

Los aludes, impactos asociados y su predicción en Europa

Tomás José GUTIÉRREZ COBO

Delegación Territorial de AEMET en Aragón

tgutierrezc@aemet.es

Resumen: La montaña se ha convertido en un entorno cada vez más frecuentado para la práctica de múltiples actividades, siendo un medio natural en el que subyacen numerosos riesgos de origen no solo meteorológico. Uno de los riesgos transversales es el del desencadenamiento de aludes, que tiene potencial para generar daños en infraestructuras, el propio medio natural o directamente sobre el ser humano.

La creciente demanda de seguridad por parte de todos los actores del sector de la nieve ha supuesto un aumento significativo de la necesidad de disponer de información nivológica.

La predicción nivológica se basa en los estándares establecidos por la Organización europea de servicios de predicción de aludes (*European Avalanche Warning Services, EAWS*), que es un organismo supranacional de cooperación entre servicios europeos de predicción nivológica a escala regional, cuya unidad de predicción incluye numerosas zonas de desencadenamiento de aludes.

Aunque la EAWS establece unos estándares que asumen sus miembros para elaborar el boletín de peligro de aludes (BPA), de manera que todos los miembros usan un lenguaje común, la organización en cada uno de los servicios es diversa.

Palabras clave: aludes, EAWS, nieve, impacto, escala europea de peligro de aludes, problemas típicos.

1. LOS ALUDES

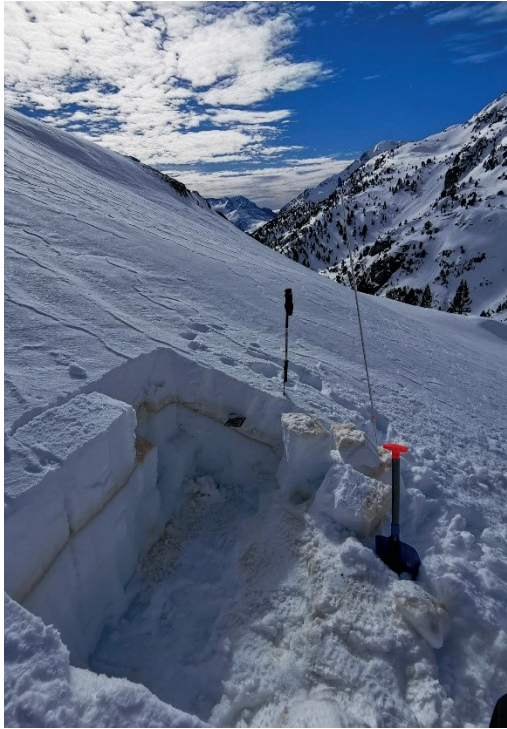
Uno de los fenómenos que generan un mayor riesgo en la montaña nevada es el de los desencadenamientos de aludes. Un alud es el movimiento rápido de una masa de nieve que se precipita por una pendiente. Su volumen normalmente supera los 100 m³ y su recorrido los 50 m.

El manto nivoso es el conjunto de nieve que recubre el terreno. Se presenta normalmente estratificado, componiéndose de una sucesión de capas que se corresponden con las distintas nevadas y periodos de evolución de la nieve (figura 1).

Las fuerzas antagónicas que intervienen en el equilibrio de un bloque de nieve sobre una pendiente son la fuerza de tracción y la resistencia. Por un lado, la fuerza de tracción es la componente del peso paralela a la pendiente y tiende a hacer deslizar el manto ladera abajo. Por el otro, la resistencia es el conjunto de fuerzas que equilibran la tracción, manteniendo el bloque en el mismo lugar. La resistencia depende de la cohesión de la nieve y de los diferentes estratos entre sí y del rozamiento de la nieve con el suelo.

El equilibrio de fuerzas es estable si la fuerza de tracción no es superior a la fuerza de resistencia. Los factores que podrían romper dicho equilibrio serían el aumento de la fuerza de tracción (aumento del peso del manto por sobrecarga por nieve, lluvia, viento, paso de esquiadores, caída de cornisas, etc.) o la disminución de la fuerza de resistencia (pérdida de cohesión de las capas internas del manto, debilitamiento de anclajes de uno o varios estratos del manto, etc.).

