto grosor asociadas a los distintos episodios de nevada.

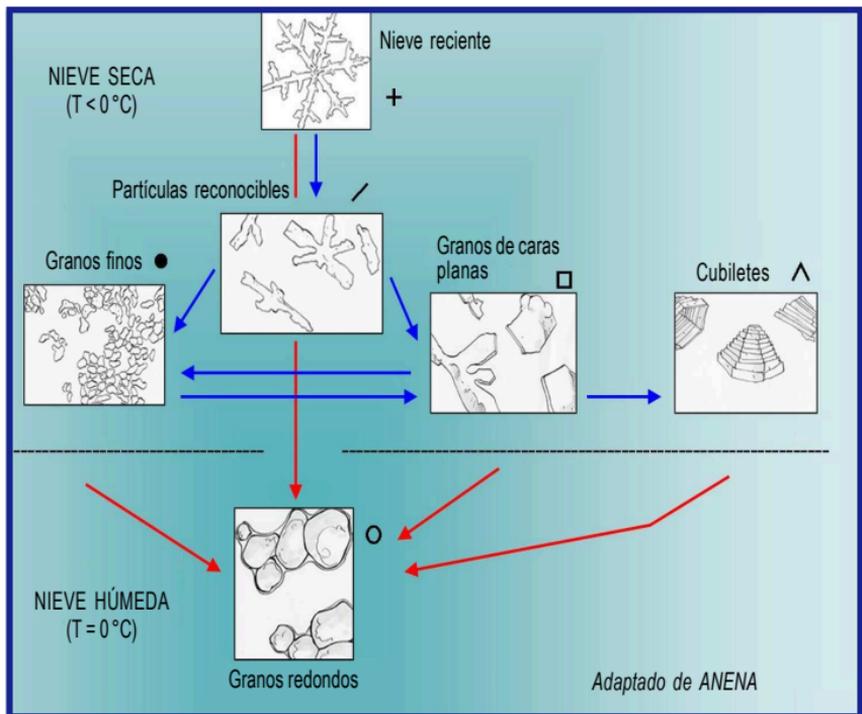
Las características del manto dependen de factores topográficos y de las condiciones meteorológicas durante y después de cada nevada.

Uno de los factores meteorológicos más relevantes es el viento, capaz tanto de transportar la nieve que cae de las nubes como de levantar y desplazar la que se encuentra en la superficie del manto. Este transporte deja zonas prácticamente libres de nieve y zonas de sobreacumulación, donde los espesores son muy superiores al espesor medio del manto.

La irregular distribución del manto es un elemento clave en el desencadenamiento de algunos tipos de aludes.

Los granos o cristales de nieve que componen el manto sufren una continua transformación, llamada metamorfosis, desde el momento en que caen de la nube y durante el tiempo en el que se encuentran formando parte del manto nivoso hasta su fusión.

Los diferentes tipos de metamorfosis dependen de la acción del viento, la temperatura del aire y de la nieve, la humedad, la radiación solar y la lluvia. El peso del propio manto también es un factor de transformación significativo de las capas inferiores. La estructura interna del manto depende de las distintas metamorfosis que hayan experimentado los granos que lo componen.

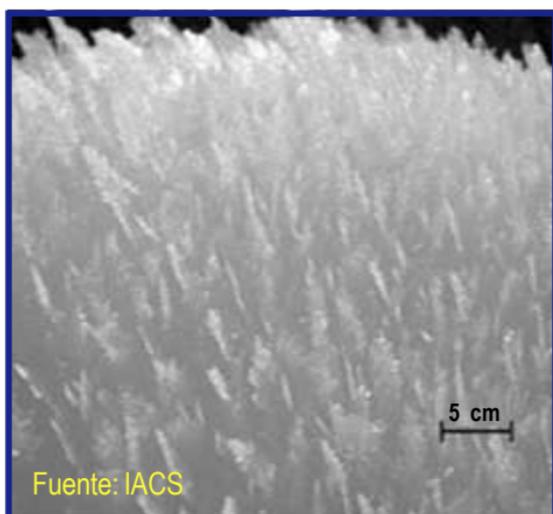


Los granos de nieve reciente seca, a temperatura inferior a los 0°C , evolucionan a las llamadas partículas reconocibles y posteriormente a formas redondeadas (granos finos) o a estructuras angulosas (granos de caras planas y cubiletes).

Cuando la temperatura de la nieve en el manto alcanza los 0°C , típicamente en primavera, aparece agua líquida en los intersticios generándose la nieve húmeda. En este caso, los granos evolucionan hacia formas de mayor tamaño (granos redondos), paso previo a la fusión definitiva.

La formación de nieve húmeda también es posible si ha llovido sobre el manto. El caso extremo de nieve húmeda, la nieve mojada, es aquella que escurre agua líquida cuando es apretada con moderada fuerza.





Cuando hay agua líquida en la superficie del manto se puede formar una costra de rehielo si las temperaturas nocturnas descienden por debajo de 0°C . También es relativamente frecuente la presencia de escarcha de superficie, formada por sublimación inversa de vapor de agua sobre el manto nivoso en noches especialmente frías y encalmadas.

El espesor, la estructura interna (estratificación) y la composición son factores que determinan el grado de estabilidad del manto nivoso, es decir, la capacidad de mantenerse en equilibrio estático tanto en conjunto como en cada una de los estratos de nieve que lo forman.

