

# Peligro de aludes en el Parque Nacional de los Picos de Europa y sierras de Cordel y Peña Labra durante la borrasca Hugo. 23-25 de marzo de 2018

<https://doi.org/10.31978/639-19-010-0.527>

Tomás José Gutiérrez Cobo<sup>1</sup> ([tgutierrezc@aemet.es](mailto:tgutierrezc@aemet.es))

María José Martín García<sup>1</sup> ([mamartinga@aemet.es](mailto:mamartinga@aemet.es))

Gerardo Sanz Arauz<sup>1</sup> ([gsanza@aemet.es](mailto:gsanza@aemet.es))

<sup>1</sup>AEMET / Delegación Territorial en Aragón

## RESUMEN

Durante el fin de semana del 23 al 25 de marzo de 2018 la borrasca Hugo motivó la emisión de numerosos avisos por fenómenos meteorológicos adversos debido a las nevadas, los vientos fuertes y oleaje en buena parte de España, principalmente el norte y noroeste. En la cordillera Cantábrica cayeron importantes cantidades de nieve y ello motivó también la emisión de avisos por aludes para las zonas en las que AEMET hace predicción de este tipo: el Parque Nacional de los Picos de Europa y las Sierras del Cordel y Peña Labra.

Se presentan con el episodio los principales elementos de referencia desarrollados por la *European Avalanche Warning Services* (EAWS): escala europea, escala de tamaños de los aludes, problemas típicos y matriz-eaws. Se analiza también el proceso operativo, en el cual la estimación de un nivel de peligro se hace de acuerdo a criterios que a día de hoy siguen siendo fundamentalmente cualitativos, y cómo la incertidumbre de una predicción a tres días añade dificultad a este hecho.

**PALABRAS CLAVE:** aludes; *ensemble*; Escala Europea de Peligro de Aludes; nieve; Picos de Europa; Alto Campoo.

## 1. INTRODUCCIÓN

Entre finales de otoño y principios de primavera, existe un peligro inherente asociado a la nieve debido a la inestabilidad que el manto nivoso puede alcanzar por factores meteorológicos y del propio terreno en que se deposita. En la mayor parte de las ocasiones, se ven afectadas únicamente las actividades de los montañeros. En casos excepcionales el fenómeno puede tener un impacto considerable en la población, por afectar a la vialidad o a las infraestructuras.

En el presente estudio se pretende realizar una evaluación del peligro de aludes originado por la situación meteorológica de la borrasca Hugo (23-25 de marzo de 2018) en el Parque Nacional de los Picos de Europa y las sierras del Cordel y Peña Labra (en adelante, Alto Campoo) para los cuales el Grupo de Predicción y Vigilancia (GPV) de Zaragoza realiza Boletín de Peligro de Aludes (BPA).

El BPA trata de estimar la probabilidad de desencadenamiento de una avalancha y su tamaño en una escala regional, es decir, a nivel de cordillera o un macizo de la misma. La predicción regional se basa principalmente

en datos de Clase III, esto es, factores meteorológicos (temperatura, precipitación, viento, etc.), valores cuantitativos y evoluciones de los mismos. Incluyen observaciones y predicciones. El BPA se apoya igualmente en datos nivológicos (no meteorológicos) procedentes de estaciones de montaña, de valles o colaboradores, aunque la disponibilidad tanto temporal como espacial de datos de este tipo es escasa. El método para producir este pronóstico regional es convencional (es decir, principalmente no cuantitativo, sin ayuda de técnicas numéricas formales; consiste en asimilar la información relevante y formular una predicción basada en el conocimiento teórico, la experiencia y el conocimiento local del nivólogo).

Para ayudar al establecimiento del peligro de aludes se dispone de la escala de tamaños de aludes, figura 1; la Escala Europea de Peligro de Aludes, figura 2; y la matriz-eaws, figura 3.

ESCALA DE TAMAÑOS DE ALUDES

Tamaño	Nombre	Clasificación según el potencial destructivo	Clasificación según la zona de llegada
Tamaño 1	Purga o colada	El riesgo de ser enterrado por el alud es mínimo (riesgo de caídas).	La nieve se detiene normalmente antes de llegar al final de la ladera.
Tamaño 2	Alud pequeño	Podría enterrar, herir o matar a una persona.	El alud se para normalmente al final de la ladera.
Tamaño 3	Alud mediano	Podría enterrar y destruir un coche, dañar un camión, destruir un edificio pequeño o romper un número pequeño de árboles.	El alud podría atravesar zonas planas (de pendiente considerablemente menor de 30°) a lo largo de una distancia menor de 50 m.
Tamaño 4	Alud grande	Podría enterrar y destruir un vagón de tren, camiones grandes, varios edificios o una parte de un bosque.	El alud atraviesa zonas planas (de pendiente considerablemente menor de 30°) a lo largo de una distancia mayor de 50 m y puede llegar al fondo de valle.
Tamaño 5	Alud muy grande	Podría modificar el paisaje. Potencial destructivo desastroso.	El alud llega al fondo del valle. El mayor recorrido conocido.

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 sólo 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 sólo 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 sólo es posible el desencadenamiento de aludes en laderas muy inclinadas o en terreno especialmente desfavorable* y a causa de sobrecargas fuertes**. Espontáneamente sólo pueden desencadenarse coladas o aludes pequeños.

Figura 1. Escala de tamaño de aludes. Fuente: adaptado de www.avalanches.org.

Figura 2. Escala de Peligro de Aludes. Fuente: adaptado de www.avalanches.org.

