



FEDME
FEDERACIÓN ESPAÑOLA
DE DEPORTES DE MONTAÑA Y ESCALADA

CURSO NIVOMETEOROLOGÍA

MARZO 2020



CURSO NIVOMETEOROLOGÍA



Contenido

ALUDES: UN RIESGO NATURAL	3
TERRENO PROPICIO A LOS ALUDES.....	11
EL BOLETÍN DE PELIGRO DE ALUDES	15
EL MANTO NIVOSO	18
SITUACIONES METEOROLÓGICAS Y RIESGO DE ALUDES	29



ALUDES: UN RIESGO NATURAL

La nieve supone un riesgo natural cuando las condiciones son propicias para el desencadenamiento de aludes, sobre todo cuando puede afectar a bienes y/o personas. A nivel estadístico, si tomamos el periodo comprendido entre el 1989 y el 2010, han fallecido 152 personas en ambas vertientes del Pirineo a causa de aludes, con una media de 7 personas cada invierno.

Los aludes de grandes dimensiones, que pueden recorrer distancias kilométricas y destruir viviendas, son poco habituales. En cambio, los aludes más peligrosos son aquellos que se desencadenan por un debilitamiento de los anclajes al paso de una o más personas, al ejercer una sobrecarga sobre un manto nivoso con capas débiles internas. Los practicantes de actividades en alta montaña invernal (esquiadores/surfistas fuera pista, esquiadores de montaña, alpinistas, raquetistas, etc) deberían ser capaces de reconocer las laderas donde la nieve es inestable, mediante cursos de formación y mediante la consulta de los boletines de predicción de aludes existentes en los Pirineos.

Boletín de peligro de aludes Aran - Franja Nord Pallaresa Del 13/02/2019 al 14/02/2019

(Válido fuera pistas de esquí y zonas no controladas)

2/3



Limitado (2)
hasta 2300 m.
Notable (3) por
encima.

Situación primaria

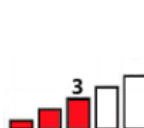
Capas débiles persistentes



Distribución



Tamaño



Origen



Tendencia

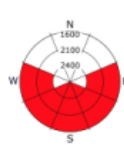


Situación secundaria

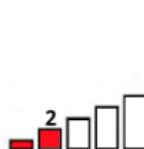
Nieve húmeda



Distribución



Tamaño



Origen



Tendencia

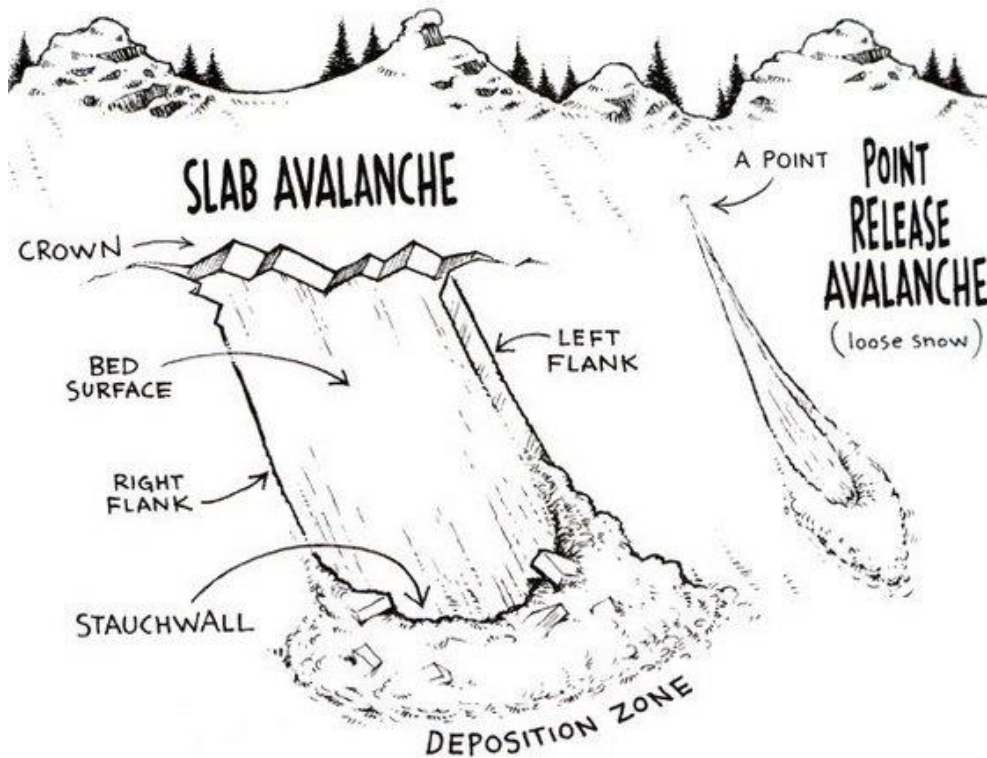


Ejemplo de un boletín gráfico de predicción de peligro de aludes para la región "Franja Nord Pallaresa" en Catalunya (ICGC, www.icgc.cat).

Un alud es una masa de nieve que se desliza vertiente abajo debido a una inestabilidad en el manto nivoso. En el momento de la caída de un alud intervienen diversos factores como, por ejemplo, las condiciones meteorológicas -que determinan la evolución de la nieve- o las condiciones del terreno, que controlan ese manto nivoso en el suelo.

La nieve, una vez depositada sobre el terreno, está fijada mediante anclajes -que podemos denominar como fuerzas resistentes- los cuales pueden ser naturales (piedras o vegetación), fuerzas de rozamiento entre capas de nieve o la cohesión existente en los granos. Contrarrestando esas fuerzas resistentes encontramos unas fuerzas motrices que tienden a movilizar el manto. Por un lado tenemos el peso de la nieve, y por otro, la inclinación de la ladera. Cuando el manto nivoso es estable predominan las fuerzas resistentes mientras que en un manto inestable prevalecen las motrices, existiendo en ocasiones un equilibrio precario entre estos dos estados que se romperá a la más mínima variación, desencadenándose el alud.

Para que se produzca un alud ha de observarse una disminución de la cohesión entre los granos o también un aumento del peso del manto debido a una nevada, al viento o al paso de una persona, animal o máquina.



Partes de un alud de placa: cicatriz, base de la placa, flanco, zona de salida, límite inferior de la placa, zona de trayecto, depósito, zona de llegada. (Fuente: Bruce Tremper).

Para poder evitar o prevenir un peligro debemos, primero, conocer a lo que nos enfrentamos. Gestionar un terreno de aludes será nuestro principal objetivo ya que, por un lado, el manto nivoso acostumbra a ser poco fiable. Disponer de un buen conocimiento de la gestión del terreno nos permitirá vivir una larga vida disfrutando de la nieve y las montañas. ¿Y por qué decimos esto?: porque el terreno -en contraste con la nieve, la meteorología y la gente- no varía.

El especialista en aludes y nivólogo estadounidense, Bruce Tremper, enumera algunas variables del terreno que a continuación resumo:

- Pendiente (*)
- Anclajes *versus* obstáculos (árboles o rocas espaciados; ya no anclan sino que obstaculizan en caso de alud)
- Orientación respecto al viento (sobreacumulaciones a sotavento y formación de placas)
- Orientación respecto al sol (en umbrías, mayor posibilidad de formación de capas débiles persistentes)
- Altitud (a más altura, mayor peligro debido a la falta de anclajes naturales, mayor inclinación, manto más variable, más viento...)

(*) De todas estas variables destacaremos en este curso, sobre todo, la inclinación de la pendiente. El peligro máximo de avalancha se ubica en los 39º, siendo entre los 34º y los 45º las zonas de salida más frecuentes. Le sigue un peligro moderado entre los 30º y los 34º y de manera más residual o menos frecuente, las pendientes de menos de 30º.

Hablemos a continuación de las **fuerzas y factores** que hacen iniciar un alud:

1. Tipo de enlace del cristal de nieve en la base del bloque o placa
2. Tipo de fricción entre la base de la placa y el suelo
3. Efecto de sujeción de los anclajes

A partir de aquí, debemos observar y analizar 3 elementos: - el bloque de nieve; - las capas débiles; - la superficie donde reposa la nieve.

Y debemos tener en cuenta que la efectividad de sujeción de los anclajes depende de:

- La dureza de la nieve
- Cantidad de los anclajes
- Efectividad de los anclajes
- Tamaño o peso de la nieve

En el instante que cae un cristal de nieve empieza a sufrir cambios (**metamorfismos**) debido a los efectos de la temperatura, el viento, la humedad o a la misma presión que ejerce la nieve reciente sobre un manto más antiguo. Dependiendo como sean estas transformaciones harán que el manto de nieve se comporte de una manera u otra y evolucione a más estable o, en cambio, inestable, con el consecuente riesgo de desencadenarse un alud.

¿Cómo se rompe una placa?

