



Peligro de aludes con vientos muy fuertes y copiosas nevadas en la borrasca Hugo (Mar 2018)

60

DOI: [10.31978/014-18-009-X.60](https://doi.org/10.31978/014-18-009-X.60)

TOMÁS JOSÉ GUTIÉRREZ COBO Y MARÍA JOSÉ MARTÍN GARCÍA
Delegación territorial (DT) en Aragón, Agencia Estatal de Meteorología (AEMET)

Contribuciones de: GERARDO SANZ ARAÚZ
DT en Aragón, AEMET

El saber orientado a la práctica posee un esquema diferente del saber cuyo único fin es el conocimiento. Si queremos aplicar conocimientos científicos a la práctica, debemos modificar su estructura y transformarlos (y no solamente simplificarlos).

3 x 3 Avalanchas. La gestión del riesgo en los deportes de invierno – WERNER MUNTER

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 y a las infraestructuras. 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 el oleaje en buena parte de España, principalmente el norte y el noroeste. En Picos de Europa cayeron importantes cantidades de nieve, lo que motivó también la emisión de avisos, donde el peligro llegó a estimarse como fuerte (4) en la Escala Europea, que va de 1 a 5. En este capítulo se analiza el proceso operativo en [AEMET](#) de estimación del nivel de peligro de aludes que, a día de hoy, se realiza en base a criterios que siguen siendo fundamentalmente cualitativos, y cómo la incertidumbre de una predicción a tres días añade dificultad a este hecho.

Palabras clave: aludes, ensemble, CDF, Escala Europea de Peligro de Aludes, viento, nieve, Picos de Europa, episodio de aludes en Picos de Europa marzo 2018.

Imagen parte superior: macizo Central de los Picos de Europa, fotografía de TOMÁS JOSÉ GUTIÉRREZ COBO.

60.1 El boletín de peligro de aludes (BPA)

El Boletín de Peligro de Aludes (BPA en adelante) es un producto de predicción de la [Agencia Estatal de Meteorología \(AEMET\)](#) donde se pretende dar una idea de la posibilidad de desencadenamiento de una avalancha en una región determinada y requiere para su implementación la combinación del conocimiento meteorológico con el conocimiento nivológico.

Para el desarrollo del BPA se pueden tener en cuenta diferentes escalas espaciales que abarcan desde una pala concreta hasta una cordillera en su conjunto. En el caso que nos ocupa, se tratará de estimar la probabilidad de desencadenamiento de una avalancha y su tamaño en una escala regional, esto es, a nivel de cordillera o un macizo de la misma, centrandó el estudio en los aspectos meteorológicos del mismo y en cómo la incertidumbre de la predicción puede condicionar en alto grado el peligro final pronosticado. Un BPA debe apoyarse igualmente en datos propios del manto nivoso procedentes de estaciones de montaña (observación de aludes, test de estabilidad, espesor de nieve, atlas de avalanchas, sondeos nivológicos, etc.) y un profundo conocimiento de la nieve y su evolución en el suelo. Generalmente, el método para

producir este pronóstico nivológico 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. Por otro lado, se tendrían los sistemas de pronóstico computerizados que, aunque usualmente son incapaces de asimilar determinadas fuentes de datos, son más objetivos y rápidos (no debe olvidarse el tiempo que podría costar dotar de experiencia a un nivólogo en el caso de la predicción convencional) [7]. No se dispone en la actualidad de reglas generales válidas en cualquier circunstancia sobre la manera de establecer un peligro de aludes a partir de un conjunto de datos. Para ayudar al establecimiento del peligro de aludes, se dispone de la Escala Europea de Peligro de Aludes y de la matriz de la European Avalanche Warning Services (EAWS), Figuras 60.1, 60.2 y 60.3 en la página siguiente.

En primer lugar, se va a realizar una preparación previa a la predicción en la que se estudiarán el clima, las avalanchas recientes, la descripción del manto nivoso, el tiempo pasado de la última semana y 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.

ESCALA DE TAMAÑOS DE ALUDES

Tamaño	Nombre	Clasificación según el potencial destructivo	Clasificación según la zona de llegada
Tamaño 1	Alud pequeño	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 mediano	Podría enterrar, herir o matar a una persona.	El alud se para normalmente al final de la ladera.
Tamaño 3	Alud grande	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 muy 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 extremadamente grande	Podría modificar el paisaje; potencial destructivo desastroso.	El alud llega al fondo del valle; el mayor recorrido conocido.

EAWS 2018

Figura 60.1: Escala de tamaño de aludes. Adaptado de www.avalanches.org.

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 está en general débilmente consolidado y es muy inestable.	Se espera el desencadenamiento espontáneo de numerosos aludes muy grandes e incluso extremadamente grandes, también en laderas solo moderadamente inclinadas*.
4. FUERTE		El manto nivoso está débilmente consolidado en la mayoría de las laderas empinadas*.	Es probable el desencadenamiento incluso a causa de sobrecargas débiles** en muchas laderas empinadas*. En algunos casos, cabe esperar el desencadenamiento espontáneo de numerosos aludes grandes o muy grandes.
3. NOTABLE		El manto nivoso está entre moderada y débilmente consolidado en muchas laderas empinadas*.	El desencadenamiento es posible incluso por sobrecargas débiles**, en particular en las laderas empinadas indicadas en el boletín de peligro de aludes. En algunas situaciones es posible el desencadenamiento espontáneo de aludes grandes y, en casos aislados, muy grandes.
2. LIMITADO		El manto nivoso solo está moderadamente consolidado en algunas laderas empinadas*; en el resto de laderas está en general bien consolidado.	Es posible el desencadenamiento principalmente a causa de sobrecargas fuertes**, en particular en las laderas empinadas* indicadas en el boletín de peligro de aludes.
1. DÉBIL		El manto nivoso está en general bien consolidado.	En general solo es posible el desencadenamiento a causa de sobrecargas fuertes** en zonas aisladas de mucha inclinación*. Espontáneamente solo pueden desencadenarse aludes pequeños o medianos.

EAWS 2018

* 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.

Figura 60.2: Escala Europea de Peligro de Aludes. Adaptado de www.avalanches.org.

EAWS		Probabilidad de desencadenamiento de aludes																			
		Generalmente solo con sobrecargas fuertes				Principalmente con sobrecargas fuertes				Posibles ya con sobrecargas débiles				Probables con sobrecargas débiles				Aludes espontáneos de tamaño 2 posible	Aludes espontáneos de tamaño 3, en algunos casos de tamaño 4 posible	Muchos aludes espontáneos de tamaño 3, en varios casos de tamaño 4 probable	Numerosos aludes espontáneos de tamaño 4, con frecuencia de tamaño 5 probable
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	2	3	1	1	2	3					1	2		
	Zonas peligrosas en algunas pendientes	1	2	2	3	1	2	2	3	1	2	3	4	2	3	3	4	2	3	3	
	Zonas peligrosas en muchas pendientes (identificables)	1	2	2	3	2	2	3	4	2	3	3	4	3	4	4	4	2	3	4	4
	Zonas peligrosas en muchas / la mayor parte de pendientes (no identificables)									3	4	4	4	3	4	4	4	3	4	4	5
	Zonas peligrosas también en terreno de inclinación moderada													4	4	5	5		4	5	5

Figura 60.3: Matriz EAWS (ver texto). Adaptado de www.avalanches.org.

La siguiente parte del proceso de elaboración del BPA, y en la que más nos detendremos, será la predicción meteorológica de los parámetros que pueden afectar al peligro de aludes.

En tercer lugar, se realizará la predicción del peligro de aludes asimilando todos los datos descritos en los apartados anteriores.

Acto seguido se analizará, desde un punto estrictamente meteorológico, lo sucedido entre los días 23 y 25 de marzo para los que se ha estudiado el peligro de aludes.

Es preciso destacar el impacto social que tiene un pronóstico de estas características pues la montaña, año tras año, atrae a mayor número de personas y el peligro condiciona las actividades que se realizan en ella. Asimismo, algunos gestores de carreteras toman decisiones respecto a su apertura en función del peligro de aludes pronosticado. Dos ejemplos son las carreteras por las que se accede a los Baños de Panticosa y a Llanos del Hospital, dos puntos neurálgicos del turismo en el Pirineo aragonés.

En este capítulo se va a exponer la realización del BPA que se emitió el jueves 22 de marzo de 2018 con validez para el viernes 23, sábado 24 y domingo 25 de marzo de 2018 en Picos de Europa, haciendo hincapié en la incertidumbre de una predicción en zona de montaña con una validez de 3 días.

60.2 Preparación de la predicción

Las características geográficas y climáticas que definen los Picos de Europa se describen en el capítulo 45 en la página 689, donde se destaca una altitud moderada y marcados rasgos oceánicos con una precipitación que puede superar los 2500 l/m² al año por encima de 1500 metros en la fachada norte. Como suele ocurrir en las zonas de montaña, la topografía hace que los espesores de nieve se distribuyan de manera irregular.

En el BPA emitido el jueves 15 de marzo se hablaba de un manto estabilizado con costras de rehielo muy duras en su interior. Espesores variables de 60 cm en cotas medias y 150 cm en cotas altas (mayor en zonas de acumulación). Placas y cornisas en orientaciones preferentemente norte y este. Para el fin de semana se predijeron temperaturas en descenso, nevadas moderadas y vientos moderados de NW. Por lo tanto, para el viernes 16 y el sábado 17 se estableció un peligro limitado (2) por nieve reciente y nieve venteadada, esperándose aludes de tamaño 2. El domingo 17 el boletín predijo un peligro de aludes notable (3) y se esperaban aludes de tamaño 3.