EAWs		Probabilidad de desencadenamiento de aludes															
		Generalmente sólo con sobrecargas fuertes				Principalmente con sobrecargas fuertes (-1)				Posibles ya con sobrecargas débiles				Probables con sobrecargas débiles			
Tamaño del alud		1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
Distribución de las zonas peligrosas	Zonas peligrosas aisladas	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	Zonas peligrosas en algunas pendientes	1	2	2	3	1	2	2	3	1	2	3	4	2	3	3	4
	Zonas peligrosas en muchas pendientes (identificables**)	1	2	2	3	2	2	3	4	2	3	3	4	3	3	4	4
	Zonas peligrosas en muchas / la mayor parte de pendientes (no identificables**)									3	4	4	4	3	4	4	4
	Zonas peligrosas también en terreno de inclinación moderada													4	4	5	5

Figura 3. Matriz EAWS. Fuente: adaptado de www.avalanches.org.

En primer lugar, se realizará una preparación previa a la predicción en la que se estudiará someramente el clima, las avalanchas recientes, la descripción del manto nivoso y el tiempo pasado de la semana precedente. Después se estudiará el tiempo presente, incluyendo el análisis de los sondeos del manto nivoso realizados por los observadores el mismo día de la elaboración de la predicción. Posteriormente se realizará la predicción meteorológica de los parámetros que pueden afectar al peligro de aludes. Asimilando todos los datos descritos en los pasos anteriores, se elaborará la predicción del peligro de aludes.

Por último, se analizará desde un punto de vista estrictamente meteorológico (pues son los únicos datos de retorno de que se disponen, y en la mayor parte de los casos en cotas por debajo de las que interesa en lo que a avalanchas se refiere) lo sucedido entre los días 23 y 25 de marzo.

## 2. PREPARACIÓN DE LA PREDICCIÓN

La montaña cantábrica se caracteriza por su cercanía al mar y una altitud moderada (solo el macizo central de Picos de Europa tiene una parte significativa de su superficie por encima de los 2250 metros, figura 4). La vertiente norte es más abrupta y ve más acentuados los rasgos oceánicos de la cordillera. Los Picos de Europa marcan un máximo de precipitación en la cordillera, superando los 2500 l/m<sup>2</sup> al año por encima de 1500 metros en la fachada norte y, como suele ocurrir en las zonas de montaña, la topografía hace que los espesores de nieve se distribuyan de manera irregular. Debido al carácter oceánico de la cordillera, la altitud de la isocero es elevada durante el invierno (en torno a 2100 metros) lo que hace que se produzcan frecuentes ciclos de fusión-rehielo que dan lugar a problemas de nieve húmeda. Las invasiones del norte inestables son las situaciones que producen las nevadas más significativas y es común que vayan acompañadas de vientos fuertes y tormentas, lo que suele dar lugar a problemas relacionados con estructuras de placa y cornisas (RODRÍGUEZ, 2017). *A priori*, el clima marítimo de este macizo reduce el potencial de actividad avalanchosa (McCLUNG y SCHAEERER, 1996; THE COMET PROGRAM, 2010).

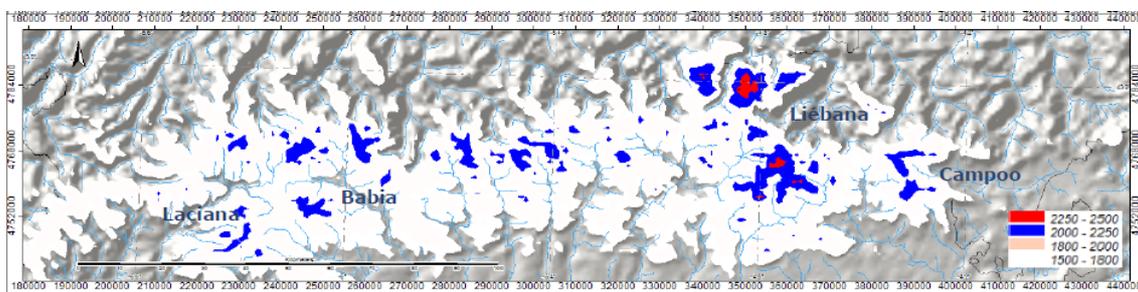


Figura 4. Cordillera Cantábrica con altitudes comprendidas entre 2000 y 2250 metros en azul y entre 2250 y 2500 metros en rojo (RODRÍGUEZ, 2017).

En el anterior BPA, emitido el jueves 15 de marzo, se describía un manto estabilizado con costras de rehielo muy duras en su interior, espesores en torno a 60 cm en cotas medias y 150 cm en cotas altas, y placas y cornisas en orientaciones preferentemente norte y este. Para el viernes 16 y sábado 17 se estableció un peligro moderado (2) por nieve reciente y nieve venteada, esperándose aludes de tamaño pequeño. El domingo 18 el BPA predijo un peligro de aludes notable (3) y se esperaban aludes medianos. Para el sábado y el domingo 17 y 18 se predijeron temperaturas en descenso, nevadas moderadas y vientos moderados de NW.

La obtención de información del tiempo pasado proviene de la red de estaciones automáticas de la zona, figura 5, y de colaboradores de Picos de Europa y Alto Campoo que reportan, con mayor o menor continuidad, temperaturas extremas, espesor de nieve, nieve reciente y algunas otras características del manto nivoso.



Figura 5. Situación de las EMA de AEMET en torno a Picos de Europa. Con fondo más claro la que está en las sierras de Cordel y Peña Labra.

Durante los cinco días precedentes al jueves 22 de marzo se registraron precipitaciones continuas y abundantes, con acumulaciones cercanas a 100 mm (en Alto Campoo se midieron 79 cm de nieve nueva a cota 1650 metros en los 6 días previos al 22 de marzo). Las temperaturas fueron bajas, con heladas débiles a unos 1000 metros en Picos de Europa, con lo que probablemente las heladas a cotas más altas fuesen de mayor entidad y persistentes, como así se observó en Alto Campoo. Las nevadas cayeron con vientos N y W moderados o fuertes.