Es mucho más fácil para una persona desencadenar placas blandas que duras debido a:

1. Las placas más rígidas (duras) reparten el peso de la persona en un área más grande.
2. Las placas duras son más difíciles de romper pero, por contra, tienden a propagarse a más distancia, generando una fractura más extensa y peligrosa. Al romper una placa dura es más complicado de escapar porque la fractura se produce muy lejos de nosotros, normalmente, a bastantes metros de desnivel por encima.

TIPOS Y PROBLEMAS DE ALUDES

Los aludes se han resumido siempre en 3 tipos: **alud de nieve reciente**, **alud de placa** y **alud de fusión**. No obstante, desde el año 2014 la *European Avalanche Warning Services (EAWS)* consensua **5 tipos de problemas** con los aludes con el objetivo de aportar al usuario una información más útil y específica.

Los “*problems*” que agrupa la EAWS son:



Nieve reciente



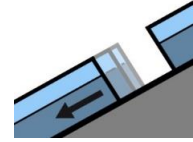
Nieve venteada



Capas débiles



Nieve húmeda



Deslizamiento basal

persistentes

El problema por **nieve reciente** se origina en el momento que se rompen las dendritas (uniones) que mantienen entrelazadas las estrellas. Si se observa un aumento de la temperatura tras una nevada o el mismo sobrepeso causado por la misma nevada pueden producir la rotura de las dendritas y desencadenarse el **alud de nieve reciente**. Este tipo de alud es muy destructivo ya que puede alcanzar velocidades de hasta 300 km/h. La nieve en masa desciende en forma de aerosol y provoca el desplazamiento del aire a su paso y una onda expansiva que arrasa todo lo que se le ponga por delante. Este tipo de alud es poco frecuente en Pirineos y se observa más en los Alpes.

El problema por **nieve venteada** es aquel que está relacionado con el transporte de la nieve por el viento. El volumen de nieve desplazado es muy grande y origina la formación de **placas de viento**, lo cual supone un peligro potencial para el montañero o el esquiador. El alud de placa de viento se origina cuando el viento acumula nieve en forma de placa en las laderas a sotavento, es decir, en aquellas vertientes a resguardo del viento predominante. Por ejemplo, en nuestras latitudes, el frecuente viento del norte origina la mayor parte de placas bajo collados o cordales orientados al sur. La nieve venteada que se ha acumulado sobre una capa frágil puede ceder bajo el peso de una acumulación que, en muchas ocasiones, es provocada por el paso de un esquiador o un montañero al pasar por encima. En este caso, la sobrecarga provoca una tracción que desengancha la placa de su base, normalmente ladera arriba y, como consecuencia, el esquiador se verá atrapado por la nieve -en forma de grandes bloques- que descenderán desde la parte superior de la ladera.

TIPOS Y PROBLEMAS DE ALUDES

El problema por **capas débiles persistentes** está asociado a la formación de capas enterradas debajo de capas más duras, normalmente en la base de un manto viejo. Estas capas débiles se forman debido al ambiente frío o al fuerte gradiente térmico existente entre el suelo (base) y el manto o entre la superficie y el manto más superficial. Estas capas están formadas, normalmente por: escarcha enterrada, cubiletes, cristales facetados y nieve granulada.

Los problemas asociados a las capas débiles persistentes son:

- Aludes de placa de nieve seca, normalmente aludes accidentales y raramente naturales.
- Problema acotado en orientación y cota, preferentemente en las umbrías.
- Difíciles de identificar ya que no acostumbran a haber indicios (*woumpfs* o grietas que propaguen).

El problema por **nieve húmeda** da lugar a un **alud de fusión**, que se produce con nieve muy densa debido al elevado contenido de agua líquida que ésta contiene. Este tipo de alud desciende lentamente y discurre por canales y corredores. Acostumbran a observarse en primavera y especialmente en orientaciones sur, a partir de media mañana o mediodía, que es cuando más incide la radiación y cuando se registran las temperaturas más elevadas de la jornada. En situaciones de lluvias en cotas altas también se observan aludes de fusión. Los tipos de alud de nieve húmeda que existen son: - de placa húmeda; -de nieve húmeda sin cohesión; -aludes naturales.

El problema por **deslizamiento basal** se da cuando todo el manto nivoso desliza sobre el suelo, normalmente sobre 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 la existencia de pocas capas.

Predominan en terreno suave y liso y en cualquier orientación, pero más a menudo en orientaciones sur. Los deslizamientos basales están causados por la pérdida de fricción en la zona de contacto suelo-nieve y normalmente son difíciles de predecir. En ocasiones se observan grietas pero su presencia no implica la caída del alud por deslizamiento de forma inmediata.

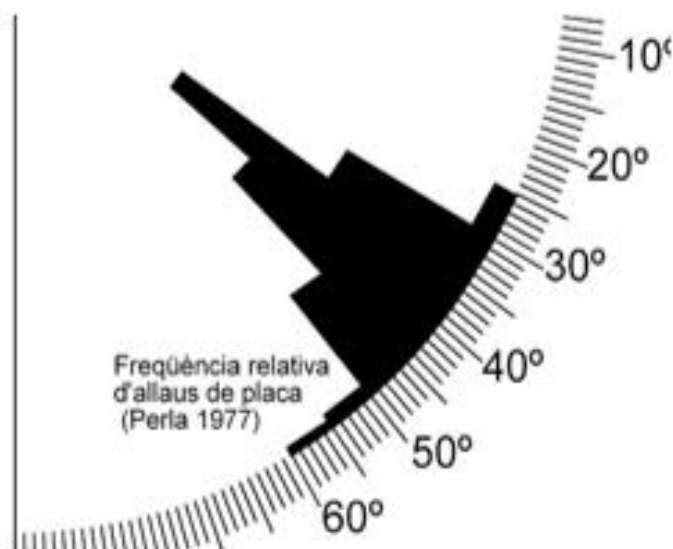


TERRENO PROPICIO A LOS ALUDES

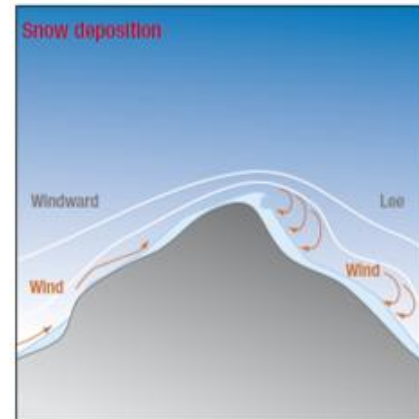
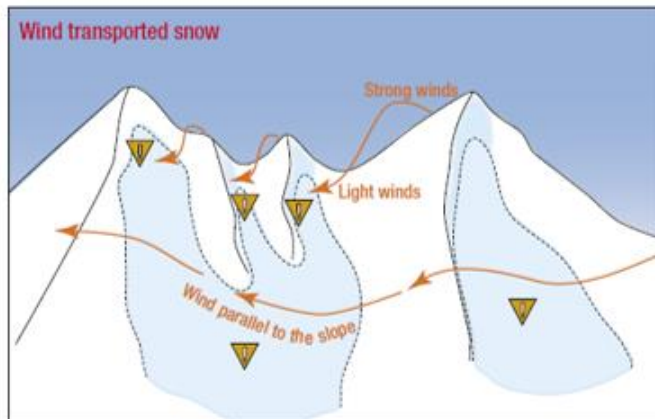
Factores determinantes en el inicio de una avalancha:



1. **Inclinación de la pendiente:** En términos generales, tenemos que destacar que no existe un límite inferior de seguridad por debajo del cual las laderas sean seguras. Recordemos que el riesgo 0 no existe, pero la experiencia y la observación nos dicen que, por ejemplo, la mayoría de aludes de placa se mueven entre los 25º y los 60º de pendiente, siendo mucho más frecuentes entre los 30º y los 50º.



2. **Orientación al viento:** La exposición al viento es el segundo elemento a considerar, siendo las vertientes a sotavento, especialmente en cotas o crestas altas, las más expuestas a producirse aludes. Las laderas con crestas que descienden a lo largo de la línea de caída de las pendientes principales (crestas secundarias) y las de detrás de hileras de árboles son las más aptas a desencadenar aludes.