La mayoría de los aludes se desencadenan en pendientes con inclinación comprendida entre 25° y 45°. En pendientes inferiores a 25° en general las fuerzas de tracción no superan a las fuerzas de resistencia, y en pendientes superiores no se suelen depositar cantidades importantes de nieve ya que suelen descargarse de nieve conforme esta cae.



*Figura 1. Manto de nieve
(foto: colaboradores del refugio de Bachimaña).*

1.1. Tipos de aludes

Los aludes se pueden clasificar de varias maneras, siendo la más común la que atiende al origen de su desencadenamiento. Se distinguirían así los aludes de nieve reciente, de placa y de fusión.

Los aludes de nieve reciente son los que se producen durante las nevadas o hasta pocos días después por acumulación de más y más nieve. Llega un momento en que el peso propio de nieve recientemente acumulada es mayor que la resistencia que opone la cohesión interna del manto, dejando de sostenerse sobre la ladera.

Una estructura de placa es una capa más o menos gruesa de nieve cohesiva que se moviliza como un todo sobre la superficie subyacente, de mucha menor cohesión (capa débil). Las placas de viento se forman a sotavento, en la zona de acumulación de nieve, con vientos que no tienen por qué ser muy violentos. Las capas débiles se forman cuando las distintas capas que conforman el manto de nieve tienen temperaturas significativamente diferentes. También hay algunos tipos de grano precipitante o la propia escarcha, si queda enterrada, que pueden constituir una capa débil. Si se tiene esta disposición, de placa sobre capa débil, conocida como estructura de

placa, cuando un esfuerzo lo suficientemente intenso hace que la capa débil sobre la que se asienta la placa colapse, la placa podría fracturar y esta fractura, al tratarse de nieve cohesiva, propagarse a distancia del punto donde se ha producido la sobrecarga (nevada reciente, paso de personas o animales, caída de cornisa, etc.) y desencadenarse un alud de placa.

Los aludes de fusión se originan en mantos isoterms (a 0 °C) y húmedos. Conforme la proporción de agua líquida aumenta en el interior del manto, la nieve pierde viscosidad y gana fluidez (en definitiva, pierde cohesión), llegando finalmente a ponerse en movimiento en forma de alud cuando la nieve no soporta su propio peso sobre la ladera.

A su vez, los aludes pueden ser naturales (espontáneos, sin factores externos al propio manto que fueren su desencadenamiento) o accidentales (provocados, normalmente por sobrecargas producidas por personas).

2. IMPACTOS DE LOS ALUDES

Los aludes son un fenómeno natural que conlleva peligrosidad para aquellas actividades humanas en las que se vulneran las zonas sometidas a este fenómeno. En un área determinada con peligro de aludes, el riesgo, que es una combinación del peligro y la vulnerabilidad, aumentará según la mayor ocupación o el incremento de uso del suelo por parte del hombre.

El paso sucesivo de aludes por un terreno determinado puede tener efectos destructores sobre los diferentes elementos expuestos.

Uno de estos elementos sería la vegetación y el suelo, que podrían verse destruidos o erosionados al paso de los aludes.

También son originarios de daños materiales en infraestructuras e interrupción del tráfico ferroviario y por carretera, daños en remotes y alteración de superficies de nieve preparada en estaciones de esquí, afectaciones en las tuberías de centrales hidroeléctricas y torres de la red de transporte eléctrico, destrucción total o parcial de edificios y daños a las propias infraestructuras de defensa contra aludes.

Sin duda los impactos más graves son los daños personales, dando lugar a heridos y muertos. Según la Dirección General de Protección Civil y Emergencias, entre el año 2000 y 2015 se produjeron 11 fallecidos en España. Entre septiembre de 2018 y mayo de 2021 han fallecido en España 7 personas por el desencadenamiento de aludes.

Para minimizar el riesgo existen diferentes herramientas: la predicción del peligro de desencadenamiento de aludes (que se tratará en lo que resta del presente texto), la caracterización del terreno de aludes mediante cartografía y la instalación de defensas (reforestación, protecciones, explosivos, etc.).

3. PREDICCIÓN DE ALUDES EN EUROPA

Las montañas no entienden de fronteras políticas, y son numerosas las cordilleras que pertenecen a diferentes estados. Además, la procedencia diversa de los usuarios de las montañas pone de manifiesto la necesidad de buscar un lenguaje común para comunicar de la manera más eficiente posible el peligro de aludes.