### 3. TIEMPO PRESENTE

En Picos de Europa, el jueves 22 de marzo se reporta el primer día de buen tiempo después del episodio de nieve que tuvo comienzo el viernes 16 de marzo. En la tarde del miércoles 21 de marzo llovizó por debajo de unos 1300-1500 metros de altitud. Respecto al manto nivoso, en vertiente sur es continuo a partir de unos 800 metros, en vertiente norte desde unos 600 metros. Hay nieve encostrada en cotas hasta 1300-1500 metros por la llovizna de la tarde del miércoles 21 de marzo. Por encima de esa cota, nieve seca y venteada, con facetas en superficie en las umbrías, algo esperable por las heladas en cotas bajas cercanas a los 1000 metros en Picos de Europa (y que suponíamos de mayor magnitud en cotas más altas). Se describe el manto como estable en general. Grandes acumulaciones por el viento en orientaciones E y SE, con cornisas blandas en esas orientaciones, algo que está en concordancia con los vientos señalados en el tiempo pasado. Respecto a los aludes observados, al SW del macizo occidental se observan purgas de bolas y salidas puntuales pequeñas por caída de cornisas en orientaciones E y SE. En el sector norte se reporta un alud mediano de placa natural en orientación NW y otro por caída de cornisas en orientación SE de tamaño pequeño. También se reportan aludes naturales medianos de placa en la zona del Jierro en el macizo oriental y en ambas vertientes del Escamellau.

En Alto Campoo, en vertiente norte, la nieve comienza en el valle (700 metros), siendo esquiable a partir de 1000 metros. El espesor del manto es irregular debido al viento, con sobreacumulaciones en cornisas, ventisqueros de cumbres, collados, cambios de pendiente y fondos de cuencas. Las caras sur y sureste están cargadas de nieve y las norte venteadas, donde incluso aflora la base dura. El miércoles 21 de marzo se observó un alud natural de placa de tamaño mediano en la ladera SE del pico Cuchillón con una cota de salida de 2100 metros, una cota de llegada de 2000 metros y un recorrido aproximado de 200 metros. El jueves 22 de marzo se observa un alud natural de placa de tamaño pequeño en orientación sur por sobrecarga de cornisa. Se han registrado más aludes pequeños, purgas y cornisas caídas en orientaciones similares.

En los sondeos del manto de nieve de Jario, figura 6, y de Cuchillón, figura 7, (este último, el realizado en Alto Campoo), debido al tipo de grano y a la temperatura, la cohesión de los primeros 40 y 15 cm respectivamente no es muy elevada pudiendo ser nieve movilizable en caso de un episodio ventoso en los próximos días. El grano fino cifrado en Canal de San Luis, figura 8, muestra un grano posiblemente mejor cohesionado y más difícil de movilizar. El gradiente de temperatura existente en Canal de San Luis, en caso de prolongarse, podría suponer el debilitamiento de la cohesión de la capa superior de grano fino.

Los tests de estabilidad no manifiestan grandes inestabilidades en las zonas analizadas, quizás bastante menor de la esperada tras valorar el tiempo pasado y apreciar acumulaciones importantes con frío y viento. No obstante, la observación de aludes tanto en Picos de Europa como en Alto Campoo hace estar alerta. Posiblemente, el peligro existente se encuentre entre limitado (2) y notable (3), pues tampoco parece que la nieve movilizable tenga espesores de gran relevancia.

No se puede finalizar este apartado sin agradecer a todo el personal implicado en la obtención de estos valiosos datos del manto nivoso: los colaboradores de Alto Campoo A. Allende y E. Martínez, los colaboradores de Picos de Europa A. Mediavilla y F. Calvo, y los compañeros de AEMET de la Delegación Territorial de Cantabria, M. Garvía y A. Valle.

Avanet SNOW PROFILE

Organization: --  
 Location: Picos de Europa, Canal de San Luis Date: 2018-03-22  
 Lat/Lng: 43.16022, 4.00000 Observer: Mara Garvía Polo  
 Snowpft depth: 117 cm  
 Snowpack depth: 117 cm  
 Elevation: 1,854 m  
 Wind: Light, 225° SW  
 Slope: 32°  
 Aspect: 0° N  
 Air temp.: 2.5°C  
 Sky: ☉ Clear  
 Blowing snow: None, --  
 Precipitation: No Precipitation  
 Foot Pen. (PF): 60 cm  
 Ski Pen. (PS): 20 cm

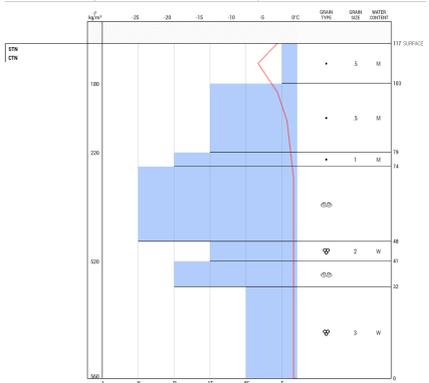


Figura 6. Sondeo realizado en Jario (Picos de Europa) el jueves 22 de marzo.

Avanet SNOW PROFILE

Organization: AEMET-CANTABRICA  
 Location: Jario Date: --  
 Lat/Lng: 43.15498, -5.00324 Observer: --  
 Snowpft depth: 120 cm  
 Snowpack depth: 300 cm  
 Elevation: 1,863 m  
 Wind: Calm, --  
 Slope: 32°  
 Aspect: 90° E  
 Air temp.: -0.2°C  
 Sky: ☉ Few  
 Blowing snow: Previous, 315° NW  
 Precipitation: No Precipitation  
 Foot Pen. (PF): --  
 Ski Pen. (PS): --

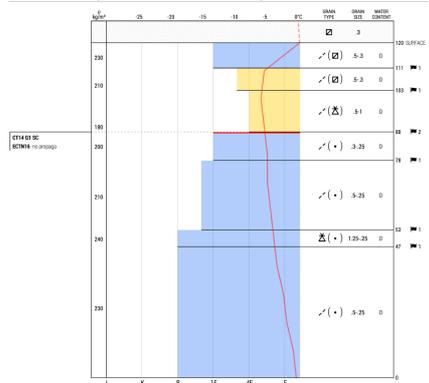


Figura 7. Sondeo realizado en Cuchillón (Alto Campoo) el jueves 22 de marzo.