Los datos meteorológicos de la semana comprendida entre el 15 y el 22 de marzo se obtienen de las Estaciones Meteorológicas Automáticas (EMA) situadas en la zona, figura 60.4.

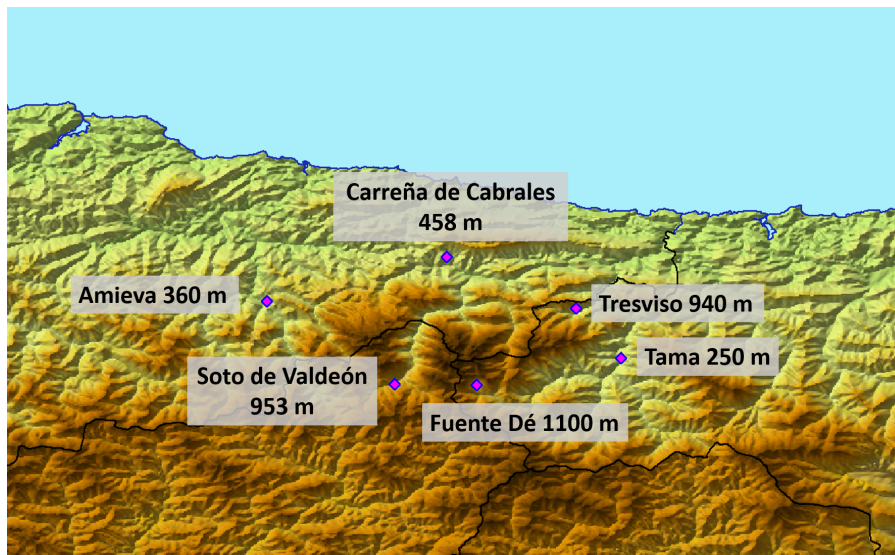


Figura 60.4: EMA utilizadas para el tiempo pasado en Picos de Europa, mapa elaborado con SAGA. Fuente: AEMET.

Sintetizando la información del tiempo pasado:

- Precipitaciones continuas y abundantes, con acumulaciones que pueden ser cercanas a los 100 mm en 5 días.
- Las nevadas han caído con vientos moderados o fuertes del N y del W.
- Temperaturas bajas, con heladas débiles a unos 1000 metros en Picos de Europa, con lo que probablemente las heladas a mayores altitudes hayan sido de mayor entidad y con máximas negativas.

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. Cielo despejado, viento en calma, heladas débiles y temperaturas agradables al sol a mediodía. 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. Por debajo de 1500 metros la llovizna caída el miércoles 21 ha favorecido la formación de una costra de rehielo durante la noche. Por encima de esa cota, nieve seca y venteada, con facetitas en superficie en las umbrías (lo que constituye una capa débil), algo esperable por las heladas en cotas bajas que tuvimos en cotas cercanas a los 1000 metros en Picos de Europa (y que podemos suponer de mayor magnitud en cotas más altas). Se describe el manto como bastante 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, una de las señales más importantes de la existencia de peligro de aludes, en el sector de la observación (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 (Sotres) se reporta un alud de placa natural en orientación NW de tamaño 3 y otro por caída de cornisas en orientación SE de tamaño 2. También se reportan aludes naturales de tamaño 3 de placa en la zona del Jierro en el Macizo Oriental y en ambas vertientes del Escamellau.

Se llevaron a cabo dos sondeos nivológicos (en la Canal de San Luis y en Jario) y varios test de estabilidad en Picos de Europa el jueves 22 de marzo. A continuación se señalan las consecuencias más importantes extraídas de los mismos.

Debido al tipo de grano y a la temperatura, se estima que en el sondeo de Jario la cohesión de los primeros 40 cm no es muy elevada, pudiendo ser nieve movilizable en caso de un episodio ventoso en los días siguientes. El grano fino cifrado en la Canal de San Luis está mejor cohesionado y es más difícil de movilizar. El gradiente de temperatura existente en la Canal de San Luis, en caso de prolongarse en el tiempo (es decir, temperaturas frías), podría suponer el debilitamiento de la cohesión de la capa superior de grano fino.

Los test de estabilidad no manifiestan grandes inestabilidades en las zonas analizadas, quizás menor de la esperada tras valorar el tiempo pasado y apreciar acumulaciones importantes con frío y viento. No obstante, la observación de aludes 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. El único dato que a este respecto se reporta es el peligro limitado (2) observado por los compañeros que realizaron el perfil de la Canal de San Luis, que además coincide con el perfil aparentemente más estable de los tres que disponemos.

60.3 Predicción meteorológica

Se analiza el panorama sinóptico. En la Figura 60.5 en la página siguiente se presenta la situación en 300 hPa, en la Figura 60.6 en la página siguiente la de 500 hPa y en la Figura 60.7 en la página 897 la de 850 hPa.

En 300 hPa se pasa de una situación más o menos estable el viernes 23 a las 00 UTC a tener la formación de una baja en el cantábrico el sábado 24 a las 00 UTC, con una destacada anomalía fría de unos $-32\text{ }^{\circ}\text{C}$ en niveles medios (la borrasca que posteriormente se denominaría Hugo) con una profundización de la vaguada que se atisbaba al oeste el día anterior, afectando ya de lleno la zona de interés. El domingo 25 a las 00 UTC se aprecia que esta baja ha recorrido el norte peninsular y la zona de interés queda aún bajo los efectos de la vaguada, con frío en niveles altos y flujo del norte, aunque menor gradiente bórico y una anomalía fría en niveles medios menos intensa que el sábado 24 a las 00 UTC.

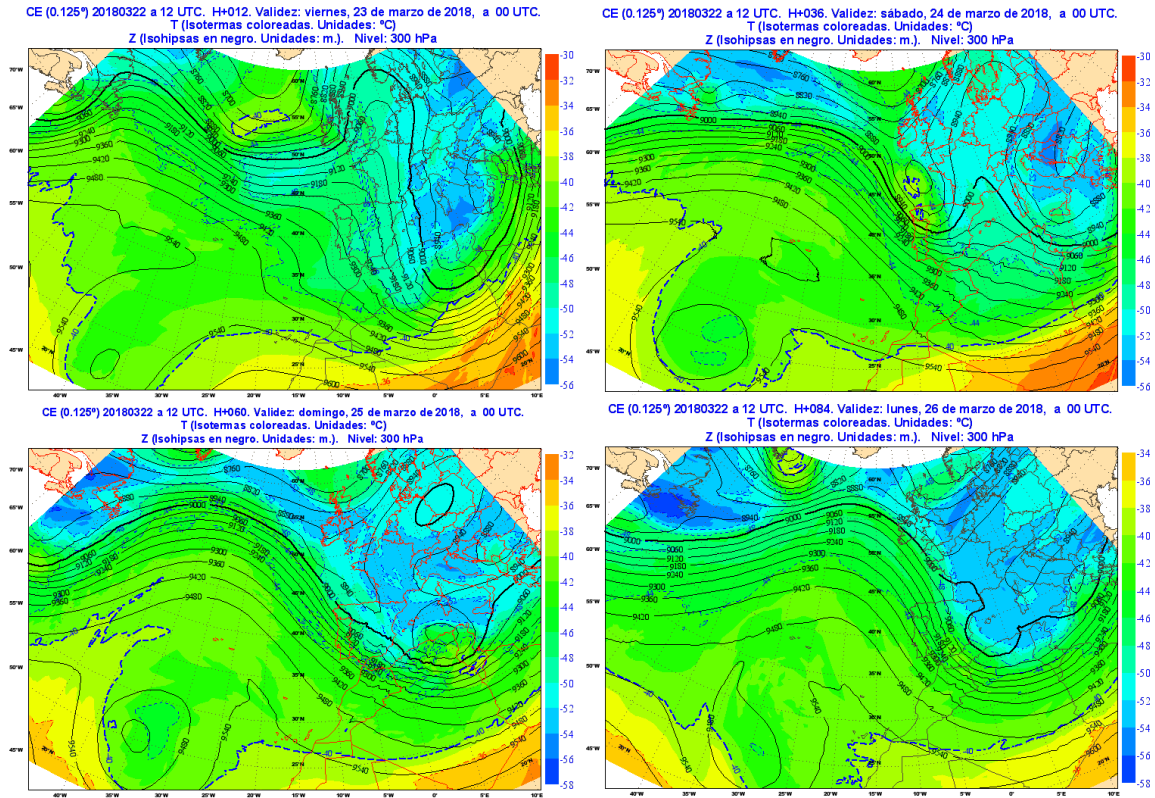
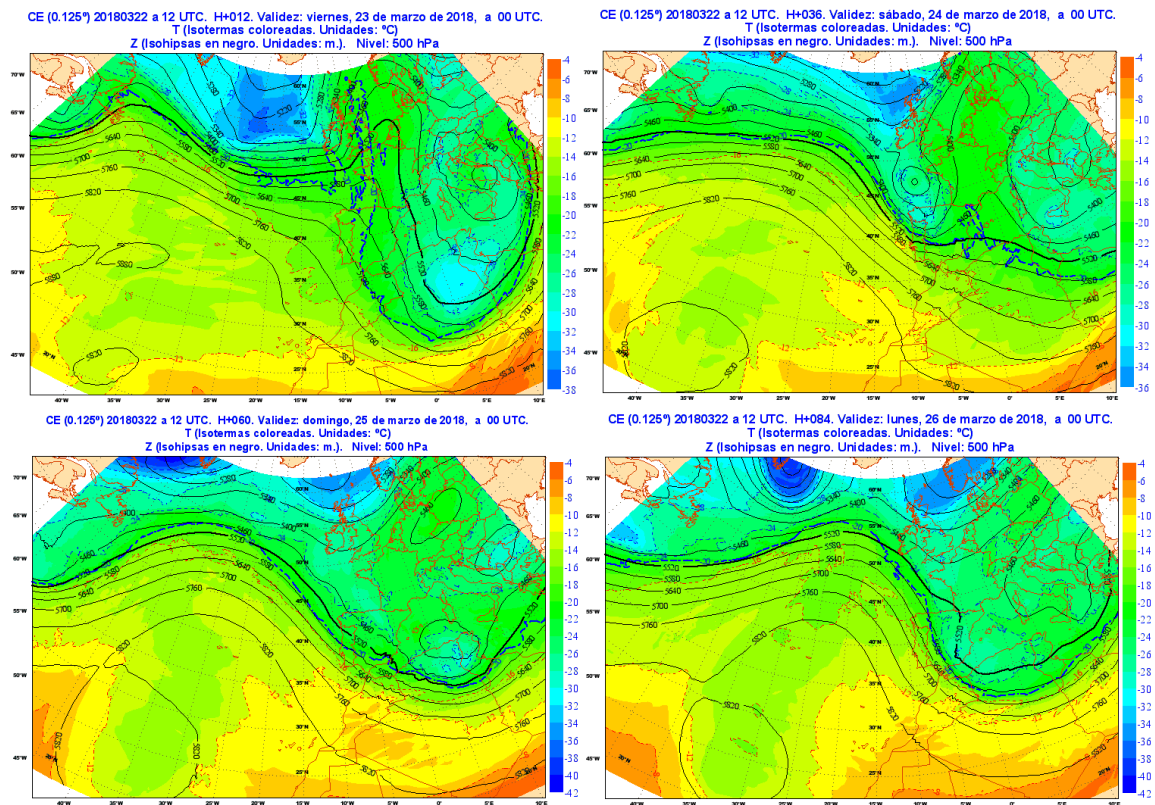