Para ello se crea la Organización europea de servicios de predicción de aludes (European Avalanche Warning Services, EAWS), un organismo supranacional de cooperación entre servicios de predicción nivológica al que pertenece AEMET. Su principal función realizada hasta ahora ha sido el desarrollo de estándares, guías de buenas prácticas y recomendaciones para sus organismos miembros.

Son 28 los organismos integrantes de la EAWS, pertenecientes a 16 países diferentes. Cabe destacar que la particularidad del fenómeno hace que no sea común que el Servicio Meteorológico Nacional (SMN) sea el responsable de la elaboración del *boletín de peligro de aludes* (BPA), producto en el que se recoge la valoración de la posibilidad del desencadenamiento de aludes. De hecho, de los 28 organismos integrantes de la EAWS, solo 7 son SMN (se trata de los SMN de Andorra, Finlandia, Francia, Islandia, Rumanía, Eslovenia y uno de los tres organismos que elabora BPA en España, AEMET). Otros países asignan la responsabilidad de elaborar el BPA a organismos directamente especializados en el fenómeno (lo más común) o bien a organismos hidrológicos, geológicos, de emergencias y rescates en montaña o de protección civil. Normalmente, la labor de los SMN, en aquellos casos en que no son los encargados directos de elaborar el BPA, es el asesoramiento sobre los fenómenos atmosféricos que puedan influir en la evolución del manto de nieve.

3.1. Estándares de la EAWS

La principal labor de la EAWS ha sido la de definir unos estándares para, por un lado, facilitar la labor del nivólogo a la hora de elaborar el BPA y, por otro, mejorar la comunicación con el usuario y, por ende, la comprensión del producto, estableciendo una serie de iconos y niveles para toda Europa.

El principal estándar es la escala europea de peligro de aludes. Se trata de una escala que clasifica el peligro de aludes en cinco niveles en función del grado de inestabilidad del manto nivoso. El peligro 1, el más bajo, se transmitirá cuando «el manto nivoso está en general bien consolidado y estabilizado. En general, el desencadenamiento de aludes es posible solo por sobrecarga fuerte en puntos aislados de laderas muy inclinadas y terreno extremo. De forma natural solo son posibles aludes pequeños y medianos». El peligro 5, el más alto, indica que «el manto nivoso está en general débilmente consolidado y es extensamente inestable. Se esperan numerosos aludes naturales muy grandes e incluso extremadamente grandes, también en laderas moderadamente inclinadas».

La escala europea de peligro de aludes sintetiza la estabilidad del manto, la distribución espacial de dicha estabilidad y el tamaño de los aludes esperados. El nivel 0 no existe, lo que significa que siempre que haya nieve existe cierto peligro, por pequeño que sea. La escala europea de peligro de aludes no es válida para una ladera individual, se aplica a macizos montañosos que incluyen diferentes orientaciones, altitudes, pendientes, tipos de terreno y, en definitiva, muchas zonas de posible desencadenamiento de aludes.

Para utilizar la escala europea de peligro de aludes es necesaria la escala de tamaño de aludes (tabla 1), que clasifica los aludes en función del potencial destructivo de los mismos (también se puede deducir el tamaño a partir de la zona de llegada del alud o del volumen de nieve movilizado, pero son criterios menos evidentes para valorar el tamaño de un alud con una observación visual).

Otro de los estándares establecidos por la EAWS es el de los problemas típicos. Se definen cinco problemas típicos para caracterizar la situación de aludes (figura 2). Esto es muy útil tanto para que el predictor pueda contextualizar la situación como para que el usuario pueda interpretar mejor el producto, decidiendo qué actividad puede ser más segura con un nivel de peligro determinado en función del problema típico identificado en el BPA.

El problema de nieve reciente está relacionado con la nevada actual o más reciente. La importancia de la sobrecarga adicional depende de factores como la intensidad y duración de la precipitación, la temperatura o las características de la superficie de la nieve vieja. Los aludes son tanto naturales como accidentales, el problema se presenta de forma generalizada y a menudo en todas las orientaciones. Dura típicamente durante la nevada hasta pocos días después.