Avanet SNOW PROFILE

Organization: --  
 Location: Cuchillón Date: 2018-03-22  
 Lat/Lng: 43.12544, -4.38826 Observer: A.Alende - E.Martinez  
 Snowpft depth: 210 cm  
 Snowpack depth: 400 cm  
 Elevation: 2,100 m  
 Wind: Light, 315° NW  
 Slope: 37°  
 Aspect: 135° SE  
 Air temp.: 0.8°C  
 Sky: ☉ Clear  
 Blowing snow: --  
 Precipitation: No Precipitation  
 Foot Pen. (PF): 15 cm  
 Ski Pen. (PS): 1 cm

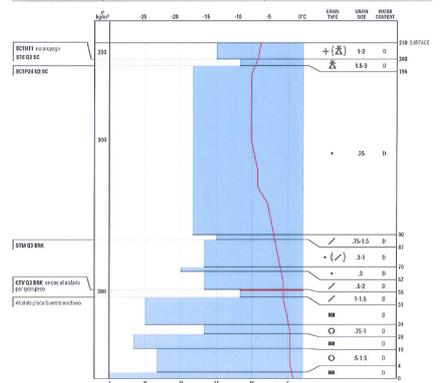


Figura 8. Sondeo realizado en Canal de San Luis (Picos de Europa) el jueves 22 de marzo.

4. PREDICCIÓN METEOROLÓGICA

Una vez establecido el escenario de partida, para pronosticar la evolución del peligro de aludes se van a estudiar las salidas de modelo del jueves 22 de marzo a las 00 UTC. El escenario general se representa en la figura 9 (situación en 300 hPa) y en la figura 10 (situación en 850 hPa).

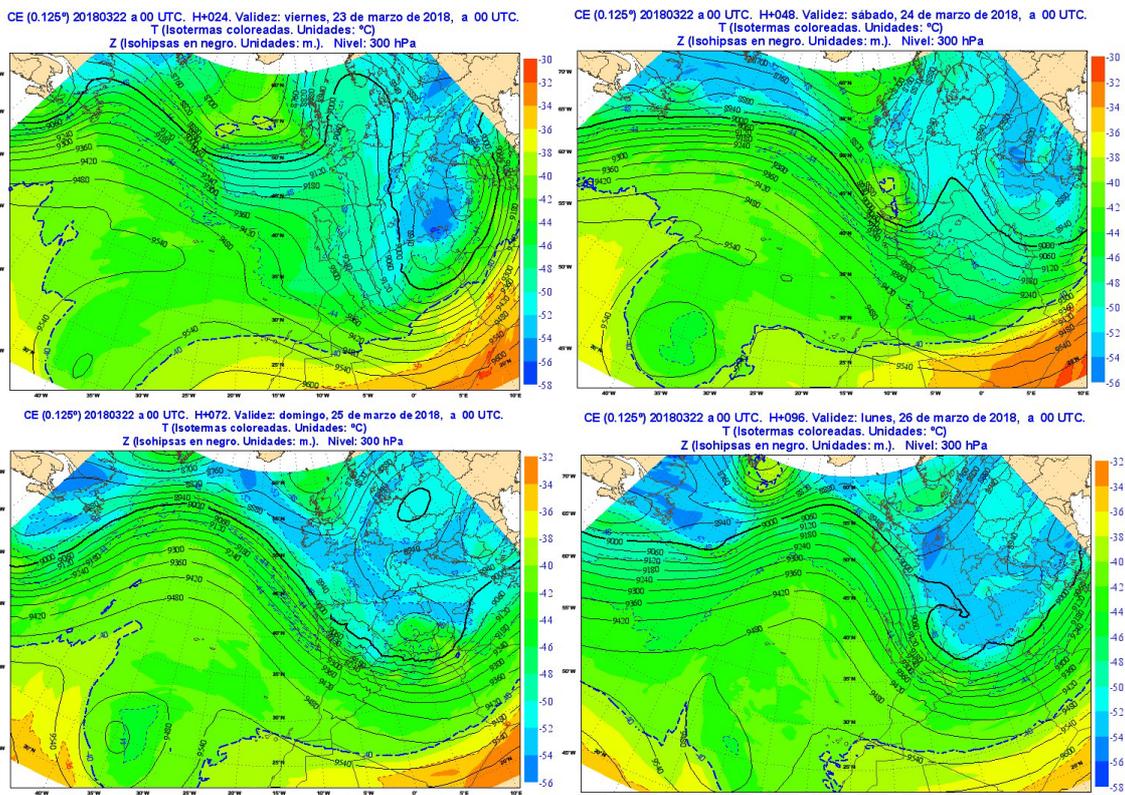


Figura 9. Isohipsas y temperatura en 300 hPa previstas por el ECMWF para el 23, 24, 25 y 26 de marzo a las 00 UTC.