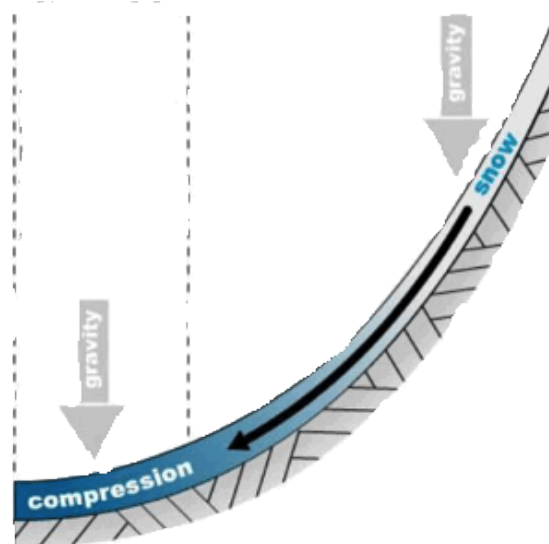
- 3. Orientación respecto al sol:** La exposición de las laderas respecto al sol determina la radiación recibida, lo cual determina la temperatura y la resistencia del manto nivoso. Las vertientes umbrías, en crestas y fondo de valles septentrionales reciben poco calor directo del sol pero pierden calor por radiación de onda larga, lo cual permite que el manto se mantenga frío, estabilizándose muy lentamente y desarrollando capas débiles y escarcha de superficie. Por ejemplo, en el Pirineo, las vertientes umbrías son en las que más tiempo permanecen las placas de viento mientras que las vertientes soleadas tienen una mayor posibilidad de aludes de nieve húmeda.



Características de la pendiente

- 1. Efecto de la concavidad en una vertiente pequeña:** Una vertiente cóncava permite una mayor estabilidad del manto nivoso ya que - por gravedad- la nieve es estirada vertiente abajo, empujándola hasta la parte inferior de la ladera (ZONA DE COMPRESIÓN).

En esta zona compresiva la gravedad comprime la nieve hacia el suelo o hacia niveles inferiores del manto, ayudando a que quede anclada y estable.



2. **Efecto de la convexidad en una vertiente pequeña:** En las vertientes convexas existe una zona que carece de soporte compresivo. Se le denomina ZONA DE Tensión ya que la gravedad estira la nieve, separándola de la situada por encima de ella, justo en el punto en el que la pendiente se suaviza y el manto está mejor anclado.



EL BOLETÍN DE PELIGRO DE ALUDES

El objetivo de un boletín de predicción de aludes es la emisión y difusión de la estimación del peligro de aludes. En el boletín de peligro de aludes se informa del grado de peligro previsto en las inmediatas 24 horas para diferentes zonas, de la distribución y el estado del manto nivoso y de la tendencia para las próximas 48 y 72 horas. La información nivológica es válida fuera pistas de esquí y en zonas no controladas. El boletín se emite de lunes a viernes con la predicción para el fin de semana, de diciembre a mayo.

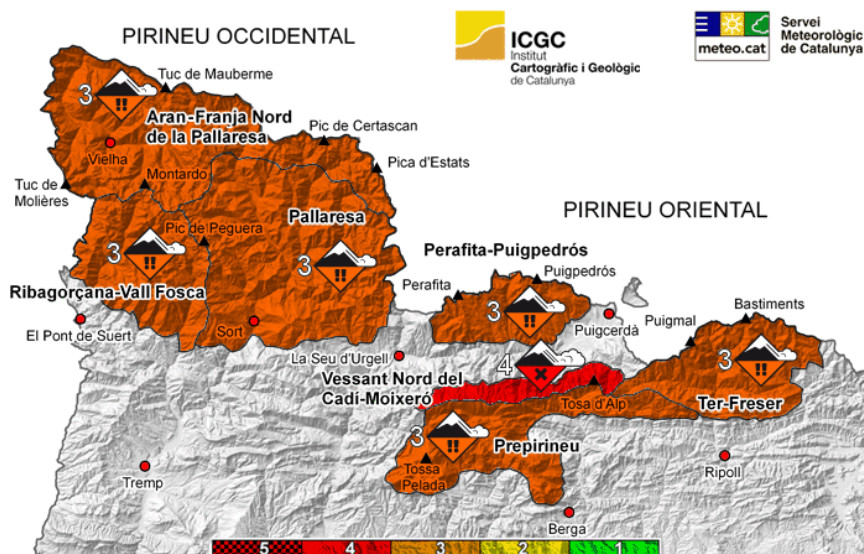
La predicción del peligro de aludes se hace en base al análisis de los datos procedentes de una red de observadores nivometeorológicos creada con este fin y localizada entre 1800-2500 m de altitud (para el Pirineo). La red está formada por estaciones de esquí, agentes forestales, agentes de reservas de caza, guardas de refugios, nivólogos y estaciones nivometeorológicas automáticas. El objetivo de esta red de estaciones es la recepción continuada en tiempo real de datos sobre el estado del manto nivoso y la meteorología en alta montaña. Las estaciones están situadas entre 2000 y 2500 m de altitud y la transmisión de los datos al centro de recepción se realiza por GSM y radio.

Los organismos que elaboran los boletines de peligro de alud en nuestro territorio son la AEMET y el Institut Cartogràfic i Geològic de Catalunya (ICGC)

Los boletines de peligro de aludes existentes en nuestro territorio indican información sobre aludes básica, indicando el grado de peligro y el grado correspondiente a la escala europea de peligro de aludes. Algunos boletines presentan un mapa, como el boletín de peligro de aludes del Pirineo de Cataluña, en el que dibuja un color de fondo sobre el mapa que coincide con el color del grado de peligro. Clicando sobre este mapa accederemos a la información detallada de cada una de las zonas nivoclimáticas. Este mismo Boletín de peligro del Pirineo catalán indica también la distribución del manto nivoso en las orientaciones norte y sur.

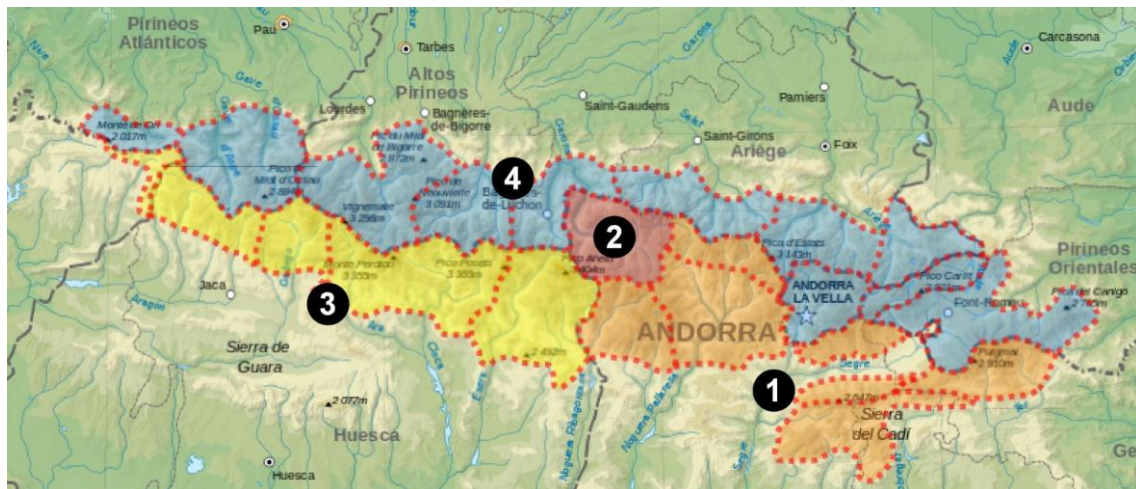
Con este icono se indican las cotas a partir de las cuales el manto es continuo o discontinuo para las orientaciones citadas anteriormente. Otras informaciones que indican los boletines de peligro de aludes, como el de la Agencia Estatal de Meteorología es:

- Peligro de aludes de nieve reciente y de placa así como la localización más probable atendiendo a la cota y la orientación.
- Posibilidad de desencadenamiento por sobrecarga (débil o fuerte) o si puede caer de forma natural, la probabilidad del desencadenamiento y la tendencia para las próximas 48 horas.
- Información meteorológica:
 - Estado del cielo y precipitaciones previstas.
 - Evolución de las temperaturas máxima y mínima.
 - Dirección y velocidad del viento.



 5 Muy Fuerte	Situación extrema, catastrófica. Es una situación excepcional que no se da todas las temporadas. Se espera mucha actividad aludes naturales de grandes dimensiones.
 4 Fuerte	Condiciones muy desfavorables. El peligro es máximo para actividades invernales. Suele durar pocas horas. Hay que limitarse a terreno sencillo y conocido.
 3 Notable	Condiciones desfavorables. Situación crítica. Se necesita experiencia y conocimientos para moverse con seguridad por la montaña. Más de la mitad de los accidentes se dan con este peligro. Se da con bastante frecuencia.
 2 Limitado	Mayoritariamente condiciones favorables. El peligro se encuentra muy localizado. No hay que bajar la guardia ya que se tiende a subestimar estas situaciones. Es el peligro más habitual en una temporada normal. Prudencia.
 1 Débil	Condiciones favorables. Puede afrontarse casi cualquier actividad sin restricciones. Hay que seguir siempre escrupulosamente las normas básicas de seguridad en montaña.