Figura 60.5: Isobias y temperatura en 300 hPa previstas por el modelo ECHRES (sec. 19.2 en la página 291) para los días 23, 24, 25 y 26 de marzo a las 00 UTC. Fuente: AEMET.



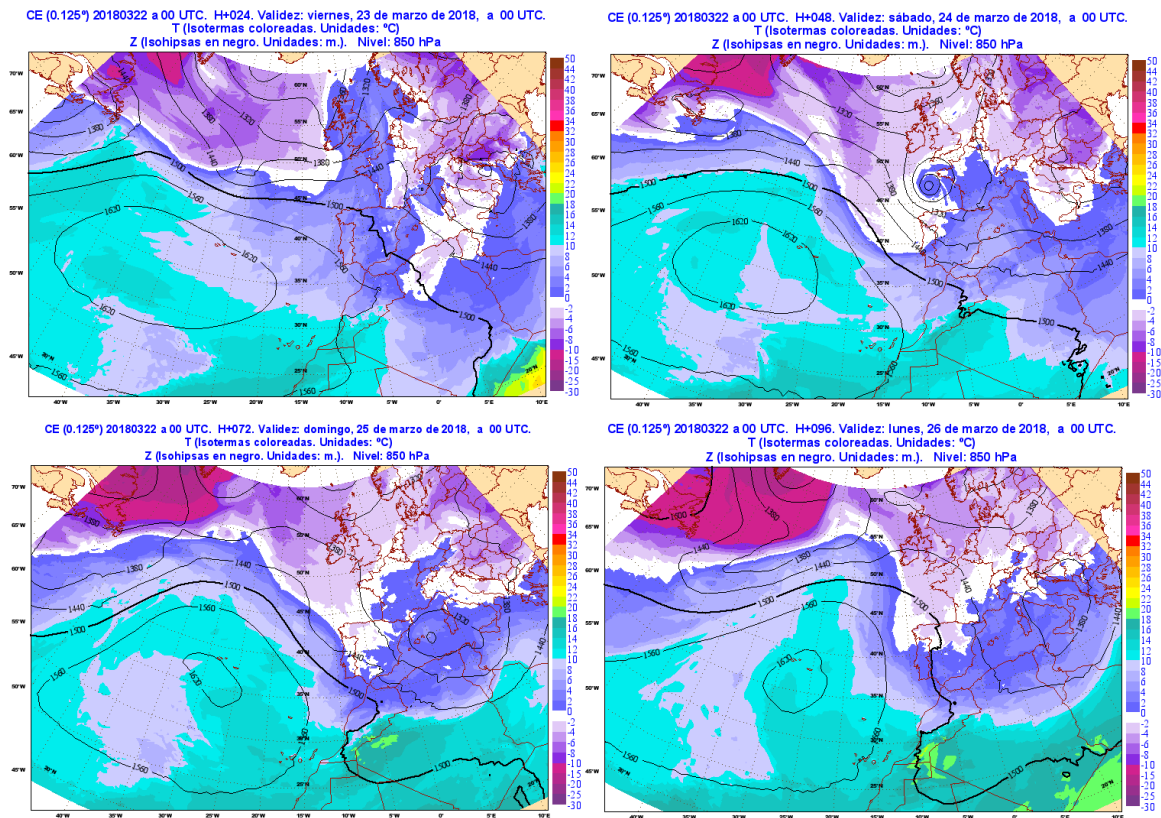


Figura 60.7: Como en la Figura 60.5 en la página anterior, pero para 850 hPa. Fuente: AEMET.

Finalmente, se aprecia cómo el lunes 26 a las 00 UTC el gradiente bórico en la zona se ha recuperado y, al igual que ocurría el sábado 24 a las 00 UTC, el flujo de norte en 300 hPa es intenso, situación típica de importantes nevadas en la región cantábrica (aunque tiene algo de convergencia en este nivel).

Si se analizan conjuntamente la imagen de 300 hPa y la de 850 hPa se aprecia 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.

Mirando la predicción probabilista del ECMWF (ECENS, cap. 19.3 en la página 293) podemos esbozar una idea de la incertidumbre existente. Se muestra Fuente Dé en representación de la vertiente sur, figuras 60.8 en la página siguiente y 60.9 en la página 899; y Tresviso en representación de la vertiente norte, figuras 60.10 en la página 900 y 60.11 en la

página 901. Sólo se muestran las CDF del sábado 24 y del domingo 25 de marzo de 2018.

En el EPSgrama de Fuente Dé, figura 60.8 en la página siguiente, destacan las precipitaciones del sábado y cómo el modelo determinista de alta resolución (línea azul) es el que presenta un escenario más adverso. También destaca la enorme incertidumbre que hay el domingo, día para el que se predicen en general precipitaciones mucho menos cuantiosas que el sábado, pero con algunos miembros del EPSgrama que dan cantidades similares a las del sábado. En la CDF del sábado 24, figura 60.9 en la página 899 a la izquierda, se aprecia que prácticamente el 70% de los miembros dan precipitaciones por encima del máximo de la climatología del modelo, lo que avisa de un episodio singular. Respecto al viento, el EPSgrama no da vientos medios muy intensos pero la CDF prevé rachas comprendidas entre 25 y 30 m/s (90 a 108 km/h), que incluso excepcionalmente podrían superarse. En cuanto a las temperaturas, el viernes se espera un aumento de las temperaturas, y el sábado un descenso, intensificándose las heladas. El domingo las mínimas se esperan similares al sábado pero con mayores temperaturas a mediodía.