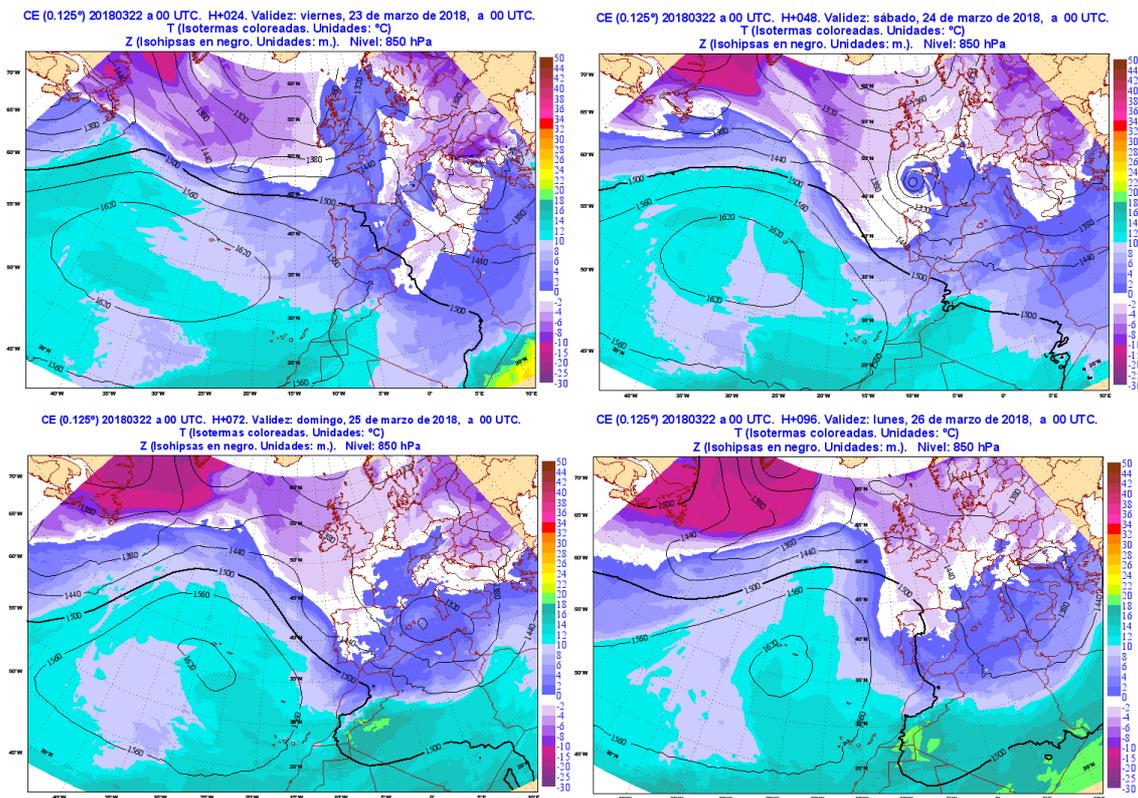


Figura 10. Isohispas y temperatura en 850 hPa previstas por el ECMWF para el 23, 24, 25 y 26 de marzo a las 00 UTC.

En 300 hPa se pasa de una situación más o menos estable el viernes 23 a las 00 UTC a la formación de una baja en el Cantábrico (la que posteriormente se denominaría Hugo) a comienzos del sábado 24, con una anomalía cálida sobre el golfo de Vizcaya a ese nivel y un marcado gradiente bórico en la zona de interés. El domingo 25 a las 00 UTC se observa cómo esta baja ha recorrido el norte peninsular, aunque la zona de interés queda aún bajo los efectos de la vaguada, con frío en altura y flujo del norte, pero con un gradiente bórico mucho menor que el del día anterior. Finalmente, el lunes 26 a las 00 UTC se aprecia un flujo del norte intenso en este nivel. Si se analizan conjuntamente la imagen de 300 hPa con la de 850 hPa, se estima que a lo largo del viernes alcanzará la zona de interés un frente frío. Durante el sábado este frente recorrerá la zona de interés y el resto del fin de semana permanecerá bajo la influencia de la borrasca, con marcada inestabilidad que cabría esperar que dejara abundantes precipitaciones acompañadas de viento y bajas temperaturas, ingredientes que pueden acentuar el peligro de desencadenamiento de aludes.

Analizando la predicción probabilista del ECMWF se obtiene una idea de la incertidumbre existente. Se muestra Tresviso, figura 11 (epsgrama) y figura 12 (CDF). El CDF solo se muestra del sábado 24 y del domingo 25 de marzo.

En el caso de las precipitaciones, figura 11, el modelo de control es el miembro del EPS que predice precipitaciones más intensas el sábado. Nuevamente destaca la enorme incertidumbre del domingo, con precipitaciones en general débiles pero con miembros del EPS que dan intensidades por encima de los 20 mm en 6 horas.

Recurriendo al CDF del sábado en Tresviso, figura 12, lo que llama la atención sobremanera, a pesar de esperarse grandes cantidades de precipitación, es el viento. Destaca claramente el sábado como el día más ventoso y, además, analizando el CDF del sábado en Tresviso, vemos que el 75 % de miembros del EPS espera vientos en Tresviso por encima de 30 m/s (108 km/h) y en torno al 70 % de miembros del EPS están

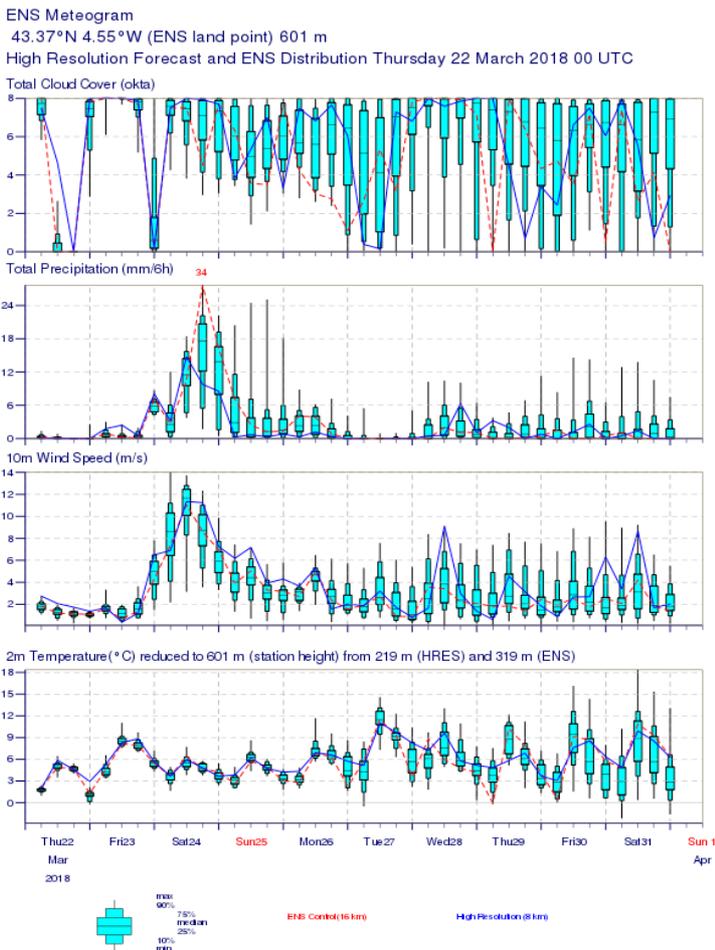


Figura 11. EPS del ECMWF para Tresviso.