Distribución de zonas nivometeorológicas y organismos oficiales



Zona	Organismo	Hora	Web
1.- Cataluña:	ICGC	15:00 h	www.icgc.cat
2.- Val d'Aran:	Centre de Lauegi d'Aran. Institut Geològic de Catalunya.	08:00h 15:00 h	www.lauegi.conselharan.org www.igc.cat
3.- Aragón y Navarra	Aemet	15:00 h	www.aemet.es
4.- Francia y Andorra	Meteo France	16:00 h	www.meteo.fr

EL MANTO NIVOSO

El manto nivoso está formado por una superposición de distintas capas de nieve, las cuales se corresponden a nevadas o acumulaciones de nieve debido al efecto del viento. Cada capa de nieve evoluciona en función de las condiciones meteorológicas imperantes una vez se ha depositado dicha capa, ya sea sobre el terreno como encima de otra capa de nieve. De esta manera, podremos estar pisando nieve en polvo mientras duren las bajas temperaturas tras la nevada o avanzar por una superficie incómoda e irregular debido a la acción del viento. Por el contrario, en primavera pasaremos de nieve encostrada a primera hora a nieve húmeda y pastosa a mediodía.

El manto nivoso, en el cual se forman las avalanchas, está delimitado por la atmósfera (por encima) y por la superficie del suelo (por la parte inferior). Este condicionante provoca grandes fluctuaciones de la temperatura de la nieve, especialmente en el ciclo calentamiento-enfriamiento, durante las horas diurnas y nocturnas y también a las condiciones meteorológicas predominantes. Normalmente, estos efectos se combinan para producir una superficie que es más fría que la superficie límite inferior, la cual está aislada de las fluctuaciones diurnas.

El efecto a largo plazo es un gradiente de temperatura en el manto el cual, por convección, va en la dirección del incremento de temperatura. Por ejemplo, cuando el gradiente de temperatura es 0°C por todas partes implica un manto completamente húmedo

TIPOS DE NIEVE

Nieve reciente

Es una nieve muy ligera, acabada de precipitar, que se caracteriza por las típicas estrellas hexagonales. Su ligereza recae en que un 95% de su constitución está formada por aire, de ahí la facilidad con la que se esquía este tipo de nieve (debido a su baja densidad).

Los granos de nieve presentan una ligera cohesión entre ellos debido a la unión que mantienen las dendritas de los cristales entre sí. Después de nevadas significativas la nieve tarda un tiempo en estabilizarse. Esta nieve nueva puede desencadenarse en forma de alud de placa o de salida puntual.

En este caso se recomienda esperar ya que la impaciencia en querer realizar un descenso podría convertirse en una trampa. Lo más acertado es escoger pendientes con menos desnivel, ya sea en ascenso como en el descenso.

Los **indicios** que nos indican una situación crítica de nieve reciente es un gran espesor acumulado en pocas horas junto a la presencia de algunos signos de alarma como, por ejemplo, la actividad reciente de aludes naturales o accidentales y la observación de “wumpfs” (sonido característico al pisar un manto inestable)

La **distribución típica** de esta situación de peligro es generalizada, afectando un área grande (y a mayor altitud mayor será el riesgo).

Se aconseja esperar de 1 a 3 días para afrontar vertientes comprometidas.

Espesores críticos de acumulación de nieve

10-20 cm cuando las condiciones son desfavorables

20-30 cm cuando las condiciones son medianas o mixtas

30-50 cm cuando las condiciones son favorables

Las **condiciones de un episodio de nieve reciente serán favorables** cuando se observa un intensidad débil de precipitación, vientos débiles (<25 km/h), temperatura del aire cercana a 0°C, temperatura del aire estable o en descenso durante la nevada, una superficie de la nieve vieja fuertemente irregular o una vertiente esquiada frecuentemente.

En cambio, las condiciones **serán desfavorables** bajo una fuerte intensidad de precipitación (acumulaciones grandes en poco tiempo), vientos fuertes (>40 km/h), temperaturas bajas (por debajo de -5 a -10°C), temperatura del aire en ascenso durante la nevada, una superficie de la nieve vieja muy lisa o suelta o una vertiente raramente esquiada.



Nieve venteada

El viento transporta la nieve y destruye sus cristales, fragmentándolos en pequeños granos. La nieve es arrancada de las laderas situadas a barlovento y, después que el viento supera la línea de cresta -disminuyendo su velocidad y capacidad de carga- la nieve transportada cae y se deposita a sotavento. Este proceso de acumulación debido al viento da lugar a la nieve venteada, muy compacta, rígida y de estructura frágil, que podrá romperse sobre la capa en la que reposa.

La nieve venteada genera las temidas placas de viento, las cuales darán lugar a los aludes de placa.

La formación de placas de viento están asociadas a la presencia de vientos de entre 30 y 80 km/h y también a la existencia de nieve reciente o nieve en superficie poco cohesionada. Las placas pueden ser duras o blandas y normalmente muestran una distribución muy irregular en las zonas de sotavento.

Los **indicios típicos** que nos indican la formación de placas se dan cuando observamos una **capa débil persistente** dentro del manto. Esta capa débil -constituída por cristales grandes y angulosos- se ha formado por el transporte perceptible de nieve por el viento y es susceptible de fracturarse por una sobrecarga y causar un alud de placa. Estas inestabilidades potenciales se pueden mantener semanas. Algunos signos de alarma asociadas a la presencia de placas serán la presencia de aludes de placa recientes, fisuras, *wumpfs*, una coloración mate respecto al resto de manto nivoso o el rechinar de los crampones o las cuchillas de los esquís cuando se clavan en ella.

La **distribución típica** de las placas se da en lugares protegidos del viento (sotaventos, rupturas de pendiente, comas, cerca de árboles aislados o afloramientos de roca) y normalmente serán más abundantes en cotas altas y cerca de collados y cordales.

Consejos:

Se recomienda evitar las acumulaciones recientes. El período en el que se forman las placas oscila entre 1 o 2 días. Se debe prestar atención a los cambios en la exposición al viento.

Las condiciones favorables en la formación de placas de vientos se dan con la presencia de un manto grueso de nieve, con capas similares entre ellas y la presencia de niveles débiles (a menudo más blandos) situados a más de 1 m de profundidad.

Las condiciones desfavorables se observan con un manto delgado y con grandes diferencias entre capas adyacentes, por ejemplo en dureza y tamaño de grano. No se acostumbran a formar con presencia de capas débiles (a menudo blandas) situadas cerca de la superficie (<1 m).



Nieve húmeda

La presencia de agua líquida en el interior del manto nivoso –procedente del exterior como **lluvia** o **fusión del manto** al alcanzar los 0°C- funde los granos y da lugar a una película de agua alrededor. Los granos se mantienen débilmente unidos por cohesión capilar, hasta que el aumento del contenido de agua provoca el desmoronamiento de los granos, siendo a partir de ese preciso momento cuando se producirán **aludes de fusión** o de **nieve húmeda**. Este tipo de nieve es muy húmeda, pudiéndose exprimir el agua de su interior si la comprimimos con los guantes.



CURSO NIVOMETEOROLOGÍA



Se observa habitualmente a partir de media mañana en primavera y es difícil de esquiar cuando su espesor es considerable, debido a su alta densidad, superior en algunas ocasiones a los 500 kg/m³.

Estos tipos de aludes se desencadenan de forma natural pero también pueden ser provocados por montañeros o esquiadores.

Algunos de los **indicios** que nos pueden indicar la posibilidad de desencadenarse este tipo de aludes de nieve húmeda serán, por ejemplo, la presencia de cielo cubierto durante la noche o la madrugada, temperaturas altas, fuerte radiación solar, rehielo nocturno débil, hundimiento profundo (por encima de las rodillas), caída de bolas y desencadenamiento natural de aludes de placa o salidas puntuales húmedas.

La distribución típica de los aludes de fusión dependerá de la orientación y de la altitud. Las orientaciones y cotas varían con la época del año y el momento del día, siendo, en general, las laderas E /SE -en cotas bajas- las más afectadas, progresando hacia el W y el N en el transcurso de la jornada y de la estación. Los aludes a menudo se inician cerca de puntos oscuros.

Cabe destacar que todas las orientaciones están afectadas tras un evento de lluvia sobre nieve.

Consejos:

Para evitar situaciones de aludes de fusión se recomienda empezar la actividad muy pronto y esperar a que haya buen rehielo. Debemos considerar las zonas de llegada de avalanchas y estar alerta de la posibilidad de aludes naturales grandes.

Como norma general, debemos recordar que las temperaturas cálidas tienen un efecto estabilizador a la larga, particularmente la repetición de ciclos de fusión-rehielo. En cambio, un calentamiento rápido y marcado hacia los 0° C incrementa la inestabilidad ya que la radiación solar calienta las capas superficiales de manera significativa, favoreciendo dicha inestabilidad.