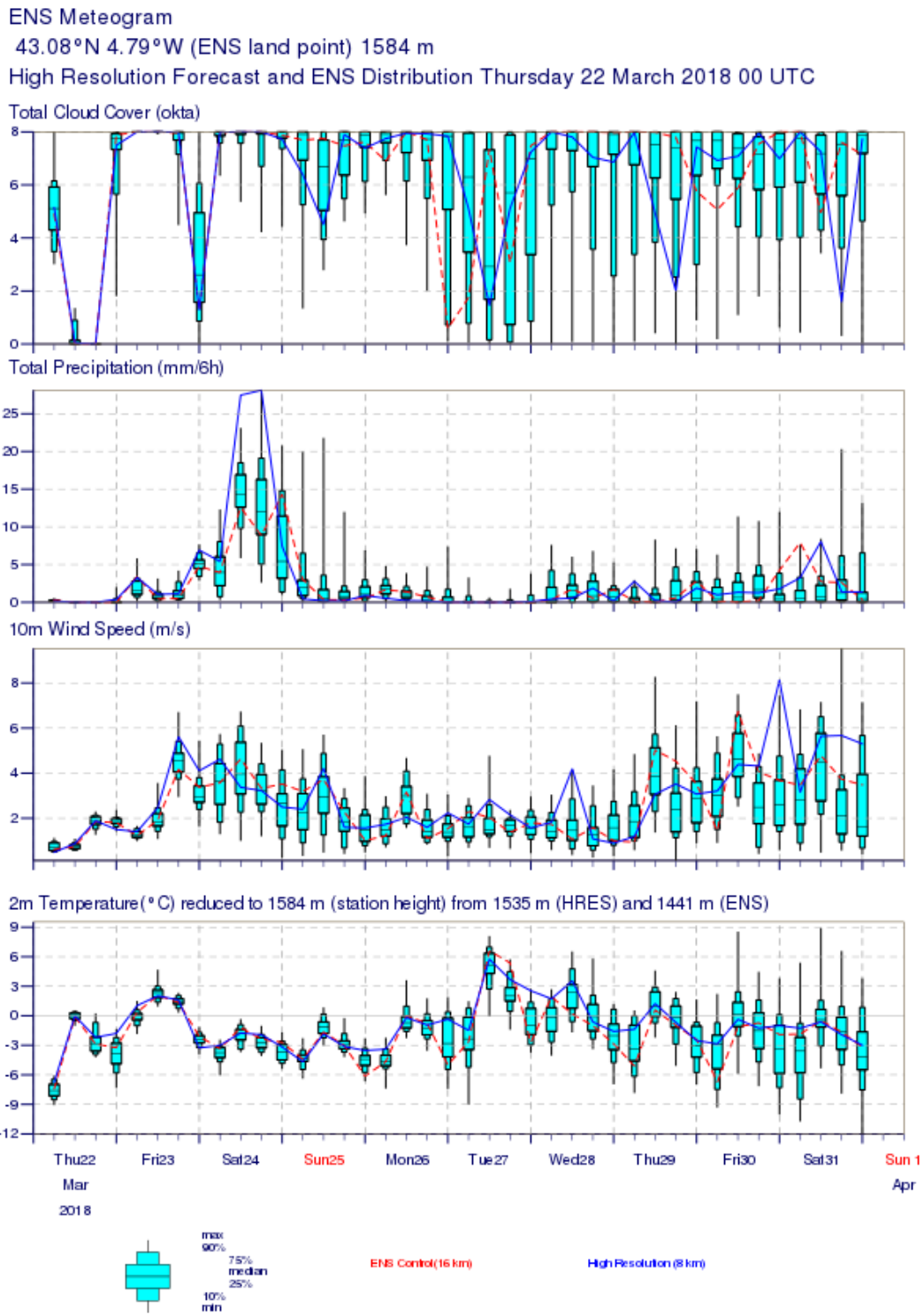
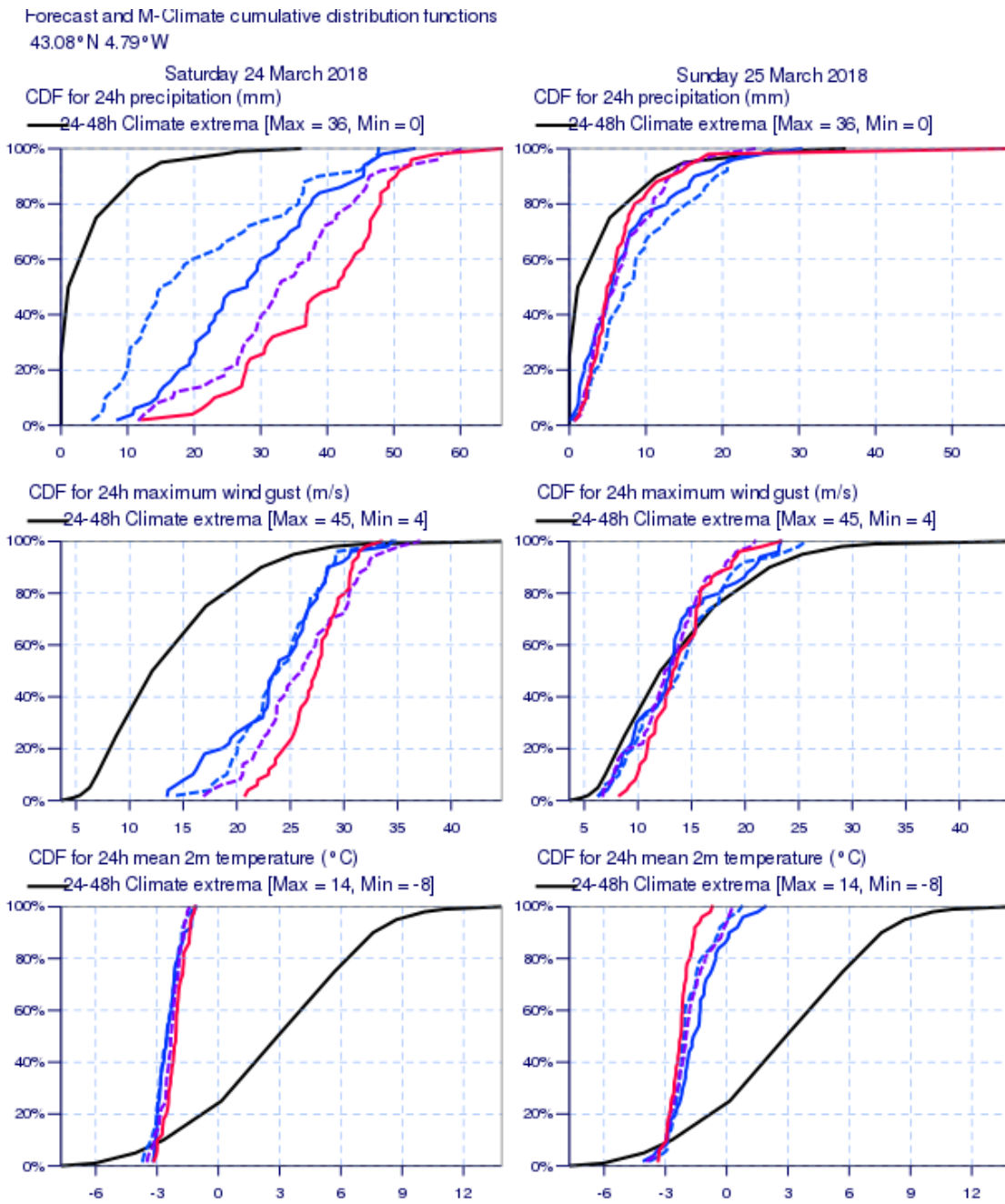


Figura 60.8: EPSgrama del ECMWF para Fuente Dé. Fuente: *European Centre for Medium-range Weather Forecasts -Centro Europeo de Predicción a Plazo Medio- (ECMWF).*



M-Climat: this stands for Model Climat. It is a function of lead time, date (+/-15days), and model version. It is derived by rerunning all member ensemble over the last 20 years twice a week (1980 realisations). M-Climat is always from the same model version as the displayed ENS data. On this page only the 24-48 lead M-Climat is displayed.

Figura 60.9: CDF válidas el sábado 24 de marzo (izquierda) y el domingo 25 de marzo (derecha) de 00 UTC a 24 UTC para Fuente Dé. Fuente: ECMWF.

En Tresviso, la situación es algo diferente. En el caso de las precipitaciones, figura 60.10, ahora es el miembro de control (línea roja, de menor resolución que el determinista pero con las mismas condiciones iniciales) del EPSgrama el que predice precipitaciones más intensas el sábado. Nuevamente destaca la enorme incertidumbre del domingo, con precipitaciones en

general débiles pero con miembros del EPSgrama que dan acumulados superiores a los 20 mm en 6 horas. Destaca en ambos ejemplos la notoria diferencia entre las salidas de precipitación del modelo determinista de alta resolución y del modelo de control, cuya diferencia principal es la resolución del modelo.

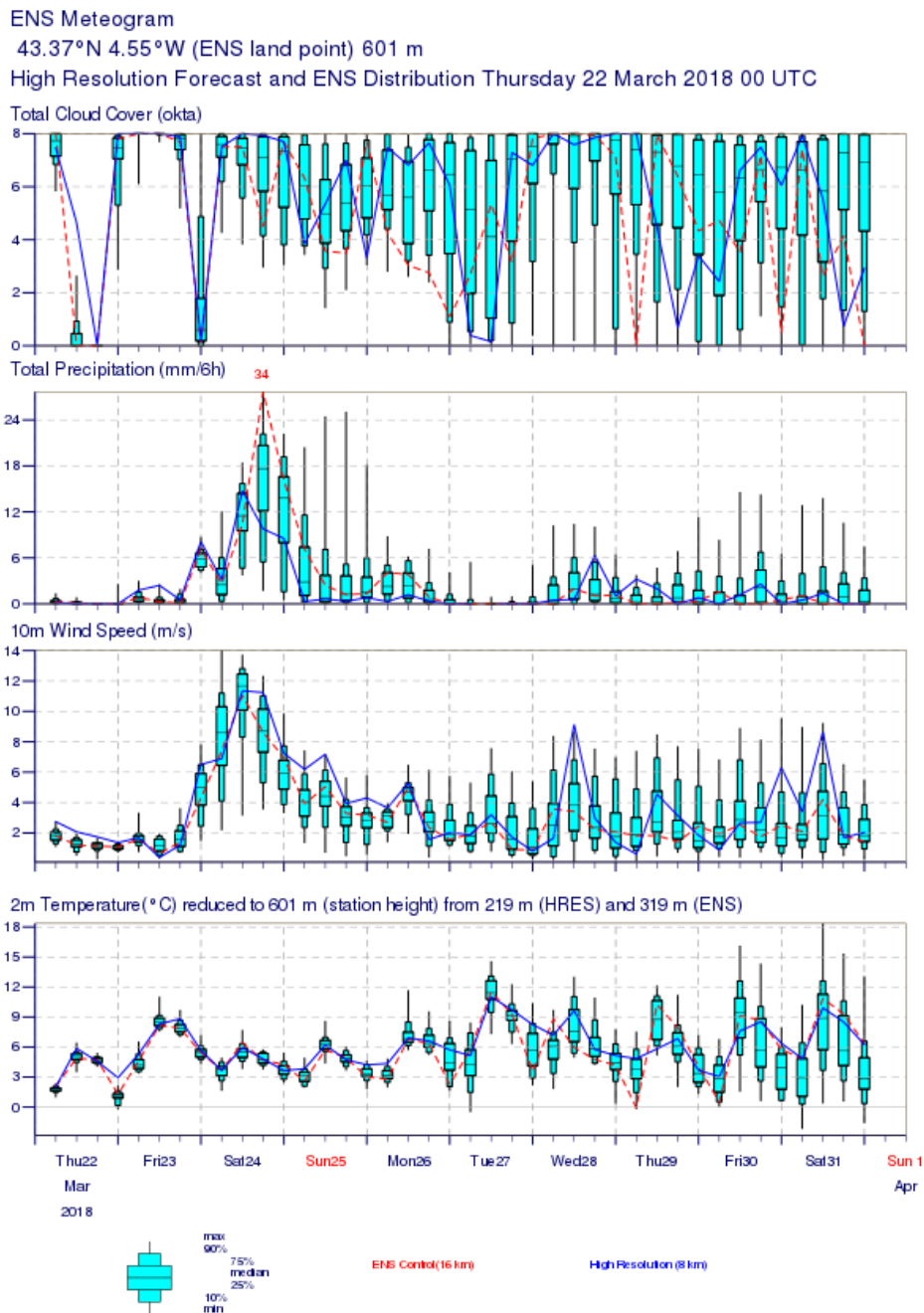


Figura 60.10: EPSgrama del ECMWF para Tresviso. Fuente: ECMWF.