Otros factores relevantes son la forma e inclinación de la ladera, la presencia de anclajes naturales (rocas, árboles, ...) por debajo, por encima y

por los laterales del manto y el tipo de suelo (vegetación, roca, ...) y su estado (mojado, helado).

En todo momento, el manto nivoso está sometido a un conjunto de fuerzas que tienden, bien a mantenerlo en su posición de equilibrio, bien a romper ese equilibrio, deformarlo e incluso ponerlo en movimiento.

La estabilidad del manto varía espacial y temporalmente y también lo hacen las fuerzas que actúan sobre él, de forma que la probabilidad de que el manto en su conjunto o una o varias de sus capas se desplace será una función compleja dependiente de múltiples variables. De ahí la gran dificultad que conlleva la predicción temporal del peligro de aludes.





LOS ALUDES

Un alud o avalancha es una masa de nieve que se mueve con rapidez pendiente abajo. Para que este desprendimiento se considere un alud propiamente dicho, debe movilizar al menos 100m^3 de nieve y recorrer por lo menos 50 metros. En el caso de que sus dimensiones sean menores recibe el nombre de purga o colada.

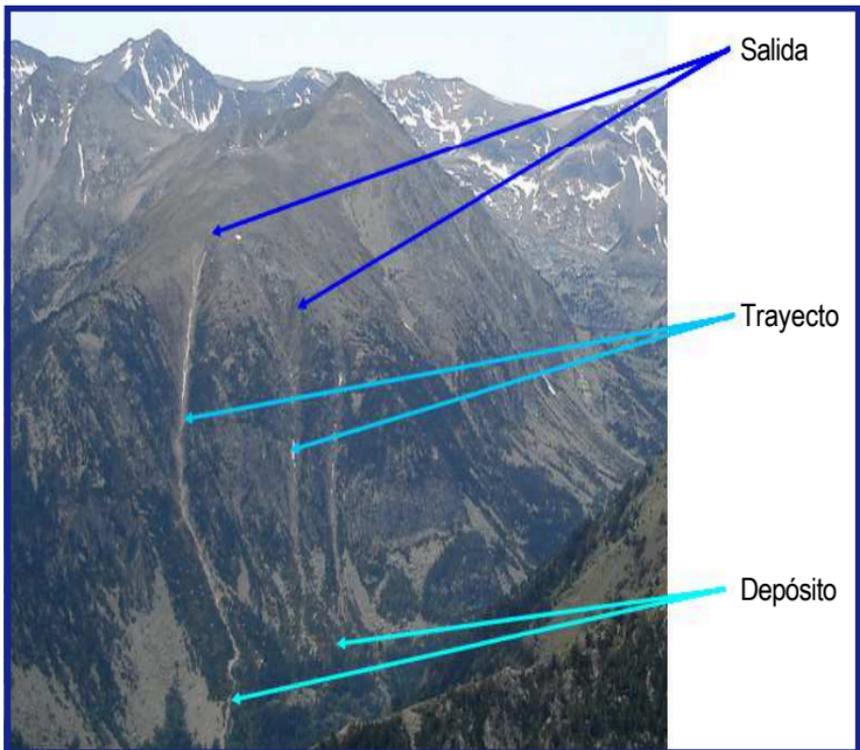
Una diferencia fundamental entre alud y purga es que la segunda es prácticamente inofensiva para las personas mientras que un alud, incluso pequeño, puede enterrar, herir o matar a una persona. Por lo tanto, entre las consecuencias de los aludes está la afectación a las vidas humanas pero también a bienes materiales, infraestructuras y al propio medio natural.

Características morfológicas básicas: zonas de salida, trayectoria y parada

Morfológicamente los aludes se dividen en tres partes: zona de salida, zona de trayectoria y zona de parada. La zona de salida es la parte del terreno en donde se inicia el alud y por lo tanto hay allí

una aceleración significativa de la masa de nieve. Se habla de múltiples zonas de salida al referirse a aquellas zonas a partir de las cuales se pueden desencadenar diversos aludes con o sin un trayecto común. También reciben el nombre de zona de alimentación de aludes.

La zona de trayecto es la parte de la ladera bajo la zona de salida que la conecta con la de depósito. En esta zona la velocidad del alud alcanza su máximo valor y las aceleraciones y desaceleraciones en esta zona no son significativas. En esta zona se producen las incorporaciones o pérdidas de nieve tanto del fondo como de o hacia los laterales.



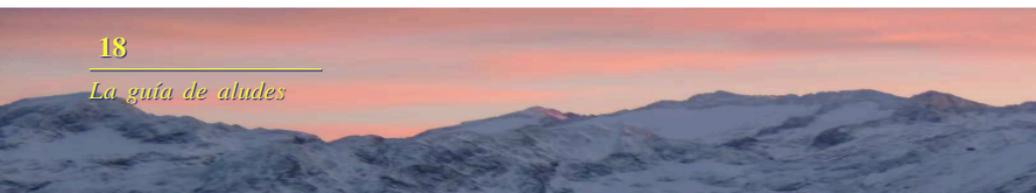
La zona de parada o de depósito es el área donde la desaceleración es elevada, la nieve movilizada se deposita y el alud se detiene.

Clasificación de los aludes (principales tipos de alud)

Existen diversos criterios para clasificar los distintos tipos de aludes; sin embargo, los más comúnmente usados en la predicción del peligro de aludes son dos: el que se basa en el tipo de desencadenamiento, espontáneo o accidental (o provocado) y el que se basa en las características del manto: alud de nieve reciente, alud de placa y alud de nieve húmeda. Ambos criterios son complementarios.