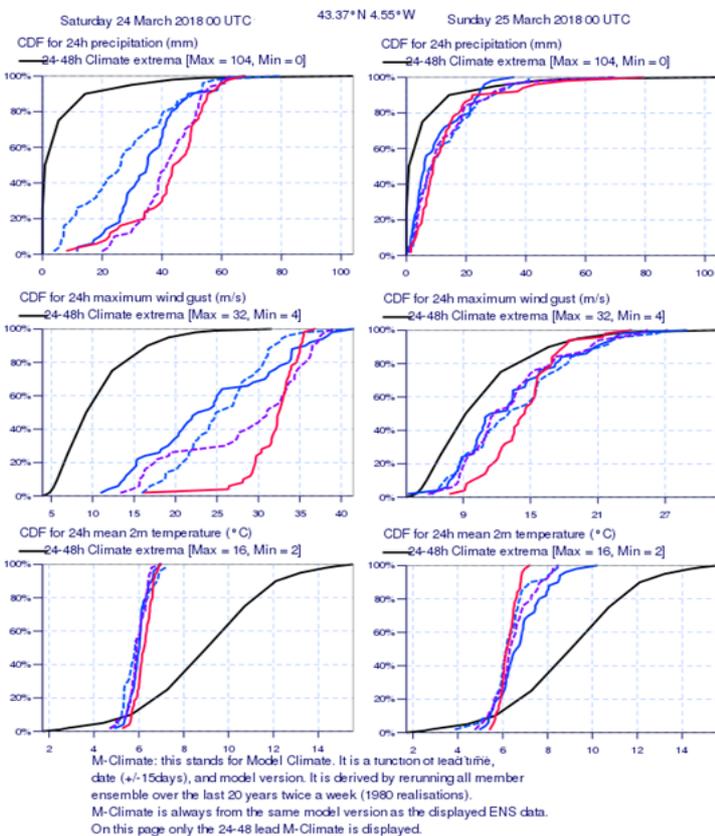


Figura 12. CDF válido el sábado 24 de marzo (izquierda) y el domingo 25 de marzo (derecha).

por encima de la racha máxima de la climatología del modelo. Respecto a las temperaturas, el viernes se esperan temperaturas máximas más altas y mínimas más bajas que el sábado y el domingo, que tendrán una amplitud térmica mucho menor y las temperaturas podrían mantenerse en negativo durante todo el día en zonas más altas no mostradas (téngase en cuenta que el punto de celda correspondiente a Tresviso se encuentra tan solo a 601 metros).

Las precipitaciones esperadas en la zona de Alto Campoo son importantes pero inferiores a las esperadas en Picos de Europa. Los posibles máximos de precipitación tienen claramente menor intensidad y menor probabilidad de ocurrencia que en Picos de Europa, con lo cual se presenta un panorama *a priori* menos peligroso en este macizo.

Los vientos, en cuanto a dirección, muestran previsiones similares a las de Picos de Europa, flojos variables el jueves y con componente oeste el resto de días, destacando algo de componente sur el viernes y la adquisición de componente norte el sábado y el domingo. En cuanto a intensidad, se esperan intensidades ligeramente inferiores en Alto Campoo que en Picos de Europa para el sábado, pero en todo caso vientos muy intensos este día.

Las temperaturas máximas tendrán un claro descenso el sábado y el domingo, con heladas persistentes toda la jornada. Las mínimas ascenderán el viernes y se mantendrán el sábado y el domingo, aunque en Alto Campoo no se descarta un descenso de estas el domingo.

Visto el modelo probabilista del ECMWF (el alcance del HARMONIE-AROME no llega más allá del sábado a las 00 UTC, así que no se analizará en este caso) cabe esperar tanto en precipitación como en viento un episodio singular que puede dar lugar a un aumento en el peligro de aludes y cuyas variables meteorológicas alcanzarán la mayor adversidad el sábado.

## 5. PELIGRO DE ALUDES

Se parte de un peligro de aludes limitado (2) observado el jueves 22 de marzo. Este día se espera viento en calma y temperaturas relativamente altas a mediodía, sin nevadas de importancia (algunas débiles en Alto Campoo sin descartar posibles acumulaciones también en Picos de Europa que en todo caso serían mínimas).

El viernes 23 de marzo se esperan precipitaciones en forma de lluvia al principio, tan solo a últimas horas serán de nieve, con acumulaciones de en torno a 10 cm en Picos de Europa y ligeramente inferiores en Alto Campoo. Esta nevada se va a asentar en cotas altas sobre capas débiles, ya que las temperaturas no han sido lo suficientemente altas como para cohesionar la nieve caída en el episodio anterior. El viento soplará intenso, con rachas de más de 40 kt que podrían aumentar los espesores y formar placas en vertientes este y nordeste. Por ello los problemas prevalentes son por nieve húmeda en cotas medias y bajas, nieve reciente en cotas altas y de nieve venteada a cualquier cota. Debido a la intensidad de viento y las capas débiles, el peligro puede alcanzar el grado de notable (3).