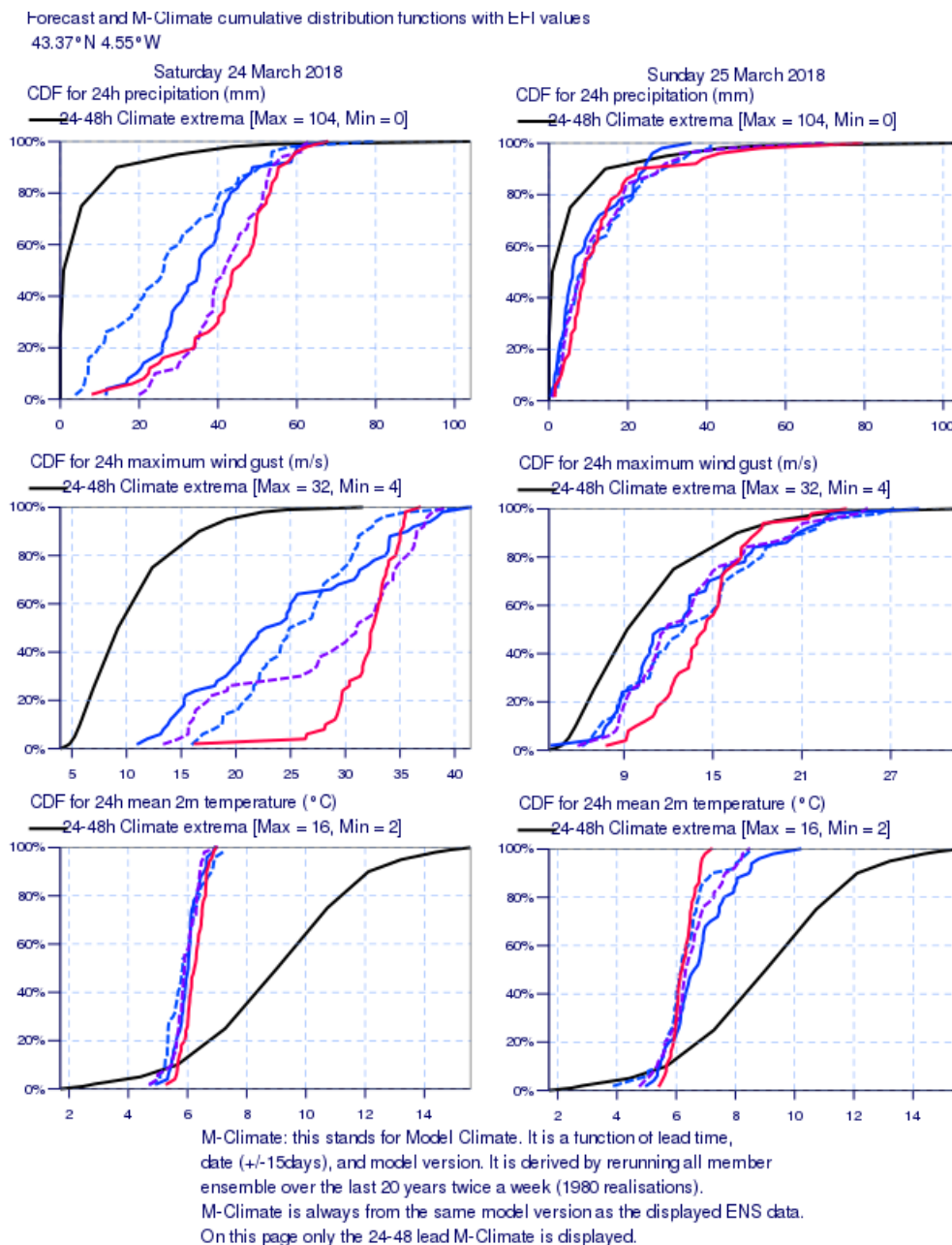


Figura 60.11: CDF válidas el sábado 24 de marzo (izquierda) y el domingo 25 de marzo (derecha) de 00 UTC a 24 UTC para Tresviso. Fuente: ECMWF.

Recurriendo a la CDF del sábado en Tresviso, figura 60.11, las precipitaciones esperadas, aunque son similares (o incluso superiores) a las previstas en Fuente Dé, no son tan singulares respecto a la climatología del modelo. Lo que destaca sobremanera es el viento. Ya el EPSgrama muestra vientos medios más intensos en Tresviso que en Fuente Dé. Analizando la CDF del sábado en Tresviso, figura 60.11 a la izquierda, vemos que el 75% de miembros del ECENS espera vientos en Tresviso por encima de 30 m/s (108 km/h)

y en torno al 70% de miembros del ECENS están por encima de la racha máxima de la climatología del modelo. Respecto a las temperaturas, éstas son mucho más altas que en Fuente Dé (consistente con los puntos de Fuente Dé y Tresviso en la orografía del modelo, 1584 y 601 metros respectivamente, distan casi 1000 metros en la vertical). 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.

Se muestran a continuación los mapas deterministas del ECHRES previstos de precipitación en forma de nieve en milímetros de agua equivalente del jueves, viernes sábado y domingo, figura 60.12; la precipitación máxima del ECENS del jueves, viernes, sábado y domingo, figura 60.13; las probabilidades de nevadas

por encima de 10 mm y de 40 mm de agua equivalente del sábado y del domingo, figura 60.14 (el jueves y el viernes la probabilidad de precipitación de nieve de más de 10 mm de agua equivalente está por debajo del 2% por lo que no se muestran los mapas).

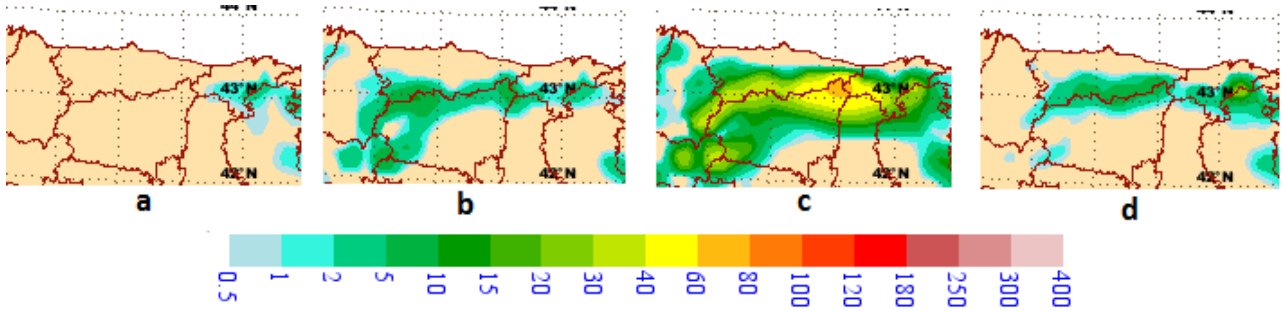


Figura 60.12: Precipitación en forma de nieve (equivalente en agua en mm) prevista por el ECHRES, modelo determinista de alta resolución del ECMWF en la salida del 22 de marzo a las 00 UTC para (a) jueves 22 de marzo, (b) viernes 23 de marzo, (c) sábado 24 de marzo y (d) domingo 25 de marzo. Fuente: AEMET.

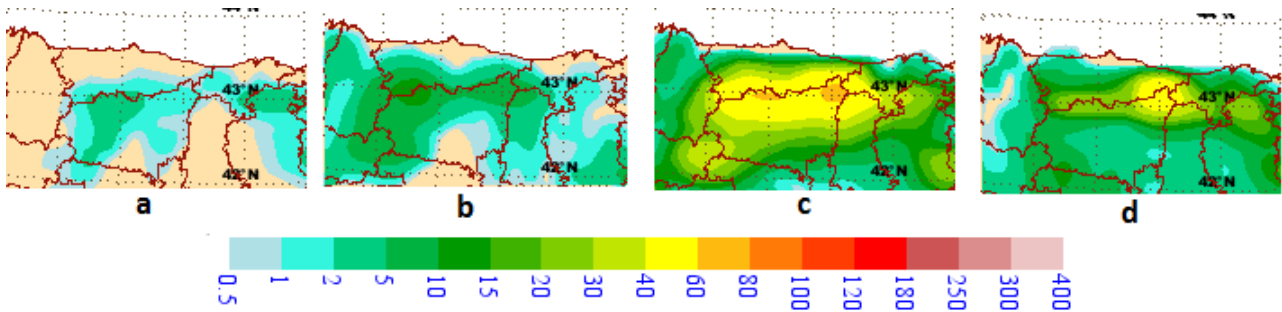


Figura 60.13: Precipitación en forma de nieve (equivalente en agua en mm), máxima del ECENS, en la salida del 22 de marzo a las 00 UTC para (a) jueves 22 de marzo, (b) viernes 23 de marzo, (c) sábado 24 de marzo y (d) domingo 25 de marzo. Fuente: AEMET.