El problema de nieve venteada está relacionado con el transporte de nieve por el viento, coincidiendo o no con una nevada, que forma placas donde podrían propagarse fracturas del manto. Los aludes son tanto naturales como accidentales. La distribución espacial es variable, pero típicamente a sotavento, en canales, depresiones, cerca de cambios de pendiente, detrás de crestas u otros lugares protegidos. El problema se da típicamente durante la ventisca y persiste hasta como mucho unos pocos días después, dependiendo de la evolución del manto nivoso.

Tamaño	Nombre	Clasificación según el potencial destructivo
1	Pequeño	El riesgo de ser enterrado por el alud es mínimo (riesgo de caídas).
2	Mediano	Podría enterrar, herir o matar a una persona.
3	Grande	Podría enterrar y destruir un coche, dañar un camión, destruir un edificio pequeño o romper algunos árboles.
4	Muy grande	Podría enterrar y destruir un vagón de tren, camiones grandes, varios edificios o una parte de un bosque.
5	Extremadamente grande	Podría modificar el paisaje; potencial destructivo desastroso.

Tabla 1. Escala de tamaño de aludes.



Figura 2. Problemas típicos de aludes.

El problema de capas débiles persistentes está relacionado con la presencia de estratos poco cohesionados en un manto viejo. Los aludes son mayormente accidentales. Es más común encontrar este problema en laderas umbrías al abrigo del viento, donde las bajas temperaturas facilitan la formación de estratos poco cohesionados y su persistencia desde semanas hasta meses con posibilidad de que incluso perduren durante toda la temporada invernal.

El problema de nieve húmeda está relacionado con el debilitamiento del manto debido a la presencia de agua líquida en su interior por fusión del manto o por lluvia. Cuando la causa es la insolación, la distribución del problema depende de la orientación y de la altitud, siendo más frecuente en solanas y por la tarde. Es especialmente crítico el momento en el que el agua se infiltra por primera vez en el interior del manto una vez este se ha calentado hasta 0°C . Los aludes son principalmente naturales. Cuando el manto está húmedo y las temperaturas descienden por la noche por debajo de 0°C , se pueden formar costras de hielo (rehielo) que estabilizarían el manto hasta su nueva fusión si las temperaturas diurnas lo propician. Estos ciclos de fusión-rehielo dan lugar a condiciones de menor peligro por la mañana.

El problema de deslizamientos basales está típicamente relacionado con un manto grueso homogéneo o con pocas capas. Hacen referencia a aludes en los que se desliza todo el manto, dejando a la vista el suelo desnudo. Se dan con manto nivoso frío y seco o bien con manto isoterma y húmedo a 0°C . Los aludes suelen ser naturales, predominan en terreno suave y liso y más a menudo en orientación sur. El problema puede durar toda la temporada. El alud se puede dar en cualquier momento del día, aunque en primavera los deslizamientos basales se dan principalmente al final del día.

4. PREDICCIÓN DE ALUDES EN ESPAÑA

En la figura 3 se muestran los sistemas para los que AEMET elabora BPA. Para Guadarrama, Picos de Europa y sierras del Cordel y Peña Labra se elabora un BPA semanal con validez para el viernes, sábado y domingo. Para el Pirineo se elabora un BPA diario con validez para el día siguiente y un



Figura 3. Zonas donde AEMET elabora BPA.

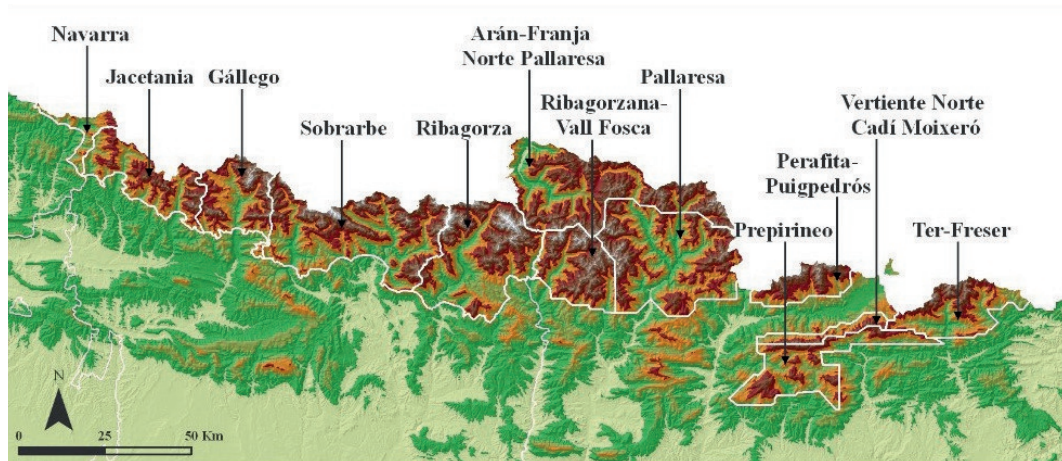


Figura 4. Macizos del Pirineo.