El sábado 24 de marzo el panorama se complica. Las cantidades acumuladas pueden superar los 50 cm y el viento los 50 kt en Picos de Europa. De acuerdo a MUNTER (2007), esto daría lugar a un peligro fuerte (4) de nieve reciente. Debido al viento, habrá que prestar atención a la formación de placas que, en caso de asentarse sobre capas débiles, podrían colapsar y provocar aludes medianos o grandes. Un factor atenuante es que las temperaturas no serán demasiado bajas (los  $-8\text{ }^{\circ}\text{C}$  es el límite que indica MUNTER (2007) para discernir entre condiciones favorables y desfavorables). Además, según McCLUNG y SCHAEERER (1996), si el viento supera los 45 kt, se producen pérdidas por evaporación y el depósito de nieve puede darse más allá de las zonas de comienzo de las avalanchas con lo que la formación de placas resulta menos efectiva. Según MUNTER (2007) nos encontraríamos entre peligro notable (3) y peligro fuerte (4), siendo más alto en cotas más altas donde la nieve nueva se depositará sobre un manto menos asentado que en cotas bajas.

En Alto Campoo, la intensidad máxima de viento y, sobre todo, las cantidades de precipitación se esperan inferiores a las de Picos de Europa. Se estiman acumulaciones en torno a 20 cm. Por tanto, el peligro de aludes por nieve reciente sería más bajo que en Picos de Europa. La probabilidad de aludes grandes en Alto Campoo, si nos remitimos al experimento que McCLUNG y SCHAEERER (1996) detallan en Alta Utah (con las limitaciones que en la interpretación de este hecho genera la localización espacial del estudio) sería inferior al 50%. Además, teniendo en cuenta los EPS parece apropiado pensar en un peligro notable (3).

Según GUYOMARC'H *et al.* (1996), para nieve reciente una acumulación de 30 a 60 cm de nieve fresca y ligera (en nuestro caso, la temperatura no se espera excesivamente baja, con lo cual la nieve no será muy ligera) hace que el peligro de aludes afecte especialmente a pendientes fuertes y de 60 a 90 cm el peligro alcanza a las pendientes medias, siendo el umbral de los 90 cm el que este documento establece para hablar de peligro general para todo el macizo. Si se entra en la matriz-eaws nuevamente por la fila «Zonas peligrosas en muchas pendientes» y teniendo en cuenta que la cantidad de nieve reciente va a ser superior en Picos de Europa que en Alto Campoo, y se considera que acumulaciones de hasta 30 cm podrían dar lugar a aludes pequeños, acumulaciones entre 30 y 60 cm podrían dar lugar a aludes medianos y acumulaciones de más de 60 cm podrían dar lugar a aludes grandes, se puede pensar en aludes pequeños/medianos en Alto Campoo y medianos/grandes en Picos de Europa, lo que da lugar, según la matriz-eaws a peligro notable (3) en Alto Campoo y peligro fuerte (4) en Picos de Europa en las zonas de máxima acumulación (cotas altas).

Para el domingo, aunque las temperaturas no sean muy bajas, tampoco van a subir apenas (además, en Alto Campoo no se descarta un descenso de las mínimas). Esto, unido a la continuación de las nevadas, y en contraposición el asentamiento del manto debido a las importantes nevadas del día anterior, da lugar a plantear un nivel de peligro de aludes similar al del día anterior. Las nevadas para este día se esperan débiles pero la incertidumbre es muy alta. No hay más que analizar la cantidad máxima de precipitación esperada en Picos de Europa por el EPS. En Alto Campoo, la incertidumbre *a priori* es menor. El viento va a remitir bastante

respecto al día anterior, lo que es un factor de mejora. No obstante, con la cantidad de nieve que se espera que haya caído el sábado acompañada por viento y al haber transcurrido poco tiempo y ser bajas las temperaturas, se cree adecuado mantener el peligro pronosticado para el sábado por nieve reciente y nieve venteada.

## 6. EVOLUCIÓN METEOROLÓGICA

Se presentan a continuación varios mapas de observaciones entre el jueves 22 de marzo y el domingo 25 de marzo. Hay que interpretar con precaución estos mapas pues se trata de interpolaciones espaciales a partir de los datos obtenidos de las estaciones automáticas de AEMET. El método de interpolación funciona mal con la temperatura en cotas altas, principalmente en episodios de inversión. El mapa de esta variable se muestra en la figura 13.

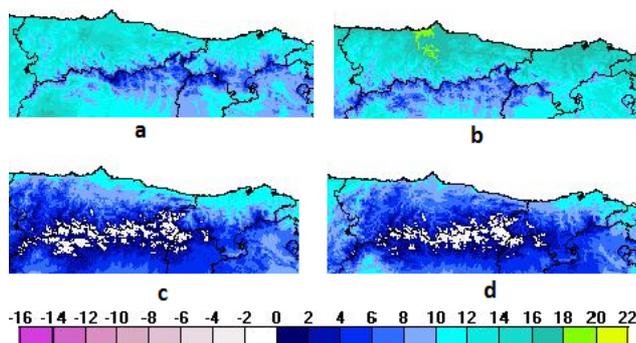


Figura 13. Temperatura máxima. a) Jueves 22 de marzo, b) viernes 23 de marzo, c) sábado 24 de marzo y d) domingo 25 de marzo.

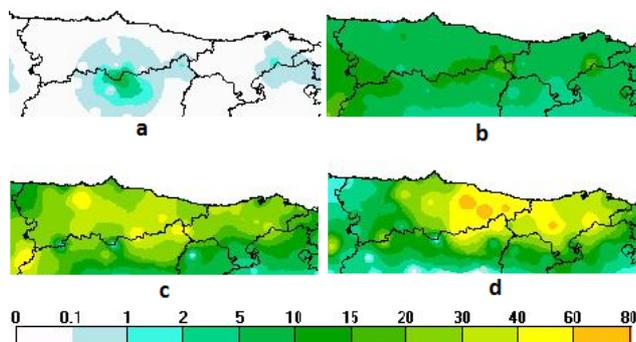
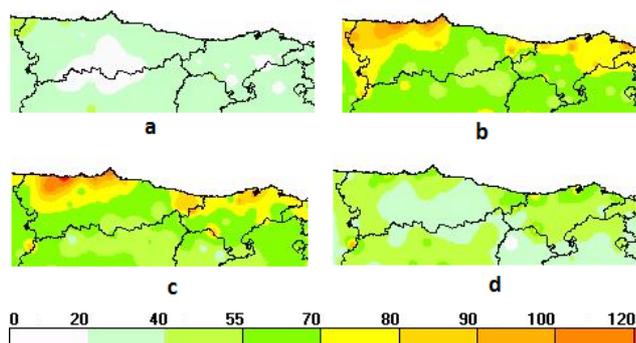


Figura 14. Precipitación. a) Jueves 22 de marzo, b) viernes 23 de marzo, c) sábado 24 de marzo y d) domingo 25 de marzo.