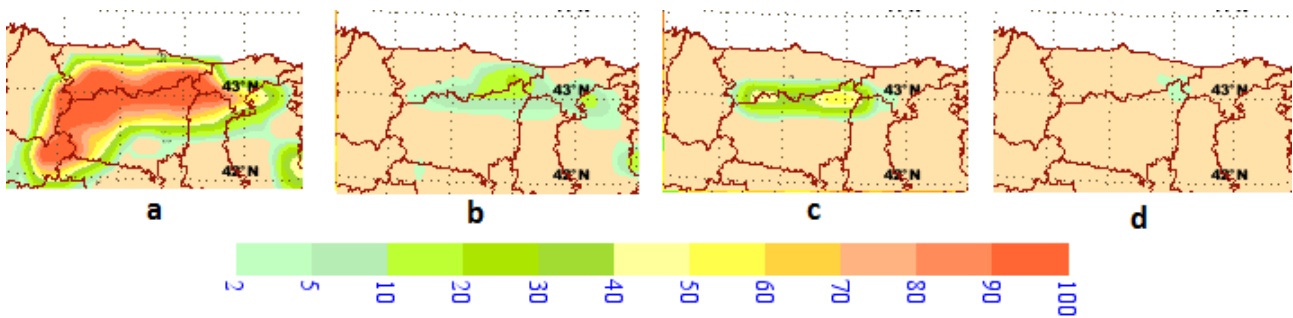


Figura 60.14: Probabilidad de precipitación en forma de nieve según el ECENS, en la salida del 22 de marzo a las 00 UTC para (a) sábado 24 de marzo, precipitación superior a 10 mm de agua equivalente, (b) domingo 25 de marzo, precipitación superior a 10 mm de agua equivalente, (c) sábado 24 de marzo, precipitación superior a 40 mm de agua equivalente y (d) domingo 25 de marzo, precipitación superior a 40 mm de agua equivalente. Fuente: AEMET.

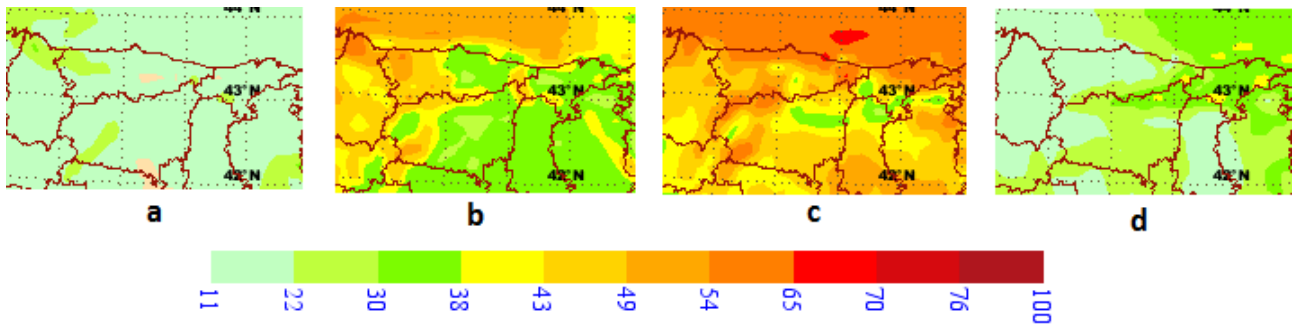


Figura 60.15: Racha máxima en nudos prevista por el ECHRES en la salida del 22 de marzo a las 00 UTC para (a) jueves 22 de marzo, (b) viernes 23 de marzo, (c) sábado 24 de marzo y (d) domingo 25 de marzo. Fuente: AEMET.

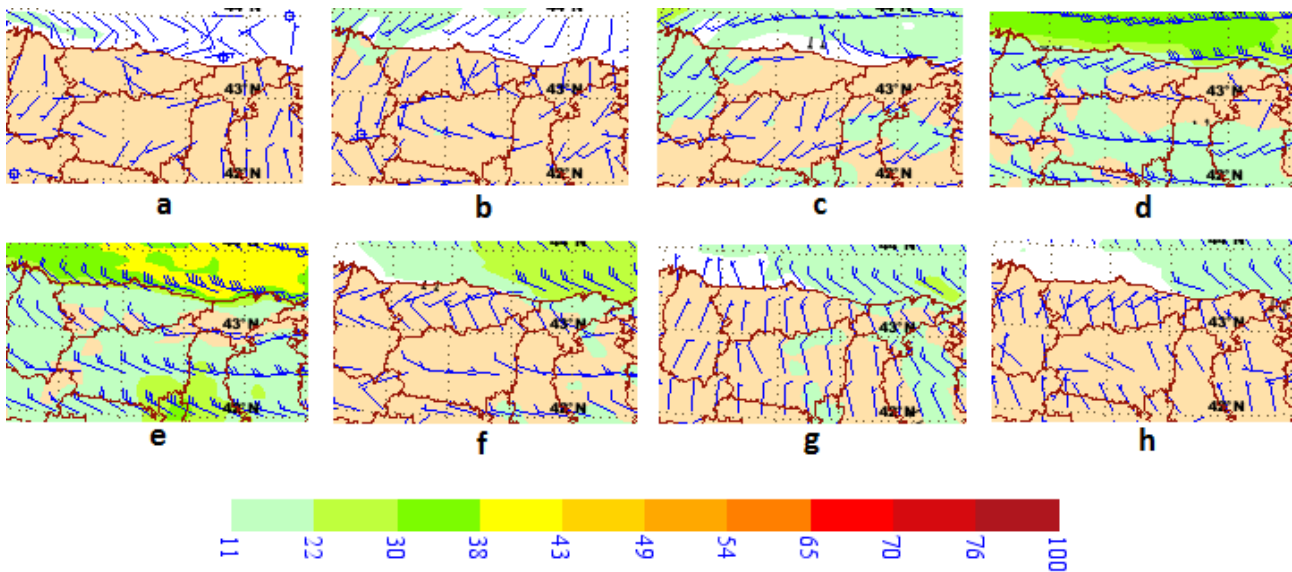


Figura 60.16: Velocidad media en nudos y dirección del viento a 10 metros prevista por el ECHRES en la salida del 22 de marzo a las 00 UTC para (a) jueves 22 de marzo a las 12 UTC, (b) viernes 23 de marzo a las 00 UTC, (c) viernes 23 de marzo a las 12 UTC, (d) sábado 24 de marzo a las 00 UTC, (e) sábado 24 de marzo a las 12 UTC, (f) domingo 25 de marzo a las 00 UTC, (g) domingo 25 de marzo a las 12 UTC y (h) lunes 26 de marzo a las 12 UTC. Fuente: AEMET.

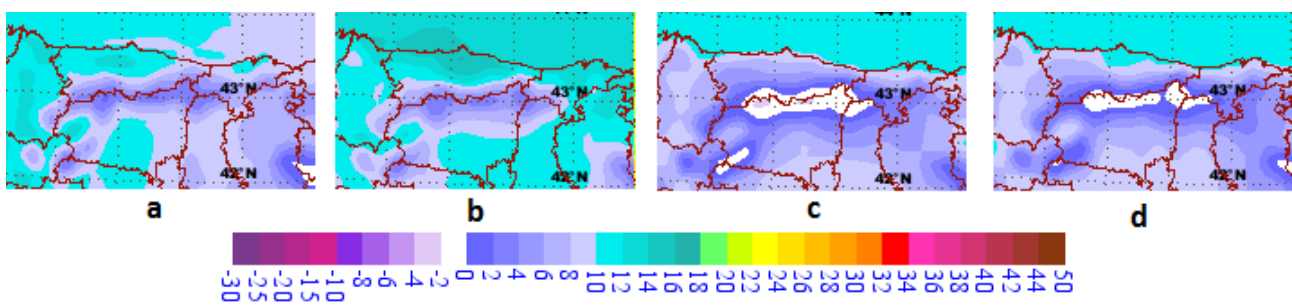


Figura 60.17: Temperatura máxima prevista por el modelo ECHRES en la salida del 22 de marzo a las 00 UTC para (a) jueves 22 de marzo, (b) viernes 23 de marzo, (c) sábado 24 de marzo y (d) domingo 25 de marzo. Fuente: AEMET.

La racha máxima del jueves, viernes, sábado y domingo, figura 60.15; la dirección del viento cada 12 horas entre el jueves a las 12 UTC y el lunes a las

00 UTC, figura 60.16; y la temperatura máxima del jueves, viernes, sábado y domingo, figura 60.17.

Los vientos en Picos de Europa se esperan flojos va-

riables 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. Las temperaturas máximas tendrán un claro descenso el sábado y el domingo, con heladas que persistirán durante toda la jornada.