Los aludes de nieve reciente, seca o húmeda, según el contenido de agua líquida que contenga la masa de nieve que se mueve, se producen durante o poco después de una fuerte precipitación nivosa, aunque si las temperaturas son bajas el peligro de desencadenamiento puede persistir durante varios días. La nieve que las forma tiene una densidad normalmente inferior a 200 kg/m^3 y suelen iniciarse en un único punto.





Un caso particular de los aludes de nieve reciente son los de nieve polvo, formados por nieve de muy baja densidad. En los aludes de nieve polvo la nieve en movimiento se mezcla con el aire y fluye como un gas pesado, formando un aerosol que puede alcanzar velocidades de hasta 300 km/h. Los aludes de nieve reciente son especialmente habituales en invierno aunque también pueden producirse en los episodios nivosos de primavera.

Los aludes de placa se producen en mantos nivosos con una “estructura de placa”, que se compone de una placa dura, generada en la mayoría de las ocasiones por la acción del viento, y una capa subyacente con débil cohesión. Las placas de viento se forman sobre todo a sotavento de los obstáculos durante o tras una nevada, antes de la compactación de la nieve reciente. No es necesario un viento muy fuerte para formarlas.



La ruptura de las placas es siempre lineal, muy neta y puede propagarse muy rápidamente gracias a la elevada cohesión de la nieve en las placas, típicamente formada por granos finos con una densidad entre 200 y 400 kg/m³.



El peligro de desencadenamiento de aludes de placa es mayor sobre laderas con ángulos comprendidos entre 25° y 45°. El agente disparador es una sobrecarga accidental sobre el manto, ya sea natural (caída de una cornisa, de una roca, etc.) o asociada al paso de personas (montañeros, esquiadores, surfistas, etc.).

Un caso particular de alud de placa, con características compartidas con los de nieve reciente, son los aludes de “placa friable”. Las placas friables

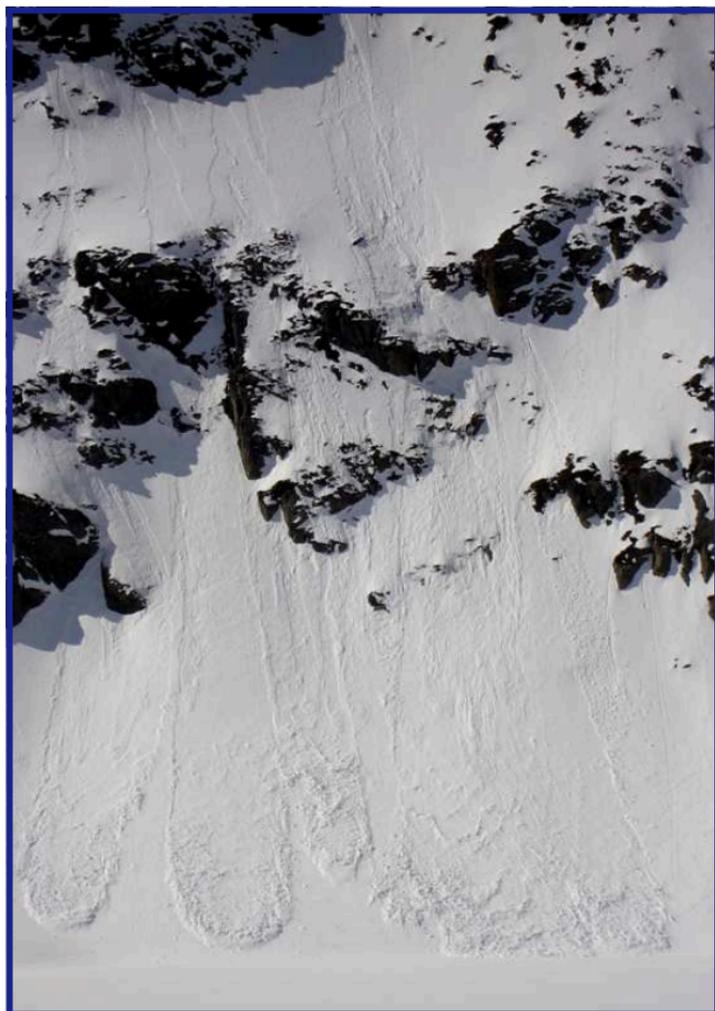
son blandas y tienen poca cohesión interna, pero como placas, en caso de sobrecarga, tienen una fractura lineal, aunque el flujo se vuelve rápidamente pulverulento y pueden evolucionar hacia aludes de nieve polvo.

Las placas friables se forman en situaciones de nevada con viento débil, insuficiente para formar una placa dura. Su aspecto las hace difícilmente reconocibles sobre el terreno y por ello especialmente peligrosas.

Los aludes de nieve húmeda, también llamados de fusión, están directamente ligados a la presencia de agua líquida en el manto nivoso y a la pérdida de cohesión que ello comporta. Estas masas de nieve pueden movilizarse en pendientes apenas superiores a los 25° , y transportan al fondo de los valles enormes cantidades de nieve, a menudo asociadas a toda clase de materiales arrancados en el trayecto.

Estos aludes se desplazan a velocidades relativamente bajas (20-70 km/h) y la densidad de la nieve que se mueve está comprendida, en promedio, entre los 350 kg/m^3 y los 500 kg/m^3 . Estas avalanchas son típicas de la primavera y de periodos anormalmente cálidos en el invierno, así como de episodios lluviosos en cotas medias y altas.