Se insiste en el hecho de tener en cuenta la falta de observaciones en altura, figura 5, lo que supone una gran limitación para comprobar la validez de los pronósticos. A pesar de ello, se aprecia que la precipitación, figura 14, superó los 10 mm el viernes, los 30 o 40 mm el sábado y, lo que es más interesante, los 40 mm el domingo (según la interpolación basada en las EMA de la figura 5, donde no hay ninguna por encima de 1100 metros en Picos de Europa). En cuanto a la precipitación del domingo parece que los miembros más adversos del EPS son los que han mostrado mayor acierto en las precipitaciones. En Alto Campoo, las precipitaciones se han quedado por debajo de las registradas en Picos de Europa todos los días, aunque las cantidades recogidas también han sido importantes. Para completar estos mapas, señalar que nuestros colaboradores de MeteoCampoo (<http://www.meteocampoo.es/>) han recogido 2 cm de nieve reciente el viernes, 17 cm el sábado y 35 cm el domingo. Las rachas máximas registradas, figura 15, han sido muy bajas el jueves, han ganado intensidad a última hora del viernes, han sido muy intensas el sábado y finalmente han sido mucho más débiles el domingo, respondiendo al patrón esperado en la predicción. Aunque nuevamente nos queda la duda de las posibles intensidades del viento en cotas medias y altas.

Figura 15. Racha máxima (km/h). a) Jueves 22 de marzo, b) viernes 23 de marzo, c) sábado 24 de marzo y d) domingo 25 de marzo.

## 7. CONCLUSIONES

A lo largo de esta exposición se han podido apreciar algunas de las dificultades que puede entrañar la tarea operativa de realizar un pronóstico de peligro de aludes:

- Definición cualitativa del peligro en la Escala Europea de Peligro de Aludes. Ausencia de criterios objetivos en la bibliografía que definan el grado de peligro, que depende no solo de factores meteorológicos sino también nivológicos.
- Ausencia de medidas meteorológicas sistemáticas en las altitudes para las que se hace el BPA. Pocas medidas nivológicas y una periodicidad menor de la deseable.
- Falta de experiencia y formación en campo por parte del predictor, requisitos esenciales del perfil de un nivólogo.
- No se dispone de medios para validar la predicción meteorológica ni el BPA.
- Incertidumbre de las predicciones meteorológicas (que aumenta en montaña, donde además la orografía del modelo se aleja más de la orografía real), acentuada por tratarse de una predicción a tres días.

Por tanto, se entiende la necesidad de trasladar al usuario final del producto, cuyo objetivo final es la mejora de la seguridad de las personas que acuden a la montaña, las limitaciones y fortalezas del mismo para que pueda usarse correctamente, así como una reflexión encaminada a dar un producto de una correcta especialización funcional utilizando y realizando las fortalezas de AEMET y la implicación de otras administraciones.

## REFERENCIAS

AMERICAN AVALANCHE ASSOCIATION, 2016. Snow, weather, and avalanches: Observation Guidelines for Avalanche Programs in the United States. 3rd edition.

BOLOGNESI, R., 2002. ¡Avalancha! Ediciones Desnivel.

CAGNATI, A., VALT, M., SORATROI, G., GAVALDÀ, J. y SELLÉS, C. G., 1998. A field method for avalanche danger-level verification. *Annals of Glaciology*, 26.

COLEOU, C., GIRAUD, G. y VILLECROES, J., 1993. Análisis de los sondeos por golpeo. METEOFRACTANCE. Centre National de Recherches Météorologiques. Centre d'Etudes de la Neige.

GIRAUD, G., NAVARRE, J.-P. y COLÉOU, C., 2007. Estabilidad-inestabilidad del manto nivoso. Aproximación estática. METEOFRACTANCE. Centre National de Recherches Météorologiques. Centre d'Etudes de la Neige.

GUYOMARC'H, G. y todo el equipo de formación del CEN, 1996. Los aludes. METEOFRACTANCE. Centre National de Recherches Météorologiques. Centre d'Etudes de la Neige.

INTERNATIONAL ASSOCIATION OF CRYOSPHERIC SCIENCES (IACS), 2009. IACS Contribution N° 1. The International Classification for Seasonal Snow on the Ground. Prepared by the ICSI-UCCS-IACS Working on Snow Classification.

McCLUNG, D. y SCHAEERER, P., 1996. Avalanchas. Ediciones Desnivel.

MUNTER, W., 2007. 3×3 Avalanchas. La gestión del riesgo en los deportes de invierno. Desnivel.

PAHAUT, E. y SERGENT, C., 1991. La nieve. Formación y evolución. METEOFRACTANCE. Centre National de Recherches Météorologiques. Centre d'Etudes de la Neige.

RODRÍGUEZ, J. J., 2017. Distribución espacial y temporal de aludes en la montaña cantábrica. Curso de observación nivológica e interpretación básica de los test de estabilidad.

SCOTTISH AVALANCHE INFORMATION SERVICE. Interpreting Snow Profiles.

THE COMET PROGRAM, 2009. Snowpack and Its Assessment. <https://www.meted.ucar.edu>.

THE COMET PROGRAM, 2010. Avalanche Weather Forecasting. <https://www.meted.ucar.edu>.