Situaciones típicas de aludes de nieve húmeda

Como hemos mencionado anteriormente, el agua proveniente de la lluvia o la fusión de la nieve en superficie percolando en un **manto seco** debilita de manera importante los contactos entre capas. Esta situación de riesgo se puede observar, por ejemplo, en episodios de lluvia en pleno invierno. En el caso de fusión, el momento típico en que esto ocurre es en algún momento del mes de marzo, cuando la radiación solar empieza a ser fuerte. En este caso, se observará la pérdida de resistencia debida a la humidificación uniforme del manto, llegando a observarse el colapso de las capas basales debilitadas (escenario de primavera).

Si la superficie de la nieve está bien rehelada, después de una noche serena, las condiciones favorables se mantienen hasta el mediodía. No obstante, debemos prestar mucha atención a partir de mediodía o cuando el cielo está cubierto.

El paso de un frente cálido en plena temporada invernal es una situación típica de actividad de aludes de nieve húmeda ya que durante la entrada de estos frentes la nieve puede verse inicialmente en cotas bajas, pero va subiendo a medida que llega la masa cálida, produciéndose lluvias sobre nieve recién caída. En cambio, la lluvia de primavera sobre un manto nivoso ya transformado y en fusión, es mucho menos efectiva.



Deslizamiento basal

Los deslizamientos basales son un subtipo de aludes de fondo y se originan cuando todo el espesor del manto se desliza rápidamente pendiente abajo. Se producen tanto en nieve seca como húmeda, pero siempre en terreno muy liso, con poca rugosidad. Se desencadenan de manera espontánea, muy raramente por el paso de una persona.

Los **indicios** que indican la presencia de este tipo de deslizamientos son la aparición de grietas en laderas similares o presencia de actividad de deslizamientos en la zona.

Los deslizamientos basales de nieve húmeda se relacionan con temperaturas altas y fuerte insolación, o con lluvia y/o niebla. En ocasiones se han observado deslizamientos de este tipo tras una nevada abundante sobre suelo caliente.

La **distribución típica** de estos deslizamientos se localiza habitualmente en laderas con poca rugosidad, como losas de roca o en prados de fuerte pendiente. Las avalanchas de nieve húmeda aparecen primero en cotas bajas soleadas y van subiendo de cota y extendiéndose en orientación mientras que las de nieve seca son más caóticas e imprevisibles, pudiendo desencadenarse incluso de noche.

Consejos:

Se recomienda evitar el terreno proclive a los deslizamientos cuando éstos se indiquen en los boletines de peligro de alud. Por otro lado, no debemos pararnos bajo las grietas ya que existe una gran probabilidad que acabe desencadenándose el alud. Destacaremos también que los deslizamientos de nieve húmeda se hacen más abundantes a partir del mediodía.

Los deslizamientos basales son un tipo de avalancha diferente que se comporta de manera diferente que los demás. Son difíciles de predecir y de desencadenar de manera controlada.

El deslizamiento lento de la nieve provoca la aparición de una fractura por tensión, que puede desencadenar inmediatamente una avalancha, permanecer abierta unas horas / días hasta que el alud se desencadena o no llegar nunca a formar una avalancha.

Existen situaciones que son favorables a la estabilidad en las que no se dan las condiciones para desencadenarse un alud. Se observa, normalmente, después de un período de fusión en el que las temperaturas vuelven a bajar, estabilizando el manto. La razón de dicha estabilidad se da porque la fusión superficial de la nieve no es suficiente para provocar aludes.

Consejos:

Pese a que en una situación favorable no esperamos que se puedan producir aludes significativos, se recomienda prestar siempre atención ya que una pequeña purga puede comprometer vuestra seguridad. Además, debemos recordar que el riesgo **0 NO EXISTE** ya que, por ejemplo, el boletín puede ser erróneo por algún motivos.



Capas débiles persistentes

Tipo de nieve (y de problema) en el que existen capas débiles persistentes enterradas debajo de capas más duras. Se forman, por lo general, con cielos despejados, generándose dentro del manto nivoso por un proceso de transformación termodinámica, es decir, por la diferencia (o gradiente) dentro del manto.

¿Cómo se forman las capas débiles persistentes? Bruce Tremper, en su libro “Avalanche Essentials” (2013), resume las capas débiles por orden de importancia:

Nieve facetada (facetas o cubiletes): nieve angulosa, formada en el interior del manto nivoso debido al metamorfismo, es decir, a su transformación debido a las grandes diferencias de temperatura en el manto. Los cubiletes son cristales huecos y gruesos, de entre 0,5 y 5 mm, de cohesión nula o muy débil.

Escarcha de superficie: escarcha que se forma en la superficie de la nieve y que, al quedar enterrada, crea una capa débil potencialmente peligrosa.

Nieve granulada: nieve en forma de mini-esferas que parecen bolas de porexpan y que actúan como base de rodamiento.

Los indicios:

Emiten “señales de alarma” como un crujido o woumph cuando quedan enterradas por una nevada reciente. En ocasiones se observan grietas que propagan. A menudo no ofrecen estas pistas si se reactivan por nevadas sucesivas, por lo que, la única manera de detectarlas será mediante la elaboración de perfiles en el manto nivoso.

La distribución típica:

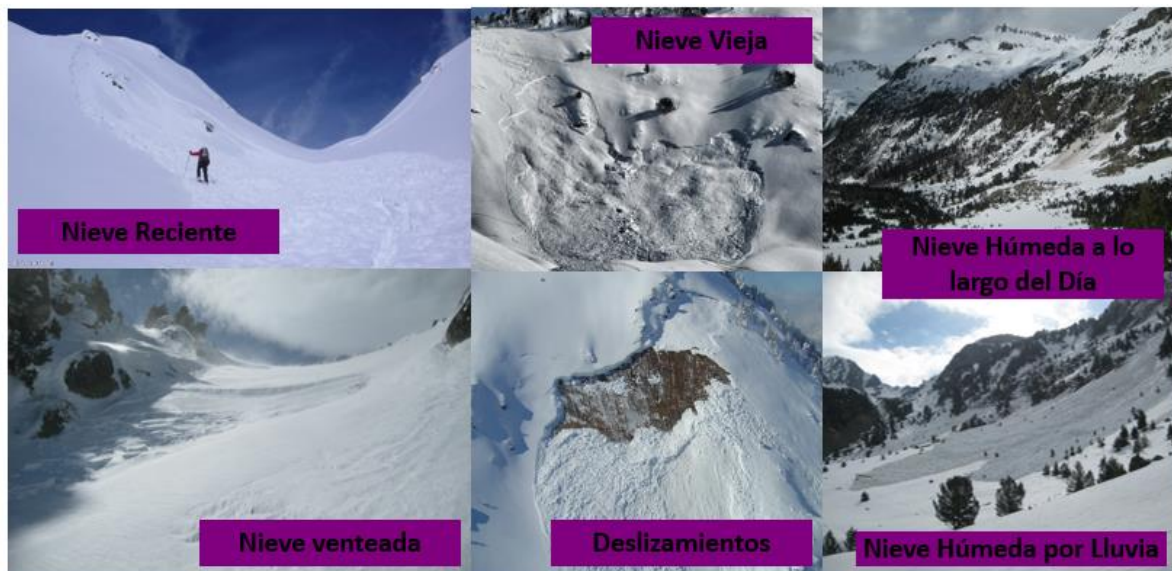
Generalmente, están situadas en pendientes umbrías y protegidas del viento (en Pirineos, en las vertientes orientadas al ENE). No se encuentran cerca de las crestas y en muchas ocasiones se formarán en sectores donde normalmente no hay actividad de aludes.

Consejos:

A la hora de elegir un terreno debemos ser lo más conservadores posibles.

Este tipo de problema lo podremos acotar en orientación y cota, preferentemente en las umbrías.

No exponernos a sitios conectados con pendientes inclinadas.