avance para pasado mañana. Algunos sistemas se dividen, a su vez, en macizos. Concretamente, el Pirineo navarro y aragonés se divide en cinco macizos y el Pirineo catalán se divide en 7 macizos, figura 4.

Para elaborar el BPA es necesario recabar información de los días previos, tanto meteorológica como nivológica. Se debe conocer como mínimo la evolución de la última semana, aunque es conveniente remontarnos 15 o 20 días, o incluso toda la temporada para problemas como las capas débiles persistentes. Hay que reconocer los episodios meteorológicos más importantes (nevadas significativas, temperaturas extremadamente bajas o altas para la época, viento fuerte, etc.) y evaluar cómo han afectado al manto nivoso. También es importante conocer si en las últimas jornadas se han reportado aludes, y en su caso de qué tipo han sido. Esto pone de manifiesto la importancia capital de la observación en la predicción nivológica en comparación con otros enfoques de predicción meteorológica.

Tras diagnosticar el estado del manto, habrá que hacer la predicción meteorológica de los próximos días, deteniéndose en los factores más problemáticos para el manto nivoso. Por ejemplo: una nevada copiosa con viento, un ascenso drástico de las temperaturas, una cota de nieve oscilante, la caída de lluvia sobre una nevada reciente, etc.

Tras recopilar toda esta información se evalúa el peligro de aludes, tanto naturales como accidentales, para cada uno de los sistemas y, en su caso, los macizos que lo componen.

Se escribe el boletín compilando todas las observaciones y predicciones realizadas, figura 5.

En el caso de los BPA cuyo periodo de validez abarca varios días (Guadarrama, Picos de Europa y sierras del Cordel y Peña Labra), al proceso anteriormente descrito hay que añadir la incertidumbre de los modelos meteorológicos para D+2 y, especialmente, para D+3, lo que afecta directamente a la posible evolución del manto y, por consiguiente, a la valoración del peligro de aludes.

Recopilar medidas nivológicas fidedignas no es fácil. Además, su representatividad es muy local, ya que las condiciones del manto nivoso varían sensiblemente con el relieve (exposición de la ladera, altitud, inclinación del terreno, etc.).

La principal manera de recibir información nivológica es a través de partes NIVOMET, sondeos y perfiles estratigráficos, test de estabilidad, formularios de evaluación del manto de nieve y estaciones meteorológicas automáticas a suficiente altitud.

El NIVOMET es información cifrada remitida usualmente por personal de refugios de montaña, estaciones de esquí y el observatorio del puerto de Navacerrada. Es un parte complejo que incluye numerosos datos nivometeorológicos.