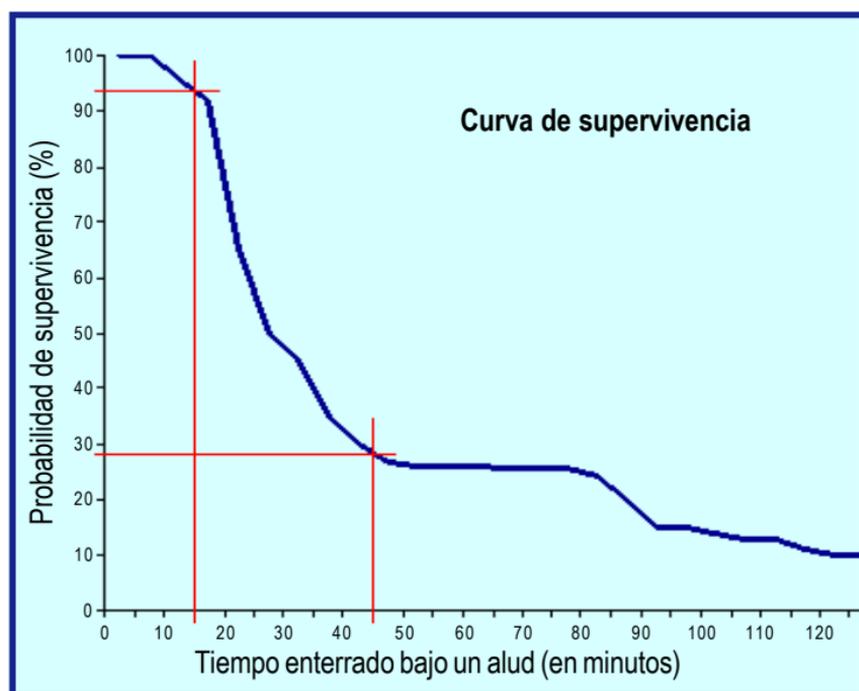




El peligro que suponen los aludes

Las consecuencias que sufre una persona que ha sido arrastrada o enterrada por un alud son básicamente de tres tipos: congelaciones/hipotermia, traumatismos múltiples y asfixia.

Cuando una persona queda enterrada por un alud durante 15 minutos, la probabilidad de supervivencia es de un 93% siempre que no haya sufrido lesiones mortales y que sea atendida con los primeros auxilios. Pero entre los 15 y los 45 minutos pasados desde ser sepultada por la nieve la probabilidad de supervivencia decrece muy rápidamente, al 25%, ya que los que han quedado sepultados sin una bolsa de aire mueren por asfixia.



Más allá de los 45 minutos, únicamente quienes estén en una bolsa de aire pueden sobrevivir a la asfixia, pero pueden ser víctimas de hipotermia.

De la curva de supervivencia se infiere que el autosocorro es la medida más eficaz para conseguir el rescate con vida de un accidentado, ya que el tiempo requerido para recibir ayuda externa (teléfono internacional de socorro: 112) es a menudo excesivo.

Para realizar el autosocorro es necesario que los miembros del grupo estén debidamente equipados con ARVA, pala y sonda, conozcan su funcionamiento y estén entrenados en las estrategias de búsqueda adecuadas. Para ello es necesario realizar prácticas periódicamente además de mantener el equipo en correctas condiciones.



- Mantener la calma.
- Intentar escapar lateralmente del alud.
- Intentar engancharse a algún obstáculo.
- Intentar mantenerse en superficie con un gesto natatorio.
- Desprenderse de los palos, los esquís y/o la tabla de surf.
- Proteger las vías respiratorias, cerrando la boca.
- Cuando el alud se pare, intentar crear delante de la cara una bolsa de aire mediante las manos y los brazos.
- Los miembros del grupo no afectados directamente por el alud deben observar, recordar y marcar los últimos puntos en donde han sido visibles los afectados y, en general, buscar indicios en la superficie.





LA PREDICCIÓN TEMPORAL DEL PELIGRO DE ALUDES

Junto a la evaluación del terreno que se va a transitar, la progresión en montaña debe ir acompañada de una estimación de las condiciones en que se encuentra el manto nivoso. El punto de partida para esto último son los boletines de predicción del peligro de aludes, que informan de las condiciones observadas y previstas a escala de macizo montañoso.

El Boletín de información nivológica y peligro de aludes

Su finalidad es informar sobre el estado del manto nivoso, el grado de estabilidad que presenta y el tipo de aludes que cabe esperar.

En el boletín se da una estimación acerca de la posibilidad de que se desencadenen avalanchas de forma espontánea o accidental, en función de las condiciones meteorológicas y nivológicas presentes y previstas, y se aporta un nivel de peligro conforme a la Escala Europea de Peligro de Aludes.

1.- ESTIMACIÓN DEL NIVEL DE PELIGRO:

Para cada uno de los macizos nivológicos establecidos se asocian uno o varios valores del nivel de peligro de la Escala Europea de Peligro de Aludes, según altitud, orientación y/o momento del día.

2.- ESTABILIDAD DEL MANTO NIVOSO:

Parte fundamental del boletín. Resumen de las condiciones de estabilidad del manto nivoso en los diferentes macizos según altitudes, orientaciones, inclinaciones de las laderas, etc. Se indica la distribución del manto, a qué altitud empieza, los espesores, etc. También el tipo de esfuerzo que puede movilizar la nieve.