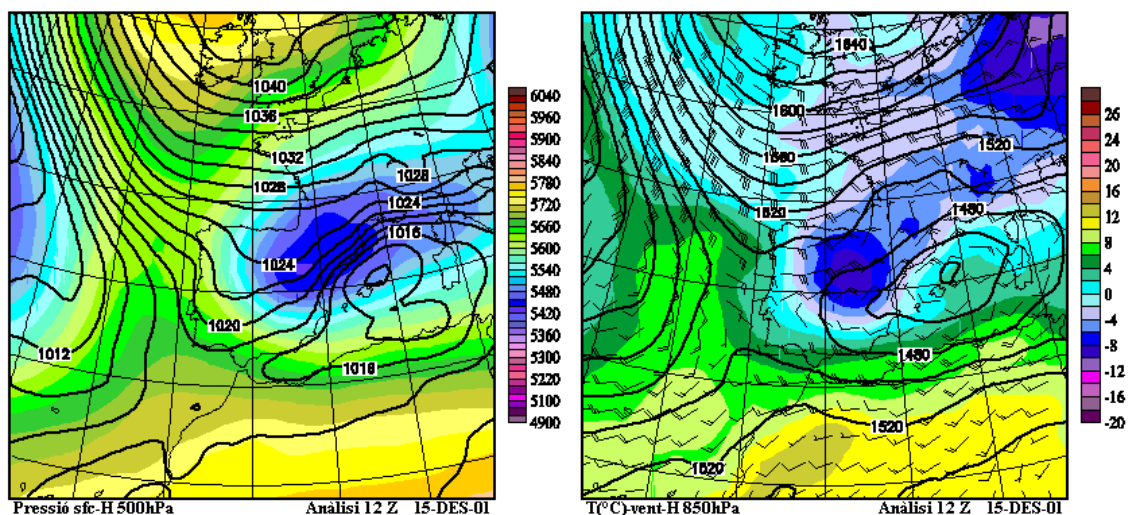
SITUACIONES METEOROLÓGICAS Y RIESGO DE ALUDES

Situación 1: Advección del noreste en Pirineos

Análisis sinóptico: Presencia de un potente centro de altas presiones en superficie sobre la vertical de Escocia y formación de una baja o depresión sobre la vertical de las Islas Baleares. Esta situación comporta la canalización de una masa de aire frío y seco, de origen continental, procedente del interior del continente europeo. Entre estos dos centros de acción se observa un marcado gradiente bórico que genera vientos del noreste sobre los Pirineos y el litoral catalán. La presencia del anticiclón en el norte de Europa y la depresión mediterránea favorecen la advección (inyección) fría a causa de la aportación de aire frío seco polar a niveles bajos (valores de -8°C a 850 hPa sobre la vertical del noreste peninsular) procedente del interior del continente.

El régimen de vientos del E-NE comporta:

- ✓ aire polar continental seco en las capas medias y bajas de la troposfera
- ✓ flujo húmedo en superficie, del Este, y bajas presiones en el Mediterráneo occidental
- ✓ Nevadas en el Pirineo oriental francés y oriental catalán
- ✓ Nevadas en cotas bajas en la costa noreste peninsular



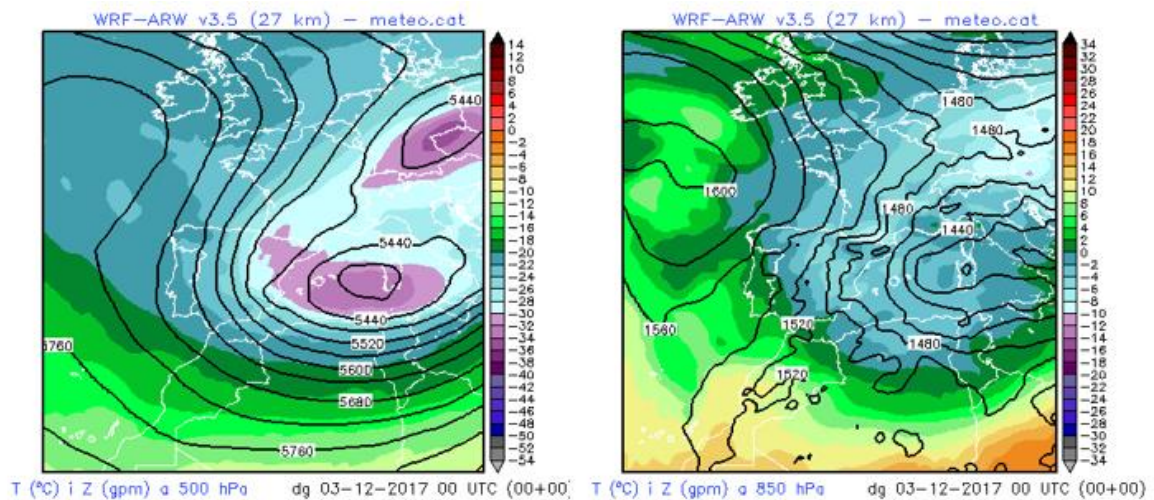
- ✓ **Observaciones nivometeorológicas:** La irrupción de aire frío en niveles bajos provoca precipitaciones de nieve en cotas cercanas a los 200 mt. Los chubascos se intensifican en el litoral catalán, prelitoral y Pirineo más oriental debido al giro del viento hacia el este provocando un fuerte temporal de levante en el mar, con oleaje superior a los 4 mt de altura. A 850 hPa la isoterma registrada es la de -5°C y la nevada roza la cota de nivel del mar. Durante las 24 horas posteriores los vientos giran a noreste, más secos, y la nevada (o las lluvias) se interrumpen en la costa. La irrupción de aire frío provoca temperaturas cercanas a los -10°C a 1500 mt y de -30°C a 5500 mt. Los registros de nieve son históricos en algunos sectores de Cataluña, destacando grosores de entre 30 y 95 cm. En los valles del Pirineo más oriental alcanzan mínimas de -20°C y en el litoral oscilan entre los -1°C y los -5°C

Situación 2: Advección del norte en Pirineos

Análisis sinóptico: Situación meteorológica marcada por la irrupción de una **masa de origen polar ártica**, la cual se detecta en los mapas de altura, especialmente en el de temperatura y geopotencial a 500 hPa. En dicho modelo se aprecia la inyección de aire frío con temperaturas cercanas a los -30°C sobre la vertical de la Península Ibérica, observándose dos bolsas marcadamente frías, con valores entre -32°C a 36°C entre Cerdeña y las Baleares. De hecho, el radiosondeo de Barcelona registró a las 0h del sábado 2 de diciembre un valor mínimo de -37°C a 5360 mt (un valor excepcional, siendo el más bajo registrado en esa altura en los últimos 20 años).

La inyección de aire polar se refleja también en campos inferiores de la troposfera, tal como muestra el modelo de temperatura y geopotencial a 850 hPa en el que se observan valores a 1500 mt de altura cercanos a los -8°C . En el mapa de superficie se refleja un centro de altas presiones con valores de hasta 1035 hPa al oeste de Irlanda, unas altas presiones que junto a la potente depresión situada al norte de Noruega han favorecido la advección de aire frío polar procedente de latitudes altas.

Si observamos el mapa de superficie, el gradiente bórico continua siendo marcado sobre los Pirineos y el golfo de León, favoreciendo la entrada del viento del Norte en nuestras latitudes.



Observaciones nivometeorológicas: La llegada de una masa de aire tan frío ha comportado un descenso de temperatura muy sensible en todo el país, especialmente en las zonas de montaña, con heladas que han afectado todas las comarcas del Pirineo. Entre el sábado 2 por la tarde y la madrugada del domingo 3 se registraron valores inferiores a los -13°C en cotas superiores a los 2400 mt. El domingo por la madrugada y la noche del lunes, día 4, empezó a consolidarse la inversión térmica registrándose heladas importantes en los valles pirenaicos y prepirenaicos (con valores de entre los -10°C y los -13°C).

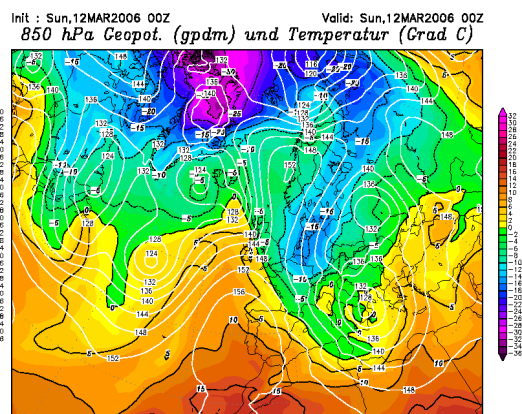
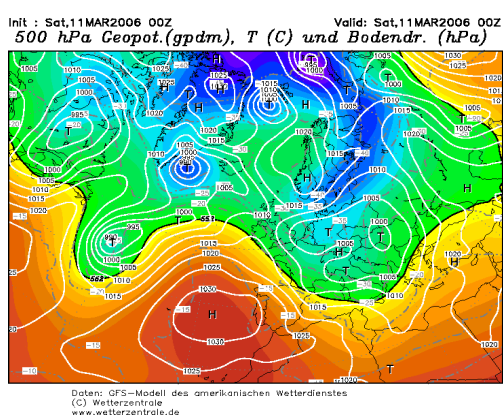
Los cielos estuvieron cubiertos debido a la nubosidad retenida en todo el Pirineo, sobretudo en la vertiente norte. En la vertiente más septentrional del Pirineo leridano (Arán y norte del Pallars Sobirà), así como en el norte del Pirineo de Huesca se escaparon débiles nevadas que ya no superaron los 10 cm en 12h (destacamos la nevada registrada con el paso del frente frío, acumulándose casi 50 cm de nieve en la vertiente norte del Pirineo, entre el viernes 1 y la primera parte de la jornada del día 2).

Tras el paso del frente, el viento del Norte sopló con fuerza en las cimas, registrándose rachas moderadas (superiores a los 50 o 60 km/h) en cotas medias y altas.