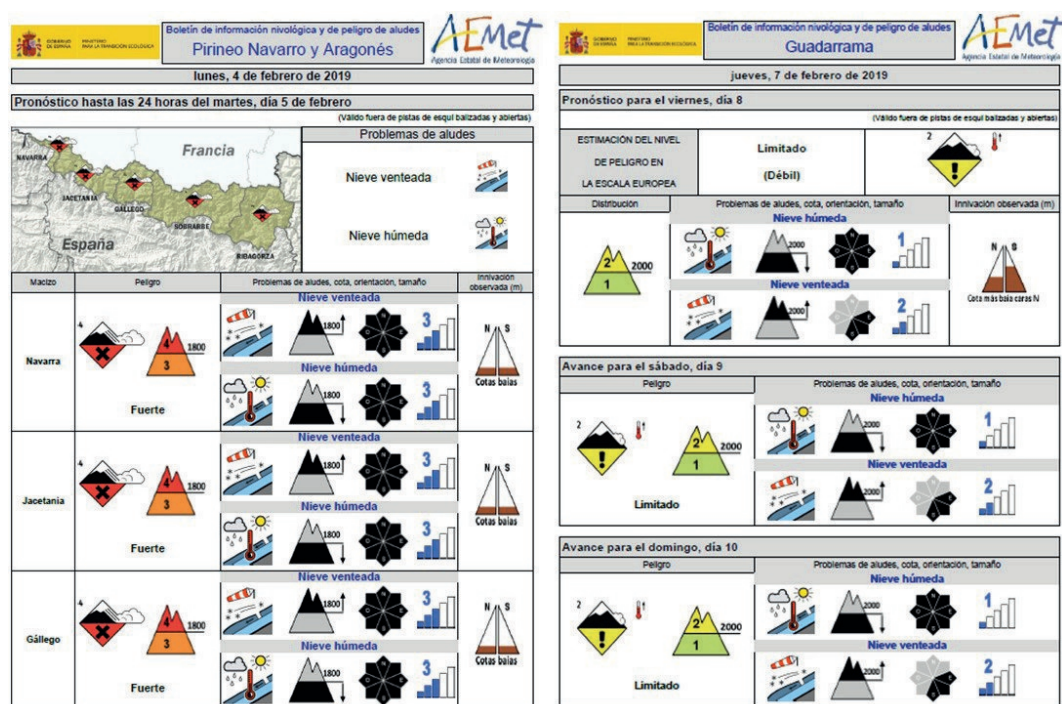


Figura 5. Parte gráfica del BPA para el Pirineo navarro y aragonés (izquierda) y para Guadarrama (derecha).

El sondeo por golpeo es un prolijo procedimiento que consiste en la toma de diferentes medidas sobre la resistencia del manto de nieve a la penetración de una sonda de golpeo. Se complementa con un perfil estratigráfico obtenido a través de un corte o pozo de nieve adyacente a la sonda, donde se obtiene un perfil vertical de temperaturas y una disposición de los estratos nivosos que lo conforman, descritos a través de su densidad, dureza y tipo de grano predominante. Las dificultades para su realización hacen que su periodicidad sea, en el mejor de los casos, semanal, y que solo se elabore en pocos lugares. Los test de estabilidad son diferentes procedimientos relativamente fáciles y rápidos que permiten valorar las condiciones de ruptura de los diferentes estratos así como la resistencia a deslizarse a lo largo de la pendiente. Habitualmente se realizan junto a los sondeos. El análisis de los sondeos por golpeo y de los perfiles estratigráficos es uno de los elementos determinantes del diagnóstico del predictor, lo que otorga mucha importancia al conocimiento de la geografía y a la experiencia en la nieve para optimizar el valor del contacto directo con el observador con el que se intercambia información ocasional que no puede incorporarse en los mensajes cifrados.

La evaluación del manto de nieve es una información que resume recientes observaciones meteorológicas, del estado de la nieve, y aludes observados, además de analizar brevemente los diferentes problemas en la estabilidad del manto nivoso, así como el peligro de aludes relativo al mismo.

Por último, las estaciones meteorológicas automáticas de montaña aportan información en tiempo real de, al menos, temperatura, viento y espesor de nieve; aunque algunas también disponen de medida de precipitación o, incluso, radiación.

La colaboración de la red de refugios de Navarra y Aragón, las estaciones de esquí (tanto en Aragón, como Cataluña y Cantabria), personal de AEMET en distintas unidades de diferentes Delegaciones Territoriales, los Agentes Forestales de Madrid y Segovia y otros cuerpos relacionados con el Parque Nacional de Guadarrama, equipos de guías de montaña y el resto de colaboradores es fundamental para poder elaborar este producto.

4.1. Otros servicios de predicción del peligro de aludes en el Pirineo catalán

El Instituto Cartográfico y Geológico de Cataluña (ICGC) elabora BPA diario para los mismos macizos del Pirineo catalán que AEMET. En su red de observación destacan en cantidad los perfiles de nieve. Los observadores son compañías profesionales (cuentan con dos contratadas), guardas forestales, policía de montaña y equipos de rescate que aportan, además de los perfiles comentados, sondeo por golpeo, test de estabilidad, registro de actividad de aludes y cualquier evidencia de inestabilidad. La información meteorológica del BPA la suministra el Servicio Meteorológico de Cataluña.