3.- TIEMPO PASADO:

Resumen de los fenómenos meteorológicos acaecidos en las últimas horas y/o días que han sido relevantes para el estado presente y futuro del manto nivoso.

4. PRONÓSTICO METEOROLÓGICO PARA EL DÍA SIGUIENTE:

Se resaltan especialmente aquellos fenómenos propios de la meteorología invernal en la alta montaña y relevantes para el estado del manto nivoso y su estabilidad. En este epígrafe se incluyen datos de temperatura y viento previstos a distintas altitudes.

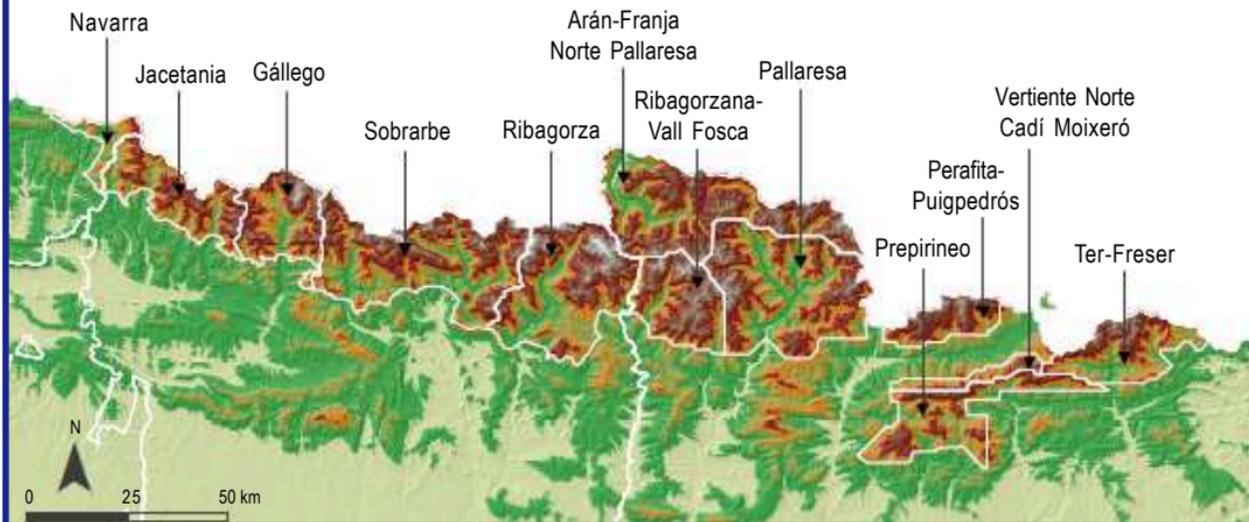
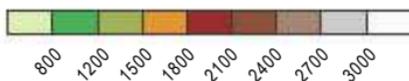
5.- AVANCE DEL NIVEL DE PELIGRO PARA PASADO MAÑANA:

Indica la tendencia del peligro (estacionario, en descenso, en ascenso).



Macizos nivológicos en el Pirineo

Altitud (m.s.n.m.)



La AEMET mantiene redes de observación en distintas zonas de alta montaña del territorio español y elabora boletines nivológicos que están disponibles en internet.

Su escala espacial de referencia es el macizo montañoso, una zona geográfica de extensión limitada y con características climáticas suficientemente homogéneas.

La Escala Europea de Peligro de Aludes

Es la referencia para valorar el peligro de aludes. En ella se definen cinco niveles de peligro en función de la estabilidad del manto nivoso y de la probabilidad de que se desencadenen avalanchas. Sintetiza los principales elementos a considerar y se utiliza, en obligada unión con los boletines nivológicos, como herramienta de comunicación en los servicios de predicción de toda Europa.

El nivel de peligro se fija en función del número y tamaño de los aludes esperables y de si pueden darse en muchas o pocas pendientes, así como de la probabilidad de que tengan lugar espontáneamente o del esfuerzo necesario para desencadenarlos.



ESCALA EUROPEA DE PELIGRO DE ALUDES

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, a menudo muy grandes, desencadenados espontáneamente, incluso en laderas solo moderadamente inclinadas.
4. FUERTE		En la mayoría de laderas empinadas* el manto está débilmente estabilizado.	Es probable el desencadenamiento de aludes, incluso mediante sobrecargas débiles**, en muchas laderas empinadas. En algunos casos son esperables numerosos aludes de tamaño mediano, y frecuentemente grande, desencadenados espontáneamente.
3. NOTABLE		En muchas laderas empinadas* el manto nivoso está entre moderada y débilmente estabilizado.	Es posible el desencadenamiento de aludes, incluso por sobrecargas débiles**, especialmente en laderas empinadas propicias*. En algunos casos, son posibles aludes de tamaño mediano y, en casos aislados, de tamaño grande, desencadenados espontáneamente.
2. LIMITADO		En algunas laderas empinadas* el manto nivoso está solo moderadamente estabilizado; en el resto de laderas está en general bien estabilizado.	Es posible el desencadenamiento de aludes, sobre todo por sobrecargas fuertes**, especialmente en laderas empinadas propicias*. Es muy poco probable que se desencadenen espontáneamente aludes grandes.
1. DÉBIL		El manto nivoso está en general bien estabilizado.	En general solo es posible el desencadenamiento de aludes en laderas muy inclinadas o en terreno especialmente desfavorable* y a causa de sobrecargas fuertes**. Espontáneamente solo pueden desencadenarse coladas o aludes pequeños.