Tras el alejamiento de la perturbación, los cielos estuvieron más despejados en el Pirineo, ya sólo con nubosidad retenida en la vertiente norte, sin observarse precipitaciones. En la vertiente más meridional y en el pre-Pirineo se vieron cielos despejados y vientos más débiles. Los días posteriores las temperaturas se recuperaron en cotas medias y altas, todavía con heladas, aunque más débiles. En cambio, la inversión térmica volvió a dejar valores inferiores a los -10°C en los valles del Pirineo y del pre-Pirineo, formándose algunas nieblas en las algunos valles o cuencas.

Nevadas intensas y ventisca en Pirineos:

Análisis sinóptico: Presencia del anticiclón de las Azores ligeramente desplazado hacia el este y de un segundo núcleo de altas presiones en los países nórdicos. Esta situación facilita el paso de bajas por el oeste y el centro de Europa, y la presencia de vientos del noroeste sobre los Pirineos, aportando aire húmedo atlántico. El gradiente bórico es marcado sobre el macizo, hecho que se reproduce a todos los niveles atmosféricos. El flujo del norte y noroeste facilita la llegada de una masa de aire fría con el paso de un frente asociado a una baja situada entre Centroeuropa y el Golfo de Génova. El frente pasa rápido, y la presencia del anticiclón en el norte de Europa favorece la inyección de aire frío a niveles bajos (850 hPa o 1500 mt, aproximadamente) procedente del interior del continente.



Observaciones nivometeorológicas: Se acumularon grosores muy importantes de nieve entre el día 10 y el 13 en el Pirineo y la precipitación afectó a todos los sectores de este macizo. Los registros de nieve durante los 3 días que duró este episodio en estaciones de alta montaña oscilaron entre los 40 y los 70 cm en el Pirineo catalán, andorrano u oscense más oriental. Las temperaturas sufrieron un bajón destacable y el viento se mantuvo fuerte a muy fuerte hasta el día 13, observándose ventisca fuerte o *Torb* a lo largo del fin de semana, con acumulaciones de nieve en sectores de sotavento muy importantes.

Vientos fuertes y de igual componente a todos los niveles, y especialmente en altura (por encima de los 5500 mt), siendo determinantes para la presencia de corrientes verticales fuertes y continuadas que favorecerían la inestabilidad y el crecimiento de nubosidad convectiva. La presencia de vientos fuertes en todos los niveles contribuiría a las precipitaciones intensas y extensas en la cordillera. La entrada posterior de la dorsal anticiclónica frenaría las precipitaciones pero mantendría los vientos fuertes o muy fuertes, provocando la ventisca en montaña.

Situación 3: Depresión atlántica y régimen del Suroeste

Análisis sinóptico: Una potente depresión situada en el Atlántico norte, con valores en su centro de hasta 965 hPa, enviará durante 7 días activos sistemas frontales hacia nuestras latitudes. La perturbación se refleja en altura ya que a 500 hPa (5500 mt) se observa una vaguada muy profunda que alcanza la península Ibérica, Francia y las Islas Británicas. Asociada a la borrasca atlántica se observa una entrada de aire frío en altura mientras que en superficie (cotas bajas y medias) la masa de aire es más húmeda, especialmente en el sector oriental peninsular y Baleares debido a la entrada de vientos del S-SW en superficie, que arrastran humedad desde el Mediterráneo.

Observaciones nivometeorológicas: Durante el período de actividad de la perturbación diversos sistemas frontales acumularon grosores de nieve de entre 50 y 120 cm en Pirineos. Las nevadas fueron destacables también en Sierra Nevada y en Sistema Central (Gredos y Guadarrama).

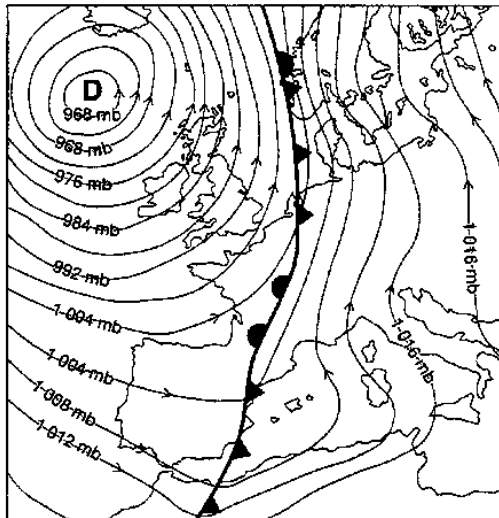


Figura 26. Mapa del temps en superfície del dia 9 de gener de 1996 a les 12 h (TMG).

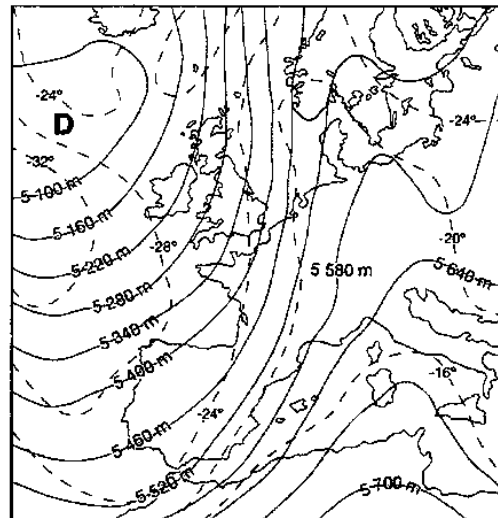
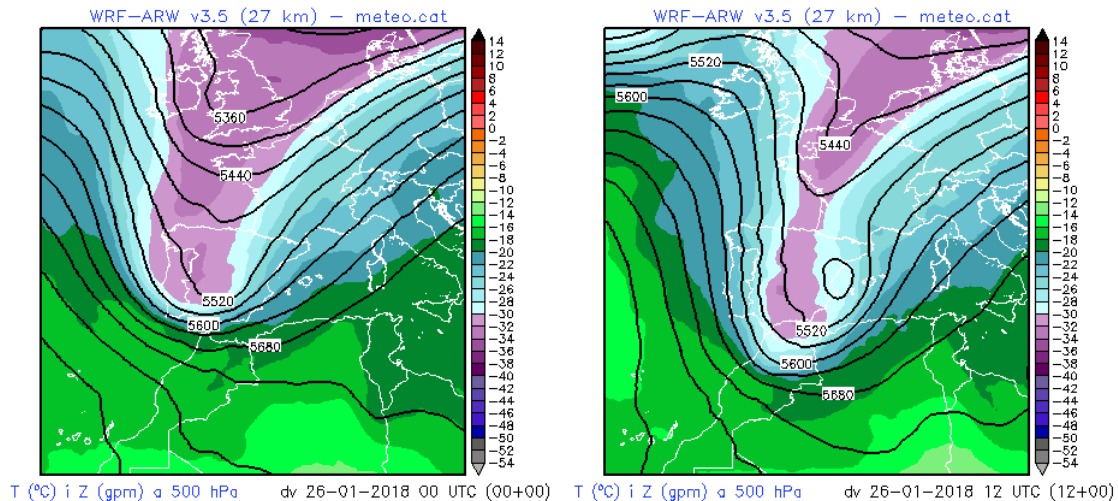


Figura 27. Topografia de la superfície de 500 hPa (uns 5 500 m d'altitud) del dia 9 de gener de 1996 a les 12 h (TMG).

Situación 4: Frente frío con vaguada en altura

Análisis sinóptico: Paso de un frente frío en superficie con una profunda vaguada en niveles medios y altos. La proximidad del frente al mar Mediterráneo formó una pequeña baja en altura que, juntamente con la reactivación de una depresión en superficie delante del litoral catalán, favoreciendo la extensión y la persistencia de la precipitación sobre Catalunya, parte del Pirineo central/oriental y también en las estribaciones más orientales del Sistema Ibérico. En los mapas sinópticos, correspondientes a la topografía de 500 hPa (5500 mt de altura) se observa la posición de la vaguada durante la noche del jueves 25 de enero al viernes 26 y también la baja formada el viernes a mediodía. A 850 hPa (a 1500 mt de altura) la temperatura se situó entre 0º y -2ºC.

La precipitación se inició el jueves por la tarde por el Pirineo occidental, desplazándose de oeste a este, en cotas superiores a los 1500 mt, bajando a lo largo de la madrugada hasta los 1000 e incluso bajando puntualmente hasta los 800 o 700 mt. Los grosores en cotas superiores a los 2000 mt del Pirineo y pre-pirineo oriental superaron los 50 cm. En los Ports de Tortosa Beceite acumularon 30 cm en el Mont Caro.