También emite BPA el Centro de Aludes del Valle de Arán. Realiza un BPA diario para el valle de Arán, zona que coincide parcialmente con la zona pronosticada por AEMET y el ICGC (Arán-franja norte de la Val Pallaresa). Trabajan en coordinación con el ICGC en el caso de peligros 4 o 5. Los propios predictores hacen la labor de observadores nivológicos. Utilizan la red del ICGC y otras fuentes de información, como estaciones de esquí y redes de información de voluntarios para los que suelen organizar jornadas de formación y divulgación para mantenerlos motivados y colaborativos. Además, disponen de estaciones propias y del programa *snowpack* con el que elaboran una predicción automática de la evolución del manto de nieve en un punto.

5. ENFOQUE DE LA PREDICCIÓN DE ALUDES EN OTROS PAÍSES EUROPEOS

5.1. Predicción de aludes en Francia

El Servicio Meteorológico de Francia (Météo-France) comenzó a elaborar BPA a raíz del catastrófico invierno de 1970 en el que se produjeron 57 víctimas, 39 de ellas en el alud del 10 de febrero de 1970 en el valle del Isère (Alpes).

En las últimas décadas del siglo XX, la misión de la predicción del peligro de aludes fue asumida principalmente por organismos forestales ya que disponían de un buen conocimiento del terreno y de personal distribuido por toda la montaña. También aparecían organismos universitarios, servicios independientes (Suiza), organismos de riesgos naturales (Alemania, Austria), de seguridad civil (Eslovenia) o servicios técnicos diversos (hidrológicos, geológicos, etc.). Asignar la responsabilidad de la predicción del peligro de aludes al SMN fue una singularidad de la organización francesa. Se indicó que tendrían el apoyo de un sistema que permitiera «tener una gran cantidad de observaciones precisas, tratarlas en un centro especializado y transmitir estos datos científicos a agentes capacitados para su interpretación».

En un principio, fue el Centro de Estudios sobre la Nieve (CEN), en Grenoble, el encargado de la predicción del peligro de aludes a partir de los datos nivológicos, los datos meteorológicos y la predicción meteorológica que recibían de los diferentes centros. Esta centralización también era una peculiaridad de Météo-France, lo cual supuso una debilidad para los predictores, que no podían conocer con precisión el conjunto de las zonas para las que trabajaban, y acabaría dando lugar a una descentralización. Se transfirió la predicción operativa a nivel departamental, acercando los predictores al terreno de manera que pudieran conocer bien sus macizos y les permitiera establecer un contacto más cercano con los observadores y los responsables locales. Las observaciones en campo propias del predictor son una fuente importante de información sobre el estado de la nieve que le permiten responder ciertas preguntas que no se pueden basar solo en los datos de la red nivometeorológica. A partir de 1987, el BPA pasó a ser responsabilidad de los centros meteorológicos departamentales en los Alpes, los Pirineos y Córcega, cuyo personal se forma en el CEN, que ofrece cursos teóricos y prácticos especializados.

En un macizo dado, las observaciones nivológicas tienen una escasa representatividad. Un ejemplo es la dificultad para estimar la humidificación del manto y la altitud a la que este fenómeno

es todavía significativo. Los predictores debían proceder por extrapolaciones sucesivas para conocer, con un margen de error nada despreciable, el estado de la nieve fuera del alcance de su red. Por lo tanto, fue necesario desarrollar una herramienta que permitiera al predictor, además de la información de la red de observación, conocer la estructura interna del manto de nieve en función de la diversidad comentada. La validación de dicha herramienta ha confirmado su buen funcionamiento global en el tramo comprendido entre los 900 y los 3000 metros. Los predictores de Météo-France disponen por tanto de información fiable de los límites del manto de nieve, el espesor del manto, la profundidad de la humidificación y del rehielo, así como una estimación del peligro de aludes.

Dispone para la observación de unos 150 puntos de medida repartidos por los Alpes, los Pirineos y Córcega situados entre 1000 y 2500 metros, donde se miden y registran con precisión dos veces al día varios parámetros meteorológicos y nivológicos, además de 29 estaciones automáticas a altitudes comprendidas entre 1700 y 3000 metros que miden de manera continua variables meteorológicas y el espesor del manto de nieve. Se realizan sondeos por golpeo y perfiles estratigráficos al menos una vez por semana en un gran número de emplazamientos a una altitud en general entre 1800 y 2500 metros.