A la vista de lo expuesto hasta ahora, ya que los dos días más complicados serán el sábado y el domingo, no se mostrarán imágenes del modelo HARMONIE-AROME (sec. 20.4 en la página 310) puesto que la pasada del jueves a las 00 UTC alcanza únicamente el sábado a las 00 UTC. En cualquier caso, visto el SPC del ECMWF, el ECENS, cabe esperar tanto en precipitación como en viento un episodio singular que puede dar lugar a un aumento importante en el peligro de aludes y cuyas variables meteorológicas alcanzarán la mayor adversidad el sábado; parece que con bastante seguridad respecto al viento y con mayor incertidumbre respecto a la precipitación.

60.4 Predicción nivológica

Partiendo de un peligro de aludes limitado (2) observado el jueves 22 de marzo de 2018, este día se espera que sea un día de viento en calma y temperaturas relativamente altas a mediodía. No se esperan nevadas de importancia.

El viernes 23 de marzo se esperan acumulaciones en torno a 10 cm en Picos de Europa, más probables al final del día. De hecho, hasta el final del día las precipitaciones serán principalmente en forma de lluvia en cotas medias y bajas, lo que unido al ascenso térmico diurno puede dar lugar a la humidificación del manto y a la aparición del problema de nieve húmeda. Se van a asentar estas nevadas sobre capas débiles en cotas altas, pues las temperaturas no habrán sido lo suficientemente altas como para cohesionar la nieve caída en el episodio que acabó el miércoles 21 de marzo. El viento se espera que sople con bastante intensidad al final de este día, pudiendo haber rachas de más de 70 km/h. Estas rachas podrían acumular espesores y formar placas en vertientes este y nordeste en aquellas cotas y momentos en que las precipitaciones sean en forma de nieve. Esto, unido a las posibles estructuras de placa ya existentes, los aludes observados y el viento del tiempo pasado también da lugar al peligro de nieve venteada. Debido a la intensidad de viento y

las capas débiles sobre las que podrían asentarse las nuevas nevadas o la nieve desplazada de nevadas anteriores, el peligro puede alcanzar el grado de notable (3).

El sábado 24 de marzo el panorama se complica sobremanera. Las cantidades acumuladas pueden superar los 50 cm y el viento los 90 km/h en Picos de Europa. De acuerdo con MUNTER, 2007 [10], esto daría lugar a un peligro fuerte (4) de nieve reciente. Además, la acumulación de nieve en vertientes este y sur podría hacer que hubiera pendientes en las que el peligro fuera aún mayor. 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 de tamaño 3 ó 4. Como factores atenuantes a este posible peligro fuerte (4), habría que tener en cuenta que las nevadas se producirán a temperaturas no excesivamente bajas (parece que sensiblemente por encima de $-8\text{ }^{\circ}\text{C}$, que es el límite que cifra [10] para discernir entre condiciones favorables y desfavorables) y que además, según [7], cuando el viento supera los 80 km/h, 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 [10] nos encontraríamos entre peligro notable (3) y peligro fuerte (4) por nieve venteada, siendo más alto en cotas altas, donde la nieve nueva se depositará sobre un manto menos asentado que en cotas bajas, donde el manto habrá sufrido humidificación por la lluvia y las temperaturas del jueves y del viernes, y además los espesores acumulados son menores.

Según [6], 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 autor establece para hablar de peligro general para todo el macizo. Si entráramos en la matriz de la EAWS, figura 60.3 en la página 893, por la fila *Zonas peligrosas en muchas pendientes* y teniendo en cuenta los siguientes umbrales con los que se trabaja en el Grupo de Predicción y Vigilancia de Zaragoza:

- Hasta 30 cm: aludes de tamaño 2.
- De 30 a 60 cm: aludes de tamaño 3.
- Más de 60 cm: aludes de tamaño 4.

Se puede pensar en aludes de tamaño 3 ó 4 en Picos de Europa, lo que da lugar, según la matriz de la EAWS (Figura 60.3 en la página 893), a peligro fuerte (4) por nieve reciente en las zonas de máxima acumulación (cotas altas) de este macizo.

Para el domingo, no se esperan grandes cambios en las temperaturas. Esto, unido a la continuación de las nevadas y en contraposición el asentamiento del manto debido a las importantes nevadas del día anterior, nos lleva a pensar en un nivel de peligro de aludes similar. 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, figura 60.13 en la página 902. 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, es lógico mantener el peligro pronosticado para el sábado por nieve reciente y nieve venteadada.

60.5 Evolución meteorológica

Se presentan a continuación varios mapas de observaciones entre el jueves 22 de marzo y el domingo 25 de marzo. Hay que tener mucho cuidado a la hora de interpretar estos mapas pues se trata de interpolaciones

espaciales a partir de los datos obtenidos de las EMA de AEMET. El método de interpolación funciona mal con la temperatura en altura, fundamentalmente en episodios de inversiones. No obstante, no se trata el actual de un episodio de inversión, a pesar de lo cual se va a centrar el análisis en aspectos cualitativos en el caso de la temperatura. En la figura 60.18 se presentan las temperaturas máximas. Se aprecia un claro descenso de las mismas durante el fin de semana, con heladas persistentes tal como se esperaba del modelo numérico.

En la figura 60.19 en la página siguiente se muestra la precipitación. Se ha decidido no incluir la precipitación en forma de nieve puesto que el número de puntos para la interpolación era escaso. Se insiste en el hecho de tener en cuenta la falta de observaciones en altura, que es realmente el entorno espacial para el que se realiza el BPA, lo que supone una gran limitación de cara a comprobar la validez de los pronósticos realizados (otra importante limitación es la carencia de un método de validación del BPA). A pesar de ello, se aprecia que la precipitación superó los 10 mm el viernes, los 30 ó 40 mm el sábado y, lo que es más interesante, los 40 mm el domingo, que finalmente fue en apariencia (en base a las estaciones disponibles, la más alta del entorno de Picos de Europa a 1100 metros) el día de mayores precipitaciones en Picos de Europa.

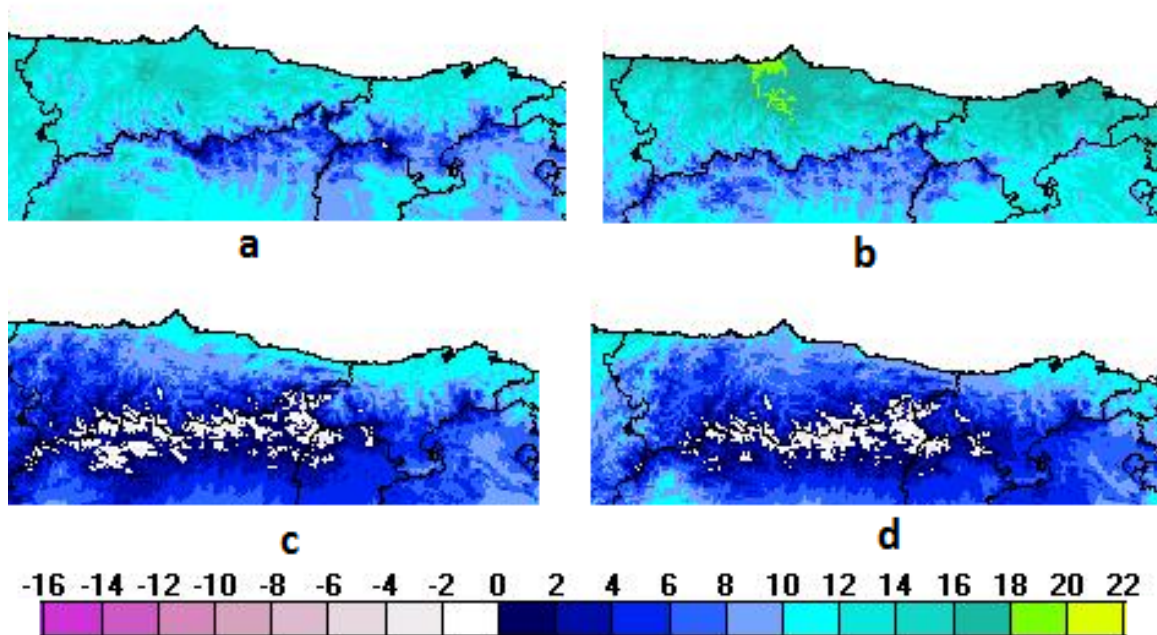


Figura 60.18: Temperatura máxima. (a) Jueves 22 de marzo, (b) viernes 23 de marzo, (c) sábado 24 de marzo y (d) domingo 25 de marzo. Fuente: AEMET.

Ya se ha comentado la gran incertidumbre existente en la predicción de precipitación del domingo y lo que se muestra en la Figura 60.19 es que finalmente los miembros más adversos del EPSgrama son los que han mostrado mayor acierto en las precipitaciones. Un día que parecía que iba a ser relativamente seco, al final ha sido el que más precipitaciones ha acumulado

según los datos registrados.

Las rachas máximas registradas, figura 60.20, han tenido intensidad débil el jueves, han ganado intensidad el viernes, han sido muy intensas el sábado y finalmente han sido mucho más débiles el domingo, respondiendo al patrón esperado en la predicción.