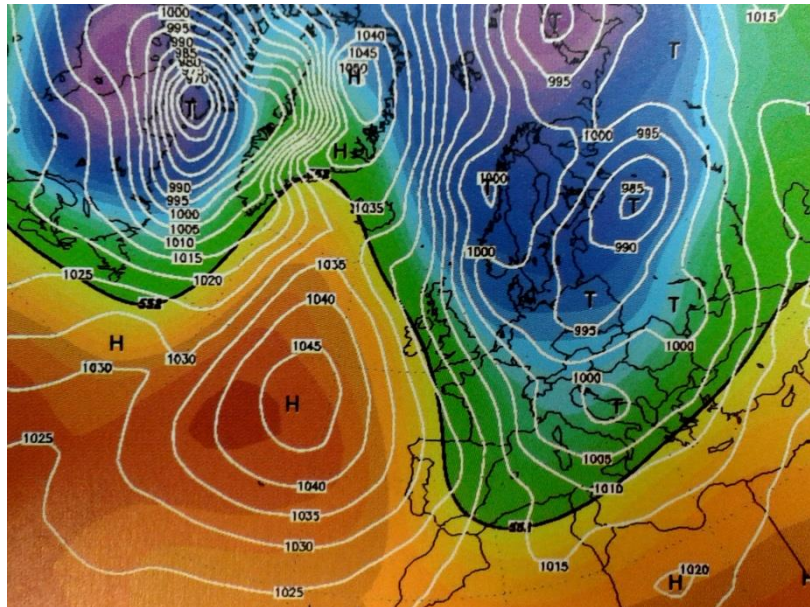
NOTA: La **vaguada** es una situación meteorológica definida por un sector de la atmósfera en la que la presión es más baja respecto a zonas situadas en un mismo nivel altitudinal. La configuración isobárica de la vaguada se caracteriza por isóbaras o isohipsas en forma de V

Situaciones de peligro natural y accidental para el esquiador o montañero

Entrada del Norte y Noroeste (30-31 de enero de 2003):

Situación sinóptica marcada por la presencia del anticiclón de las Azores y de depresiones en el mar del Norte, generando un segundo núcleo depresionario en el golfo de León y Génova. Entre estos centros de acción se canalizan vientos del norte y noroeste, de origen polar marítimo.

La **observación nivometeorológica** de estos días estuvo marcada por acumulaciones de nieve de entre 200 y 300 cm en el norte de los Pirineos, especialmente en la vertiente francesa, siendo uno de los episodios más nevados desde la década de los 80. En 24 h, se registran entre 100 y 150 cm de nieve por encima de los 1000 m en el norte de Huesca, valle de Arán y norte del Pallars Sobirá, con temperaturas entre -10°C y -15°C , registrándose vientos huracanados del N en cotas altas. Se registraron vientos muy fuertes del N y nevadas copiosas también en la Cordillera Cantábrica.

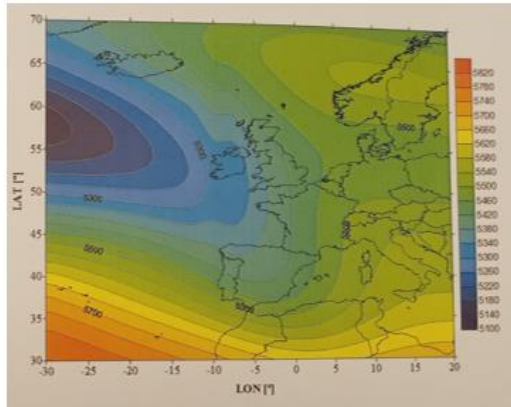


El riesgo para el montañero o esquiador en este tipo de episodios es el de la elevada posibilidad de desencadenarse **aludes de nieve reciente o nieve polvo** de manera natural, debido al aumento ligero de la temperatura o al sobrepeso causado por la continuación de la nevada. En esta situación también se producen **aludes de placa** de manera accidental, debido a la acción del fuerte viento que deposita la nieve en las vertientes a sotavento. En este episodio de vientos del N y NW la mayor parte de placas se forman bajo collados y cordales orientados al sur. Una ligera sobrecarga provocada por el paso de un animal o persona puede desencadenar el alud.

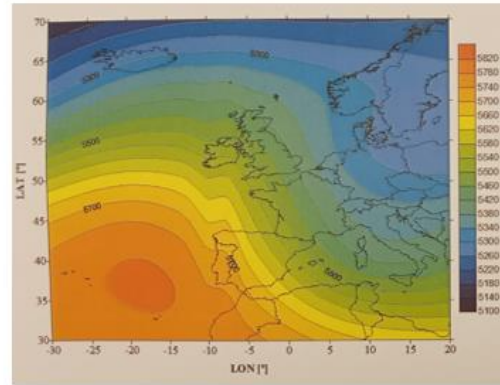
En el perfil nivológico se observan diferentes capas de nieve entre las que destaca una capa a pocos centímetros del exterior formada por nieve venteadada. Por debajo de ésta se observa una capa más débil –de poca cohesión y dureza- situada encima de otra más compacta y endurecida. Estas capas débiles situadas encima de las más duras y cohesionadas están predispuestas a fracturarse en caso de sobrecarga accidental, provocando aludes de placa.

Situaciones meteorológicas causantes de grandes aludes en Pirineos (García, C et al 2009):

1. Situación del noroeste
2. Paso de un surco o vaguada



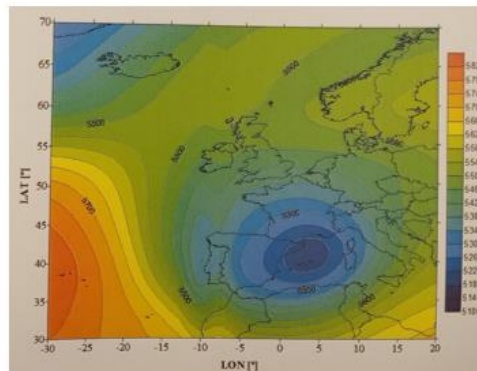
Provoca aludes en Pirineos excepto Valle de Arán. Se registran aludes de nieve reciente húmeda.



Provoca grandes aludes en el Pirineo debido a las nevadas abundantes o por el transporte y sobreacumulación de la nieve a sotavento (sur). Se registran aludes con aerosol y gran poder destructivo y también de nieve reciente húmeda o de fusión (por el paso de frente cálido)

Situaciones meteorológicas causantes de grandes aludes en Pirineos (García, C et al 2009):

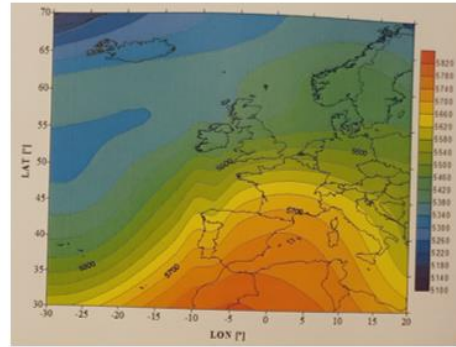
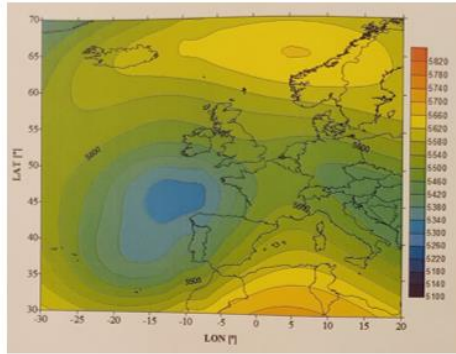
3. Baja centrada sobre los Pirineos



Situación poco habitual pero causante de aludes de nieve reciente con aerosol, en cualquier sector del Pirineo.

Situaciones meteorológicas causantes de grandes aludes en Pirineos (García, C et al 2009):

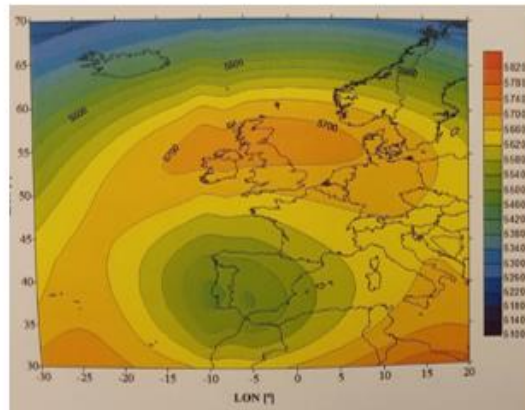
- 4. Dorsal subtropical
- 5. Situación del suroeste



Situación que afecta la vertiente más meridional del Pirineo. Los aludes son de dimensiones grandes ya que las nevadas van acompañadas de vientos fuertes que forman grandes sobreacumulaciones en vertientes orientadas al norte. Los aludes no tienen efecto aerosol y son de nieve húmeda.

Situaciones meteorológicas causantes de grandes aludes en Pirineos (García, C et al 2009)

- 6. Situación de levante



Los vientos de levante provocan abundantes nevadas y grandes aludes en los sectores con un clima más mediterráneo y también en el Pirineo leridano más meridional. Los aludes son de nieve reciente húmeda.