* Las áreas propicias 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. Un grupo de personas que respetan la distancia de seguridad (mínimo de 10 m). Un raquetista.
- 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.

El número en la Escala es mayor cuanto menor es la estabilidad del manto nivoso, es decir, cuanto menor es la capacidad de este para permanecer en reposo al ser sometido a esfuerzos, ya sea por el paso de personas, o por el peso de la propia nieve.

Es importante destacar que el número de la escala no es válido como estimación de la probabilidad de que se desencadene un alud al paso de un esquiador o raquetista por una ladera individual concreta. Esto es distinto para cada ladera, y para valorarlo debemos analizar el terreno y el manto nivoso; principalmente la pendiente, el suelo subyacente, el tipo de cristales de hielo que componen el manto nivoso y la calidad de la cohesión entre ellos.

La realización de tests de estabilidad (test de la pala, test de compresión, test de la columna extendida, etc.) nos permitirá hacernos una idea del peligro que afrontamos.



Los tests de estabilidad

Existe un conjunto de tests de diferente grado de sofisticación que permiten evaluar sobre el terreno la estabilidad del manto nivoso en una determinada pendiente y que también son de ayuda en la predicción regional de aludes.

Estos tests tienen como objetivo detectar apilamientos inestables de capas susceptibles de desencadenar aludes de placa por sobrecarga, de tipo accidental. Son válidos solo para nieve seca, y su fin es encontrar las capas débiles dentro del manto, susceptibles de desmoronarse o fracturarse bajo una sobrecarga.

La realización adecuada de un test de estabilidad requiere una buena elección del emplazamiento y un poco de tiempo.

El material necesario puede ser el habitual del montañero/esquiador de montaña o requerirse elementos específicos como una bolsa de tela o una sierra.

El principio básico de todos los tests es aislar un bloque de nieve y cargarlo progresivamente hasta provocar su ruptura. A partir de la carga necesaria para ello y de la forma de propagación de la fractura se hará una estimación de la estabilidad de la ladera y, por tanto, de la probabilidad de desencadenamiento de un alud y de sus características, a escala local.

Una serie de tests de fácil realización y relativamente breves es:

- test de la pala Faarlund (identificación de capas frágiles con débil cohesión);
- test por compresión (estimación del esfuerzo que soporta la capa más débil antes de ceder);
- test de la columna extendida (valoración de la capacidad de propagación de las fracturas provocadas).

Algo más de tiempo llevan el **test del bloque deslizante (Rutschblock)** o **test del salto**, cuya valoración ofrece ya una escala de estabilidad del manto nivoso, y el **test de propagación de la sierra**, diseñado para estimar la capacidad de propagación de una fractura a lo largo de una capa débil independientemente de la carga necesaria para producirla.



Existe una serie limitada de escenarios en los cuales son más probables los desencadenamientos de aludes dependiendo, además, el tipo de alud del tipo de escenario. Esta correspondencia facilita algo la predicción temporal del peligro de aludes a escala de macizo pero sigue siendo necesario un análisis detallado del input del día para precisar espacial y temporalmente el nivel de peligro.

Segunda nevada

Entre la primera nevada que cubre permanentemente el suelo y la segunda nevada se registran en ocasiones periodos fríos y secos que dan lugar a la formación de estratos de nieve con débil cohesión en la superficie del manto, debido en buena parte al poco espesor del manto inicial. La segunda nevada recubre estas capas débiles, que pueden colapsar si se produce una sobrecarga suficiente en el manto.

Debido a esto, la segunda nevada fuerte de un invierno suele venir acompañada de un aumento en el número de aludes de placa. El peligro en este caso es mayor en zonas altas y orientaciones norte.

Lluvia

Los episodios de lluvia sobre el manto están asociados al desencadenamiento de aludes, ya que la lluvia añade peso al manto y puede hacer disminuir rápidamente su cohesión. Da lugar a aludes de dimensiones muy variables, pero en muchas laderas y en todas las orientaciones. La lluvia puede aparecer en cualquier momento de la temporada y llegar a cotas bastante altas.

La lluvia forma a veces sobre la superficie del manto formas caprichosas como los canales de percolación.



Cambios bruscos de temperatura

Las subidas o bajadas bruscas de la temperatura tras una nevada implican casi siempre una transformación del manto nivoso hacia un estado más inestable, debido a la aparición de capas con débil cohesión, especialmente en el caso de caídas de la temperatura (formación de granos facetados). Estas capas a menudo se forman en orientaciones sur durante los días subsiguientes al cambio de temperatura.

Nevadas tras periodos fríos

De forma similar al primer patrón de peligro, se forman estructuras del manto consistentes en una base de nieve vieja, transformada, una capa de nieve reciente, y entre ellas un estrato fino de nieve con débil cohesión (granos de caras planas, cubiletes o escarcha de superficie).

Esta estructura, que se forma con mayor frecuencia en orientaciones norte, es aún más inestable si ha soplado el viento durante o inmediatamente después de la nevada, creando sobreacumulaciones y placas de viento.



Cuanto más fría y seca es la nieve que cae, y en consecuencia más suelta está sobre la superficie del manto, más determinante es la acción del viento en la creación de laderas especialmente peligrosas.

Zonas con poca nieve en inviernos muy nevados

En los inviernos con abundantes nevadas el manto es más espeso y en general estable que en los inviernos secos. No obstante, incluso en inviernos con numerosas y copiosas nevadas hay zonas del manto donde el espesor es reducido, generalmente por ser zonas expuestas al viento. Aquí la estabilidad es precaria, y es más probable que se desencadene un alud al paso de un esquiador.