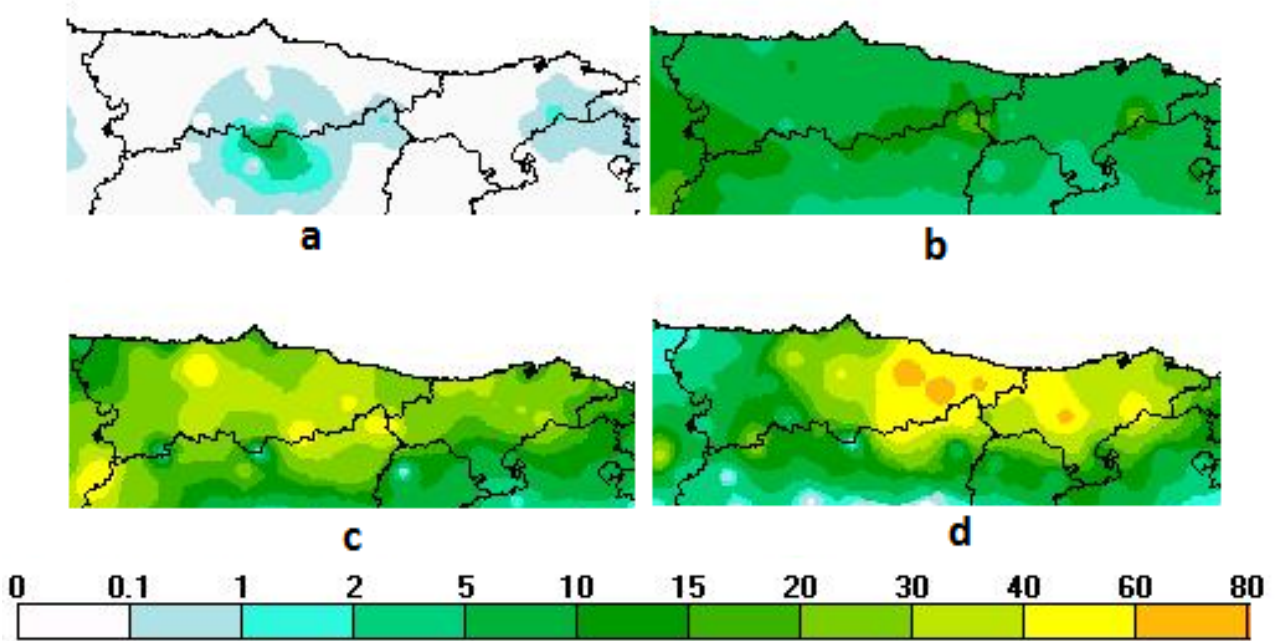


Figura 60.19: Precipitación. (a) Jueves 22 de marzo, (b) viernes 23 de marzo, (c) sábado 24 de marzo y (d) domingo 25 de marzo. Fuente: AEMET.

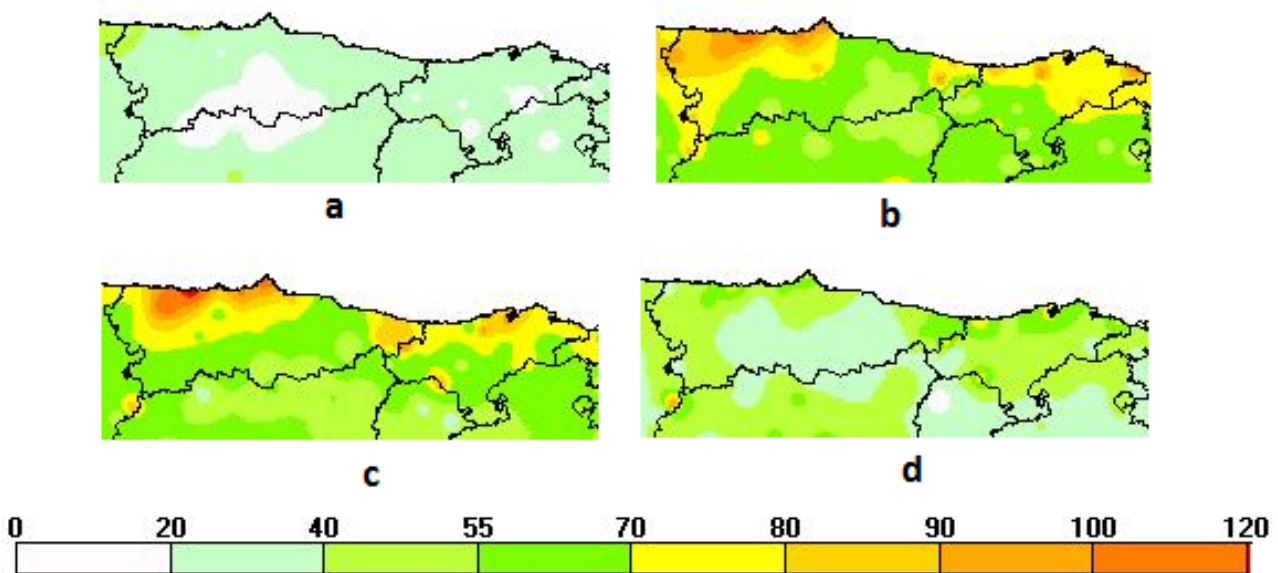


Figura 60.20: Racha máxima, en km/h, (a) jueves 22 de marzo, (b) viernes 23 de marzo, (c) sábado 24 de marzo y (d) domingo 25 de marzo. Fuente: AEMET.

60.6 Conclusiones

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

- Definición cualitativa de los grados de peligro en la Escala Europea de Peligro de Aludes.
- Ausencia de criterios objetivos en la bibliografía que definan el grado de peligro de aludes.
- Pocas medidas nivológicas y una periodicidad menor de la deseable.
- Falta de métodos adecuados para validar el BPA. Además de no ser concluyente la bibliografía al respecto, los métodos consultados (por ejemplo [2, 10]) requieren de una amplia red de observación en campo.

En particular, podemos citar las siguientes dificultades meteorológicas:

- Falta de medios suficientes para validar la predicción meteorológica debido a la ausencia de medidas sistemáticas en las altitudes para las que se hace esta predicción de aludes.
- Incertidumbre de las predicciones meteorológicas. Ésta se ve aumentada en montaña, donde además la orografía del modelo se aleja más de la orografía del terreno.

En este caso, se ha apreciado como, si bien el ECENS advertía de una probable mayor adversidad del sábado,

no descartaba precipitaciones importantes el domingo, aunque sí que disminuía considerablemente el viento con mucha mayor certidumbre. Es indudable, por tanto, que este SPC (o ensemble) de medio plazo ha dado un estimable valor añadido a la predicción que se hubiera podido hacer basándose tan sólo en modelos deterministas. A este respecto ha avisado fundamentalmente de dos hechos que se podrían haber pasado por alto utilizando únicamente el modelo determinista:

- La alta probabilidad de que se alcanzaran rachas en Tresviso y precipitaciones acumuladas en Fuente Dé que superaran el máximo de la climatología del modelo el sábado, es decir, la excepcionalidad del episodio.
- La probabilidad, aunque pequeña, de que se produjeran copiosas nevadas el domingo.

Se puede profundizar en algunos aspectos y encontrar más información sobre el tema en las referencias [1, 3, 4, 5, 8, 9, 11, 12].

Queremos expresar nuestro agradecimiento a todo el personal implicado en la obtención de los valiosos datos del manto nivoso utilizados en este capítulo: los colaboradores de Picos de Europa ALBERTO MEDIAVILLA y FERNANDO CALVO y los compañeros de AEMET de la DT de AEMET en Cantabria, MARGARITA GARVÍA y ANICETO VALLE.

60.7 Referencias

- [1] BOLOGNESI, Robert. *Avalancha*. Desnivel, 2002 (citado en página 907).
- [2] CAGNATI, A y col. "A field method for avalanche danger-level verification". En: *Annals of Glaciology* 26 (1998), páginas 343-346 (citado en página 907).
- [3] COLEOU, C, GIRAUD, G y VILLECROSE, J. "Análisis de los sondeos por golpeo". En: *Grenoble (Francia), Météo-France, CNRM CEN, Traducción del CMT de Aragón, La Rioja y Navarra (INM)* (1993) (citado en página 907).
- [4] FIERZ, CRLA y col. *The international classification for seasonal snow on the ground*. Volumen 25. UNESCO/IHP Paris, 2009 (citado en página 907).
- [5] GIRAUD, G, JP, Navarre y COLEOU, C. "Estabilidad - inestabilidad del manto nivoso. Aproximación estática". En: *Grenoble (Francia), Météo-France, Centre National de Recherches Météorologiques. Centre d'Etudes de la Neige* (2007) (citado en página 907).
- [6] GUYOMARC'H, G. "Los aludes". En: *Grenoble (Francia), Météo-France, Centre National de Recherches Météorologiques, Centre d'Etudes de la Neige. Traducción INM*. (1996) (citado en página 904).
- [7] MCCLUNG, David y SCHAEERER, Peter. *Avalanchas*. Desnivel, traducción de Kike de Pablo, del original de 1993, 1996 (citado en páginas 892, 904).
- [8] METED - COMET. *Snowpack and Its Assessment*. 2009. URL: <https://www.meted.ucar.edu/afwa/snowpack/> (citado en página 907).
- [9] METED - COMET. *Avalanche Weather Forecasting*. 2010. URL: <https://www.meted.ucar.edu/afwa/avalanche/> (citado en página 907).
- [10] MUNTER, Werner. *3 x 3 avalanchas: la gestión del riesgo en los deportes del invierno*. Desnivel, 2007 (citado en páginas 904, 907).
- [11] PAHAUT, E y SERGENT, C. "La neige-Formation et Evolution". En: *Centre National de Recherches Météorologiques, Centre d'Etudes de la Neige, St Martin D'Hères* (1991) (citado en página 907).
- [12] VVAA. *Interpreting Snow Profiles*. Scottish Avalanche Information Service, 2014 (citado en página 907).