Chubascos de nieve granulada

Esta forma de precipitación, de carácter convectivo y distribución irregular, genera depósitos de nieve poco cohesionada, que pueden actuar como planos de rodadura para capas de nieve ventada creadas posteriormente sobre ellos. Son zonas difíciles de reconocer si no se examina el interior del manto, lo que las hace especialmente peligrosas. Esta situación es típica de la primavera y se da durante periodos cortos de tiempo.

Durante la primavera, el ciclo solar diurno y la orientación y exposición de las laderas son aspectos clave en la distribución temporal y espacial del peligro de desencadenamiento de aludes dada las rápidas transformaciones del manto nivoso. Su estabilidad puede pasar de máxima a mínima en pocas horas o metros por efecto del fuerte calentamiento diurno. La situación se da primero en las orientaciones sur y en las zonas bajas, y posteriormente en zonas más altas y en orientaciones norte.

Como estrategia para maximizar la seguridad, el respeto al horario y la selección cuidadosa del itinerario son los dos elementos fundamentales.





PROGRESIÓN SEGURA POR TERRENO NEVADO FUERA DE PISTAS

La progresión por la montaña en invierno o primavera está fuertemente condicionada por la presencia de un manto nivoso más o menos extenso y espeso. Su estructura y el tipo de nieve que lo forma también condicionan dicho avance. Por otra parte, el tipo de actividad deportiva que se practique (senderismo, excursión con raquetas, esquí de travesía, etc.) determinarán también el modo de proceder.

Para transitar con seguridad sobre el manto nivoso es necesario considerar un conjunto de factores sobre el terreno y adoptar unas medidas antes y durante la realización de la actividad. Algunas de estas medidas son comunes a cualquier práctica deportiva en montaña y otras son específicas de las actividades sobre nieve.

Antes de salir

- La salida se debe adaptar al nivel físico, psicológico y técnico de los componentes del grupo.

- El equipo y el material deben ser los adecuados y se han de tener en cuenta los posibles cambios en las condiciones meteorológicas. Hay que prever el posible accidente llevando botiquín y manta térmica y se debe llevar comida y bebida suficientes.
- En la alta montaña invernal se ha de llevar un equipo de búsqueda de víctimas de aludes (ARVA), junto con una pala y una sonda. Es imprescindible conocer y haber practicado su uso.
- Se ha de indicar a terceros el itinerario y el horario de retorno previsto.
- Se han de consultar los boletines de información meteorológica de montaña y nivológica y actuar en consecuencia.

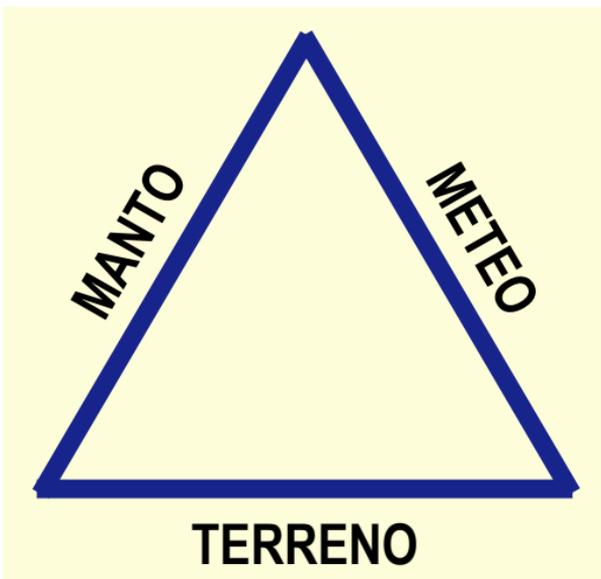
Durante el trayecto

- No se debe ir solo de excursión por la montaña invernal y es conveniente que todo el mundo conozca el número de miembros del grupo.
- En general, es conveniente iniciar la actividad suficientemente temprano, especialmente en primavera para evitar las horas de más calor.

- Al inicio de la excursión se debe revisar el funcionamiento de todos los ARVA y ponerlos en modo de emisión, comprobando ese modo mediante la recepción con otro ARVA.
- Se debe estar permanentemente atento a las condiciones meteorológicas y nivológicas valorando de forma detallada los siguientes elementos:
 - velocidad del viento, temperatura, nubosidad, precipitaciones;
 - espesor total del manto y espesor de nieve reciente;
 - acción del viento sobre el manto nivoso (sobrecumulaciones, cornisas, dunas, *sastrugis*);
 - presencia de costras de rehielo y de agua líquida en el manto nivoso.



- La elección final del itinerario dependerá de las condiciones de la nieve y la topografía. La inclinación de las laderas es el primero de los elementos a tener en cuenta siendo las más peligrosas las que tienen entre 35° y 40° . A evitar, también, las zonas con cambios de pendiente (convexidades), las laderas de sotavento, los corredores, etc.



El Triángulo de los Aludes



- Es interesante buscar indicios de aludes, o de qué laderas pueden estar sobrecargadas de nieve, también en la ruta hacia el punto de partida del trayecto. Igualmente, es muy aconsejable ir testando, en zonas seguras, laderas similares a aquellas por las que vamos a transitar.
- En el caso de tener que atravesar una zona de dudosa estabilidad se deben tomar las siguientes precauciones:
 - quitarse las dragoneras de esquís y palos y los cinturones de cintura y pecho y una correa de hombro de la mochila;
 - aumentar la distancia entre los miembros del grupo de forma que solo se encuentre en zona peligrosa;
 - observarse mutuamente entre los diferentes miembros del grupo;
 - en caso de pararse, hacerlo siempre en una zona segura;
 - progresar con suavidad evitando las sobrecargas en el manto asociadas a giros bruscos o caídas.

Checklists (protocolos)

Para evaluar la estabilidad del manto y la probabilidad de ocurrencia de aludes se pueden seguir pequeños *checklists* realizando sistemáticamente sobre el terreno determinadas observaciones con elevada significación en combinación con la información del BPA. Los principales elementos a considerar son:

- nivel de peligro previsto;
- inclinación máxima de la pendiente de la ladera;
- orientación de la ladera;
- frecuentación de la ladera;
- tamaño del grupo;
- medidas preventivas (distancia entre esquiadores...).

Además, son señales de alarma que indican elevado peligro de aludes los siguientes signos: aludes recientes, espontáneos o desencadenados a distancia, ruidos de colapso (“*whumpf*”, “*boum*”) o de ruptura (“*crack*”), vibraciones del manto nevoso y fisuras a medida que se avanza por la nieve.

Otros aspectos a considerar son la cantidad de nieve reciente presente, un ascenso repentino y general de las temperaturas, la presencia de placas de viento y diversas formas del manto venteado, convexidades y otras formas del terreno y distancia a las crestas y collados.

FUENTES DE INFORMACIÓN

La Agencia Estatal de Meteorología (AEMET) emite boletines de observación y predicción meteorológicos y nivológicos para los principales macizos y cordilleras españolas. Estos boletines están disponibles diariamente en la página web de AEMET:

www.aemet.es/es/eltiempo/prediccion/montana

Los boletines nivológicos se emiten durante la temporada invernal en alta montaña, entre principios de diciembre y mediados de mayo. Además de estos boletines diarios se elaboran boletines nivológicos especiales para los Picos de Europa y la sierra de Guadarrama, con una periodicidad semanal.

MACIZOS Y CORDILLERAS	BOLETINES	PERIODICIDAD
Pirineo navarro	Meteorológico Nivológico	Diario Diario
Pirineo aragonés	Meteorológico Nivológico	Diario Diario
Pirineo catalán	Meteorológico Nivológico	Diario Diario
Sistema Central: Guadarrama y Somosierra	Meteorológico Nivológico (*)	Diario Semanal
Sistema Central: Gredos	Meteorológico	Diario
Picos de Europa	Meteorológico Nivológico (*)	Diario Semanal
Sistema Ibérico: Sector riojano	Meteorológico	Diario
Sistema Ibérico: Sector aragonés	Meteorológico	Diario

Productos meteorológicos y nivológicos para montaña elaborados por AEMET.

(*) Son de difusión restringida y no están disponibles en la página web.

Cuando el peligro de aludes es especialmente elevado y generalizado, AEMET emite avisos específicos para este fenómeno según lo establecido en el Plan Meteoalerta. Estos avisos se pueden consultar en el apartado de avisos de la página web de AEMET:

www.aemet.es/es/eltiempo/prediccion/avisos

Los avisos se categorizan por colores en función de la peligrosidad y del impacto que pueden tener sobre la población los fenómenos previstos. Los umbrales para la emisión de avisos por peligro de aludes son:

AMARILLO:

Nivel de peligro 4 (fuerte) si la cota de salida de los aludes está por debajo de los 2100 metros, o nivel de peligro 5 (muy fuerte) si la cota de salida de los aludes está por encima de los 2100 metros.

NARANJA:

Nivel de peligro 5 (muy fuerte), con la cota de salida de los aludes por debajo de 2100 metros.

ROJO:

Se emitirán en caso de darse una situación excepcional, con riesgo generalizado de nivel naranja que afecte a una amplia zona.

En la web de AEMET hay disponible un apartado de divulgación sobre diferentes aspectos relacionados con la meteorología de montaña y la nivología, así como algunos documentos de referencia para la interpretación de los boletines y las observaciones:

www.aemet.es/es/conocermas/montana

www.aemet.es/es/el tiempo/prediccion/montana/ayuda

[www.aemet.es/es/conocermas/montana/detalles/
Guia_de_montana_AEMET](http://www.aemet.es/es/conocermas/montana/detalles/Guia_de_montana_AEMET)

[www.aemet.es/es/conocermas/publicaciones/detalles/
Guia_nivometeorologica](http://www.aemet.es/es/conocermas/publicaciones/detalles/Guia_nivometeorologica)

Algunas referencias bibliográficas básicas son:

- BOLOGNESI, R., 2002.
¡Avalancha!: evalúa y reduce los riesgos.
Madrid: Desnivel.
- McCLUNG, D. y P. SCHAEERER, 1996.
Avalanchas.
Madrid: Desnivel/Sua Edizioak.
- MUNTER, W., 2007.
3x3 Avalanchas. La gestión del riesgo en los deportes de invierno.
Madrid: Desnivel.
- RODÉS, P., 2002.
Aludes.
Majadahonda: Ergon.

Otra página web de interés es la de la *Associació per al Coneixement de la Neu i els Allaus* (ACNA):

www.acna.cat

A nivel europeo, la asociación que reúne los servicios de predicción de aludes es la *European Avalanche Warning Services* (EAWS) que dispone también de una página web de interés:

www.avalanches.org



Teléfono de emergencia
112