El punto fuerte del BPA es que su producción se apoya en una red de observadores nivometeorológicos formados y con competencias, en herramientas de tratamiento de los datos de observación, de modelos de predicción meteorológica, de una modelización específica de la evolución de la estabilidad del manto de nieve y predictores de aludes motivados y generalmente montañeros.

5.2. Predicción de aludes en otros países del arco alpino: Suiza, Italia y Alemania

El primer país europeo que dispuso de un servicio de predicción de peligro de aludes fue Suiza, con la creación de un instituto en Weissfluhjoch (2700 m), cerca de Davos, para el estudio de la nieve y los aludes. Actualmente, el Instituto Federal Suizo de Investigaciones sobre la Nieve y los Aludes (SLF) dispone de una densa red de observación que incluye 80 observatorios, 40 perfiles del manto, 90 estaciones automáticas y la colaboración de observadores en campo, personal de seguridad y control de aludes, guías de montaña y esquiadores. También del *snowpack*, un modelo de evolución del manto de nieve a partir de ciertos datos de estaciones automáticas, entre otras herramientas informáticas.

En Italia primeramente existían dos instituciones con competencias: una militar y otra dependiente del Club Alpino Italiano. Posteriormente algunas provincias alpinas desarrollaron un servicio público civil que dependía, en su mayor parte, del servicio forestal, y se reagruparon en una asociación que coordinaba las acciones respectivas, AINEVA. En el arco alpino italiano, que representa la zona donde el problema es mayor, existen siete servicios públicos de predicción de aludes que tienen autonomía operativa y que dependen de las administraciones regionales o provinciales. La actividad de los servicios regionales y provinciales está coordinada por la Asociación Regional de Nieve y Aludes (AINEVA). Los *carabinieri* también monitorizan la estabilidad del manto de nieve y evalúan el peligro de aludes. Enfatizar en este punto la formación en Italia, aunque no se haya mencionado en Suiza o no se mencione en posteriores países. El primer nivel, de observador, requiere una formación de dos semanas y un mes de preparación en campo. El segundo nivel, de experto, requiere un periodo mínimo de dos años como observador además de una formación de dos semanas, con un mes de formación en campo. Por último, el predictor requiere un periodo mínimo de dos años como experto, y además, nuevamente, una formación de dos semanas y un mes de formación en campo.

Respecto a Alemania, el servicio de predicción de aludes bávaro pertenece al Servicio Estatal Bávaro para el Medio Ambiente. Con la información recogida, la responsabilidad propiamente dicha del servicio de predicción es la realización del BPA, realizar un catastro de aludes y encuestas sobre aludes orientadas al Departamento de Carreteras y la Oficina de Gestión del Agua.

5.3. Países nórdicos: Noruega, Suecia, Finlandia y Escocia

En Noruega, la Dirección de Recursos Hídricos y Energía (NVE) es la responsable de la predicción de aludes a través de acuerdos con la Administración de Carreteras Públicas y el SMN. Los predictores y los observadores realizan todos los años seminarios en campo. También existe el grupo de avisos de aludes del Instituto Geotécnico Noruego (NGI), creado en 1973, que constituye un servicio de predicción de aludes a diferentes escalas espaciales (desde una pendiente aislada a regiones enteras), temporales (desde unas semanas en primavera, un año o proyectos para varios años) y diferentes propósitos (carreteras, vías de tren, lugares edificados, instalaciones energéticas).

En Suecia el peligro de aludes lo pronostica la Agencia Sueca de Protección Ambiental. El primer BPA emitido fue en enero de 2016. Observadores de campo toman datos del manto de nieve varios días a la semana. Además, se coopera con las estaciones de esquí, guías de montaña y otros profesionales. El SMN aporta predicciones meteorológicas personalizadas y ofrece consultoría meteorológica todos los días de la temporada.

En Finlandia, es el Instituto Meteorológico Finlandés (FMI) el encargado de realizar los BPA desde 2002, aunque no hay ningún requerimiento normativo específico para ello. Los aludes son un problema marginal para las infraestructuras en Finlandia. Se han registrado dos víctimas por aludes desde 1998. La predicción de aludes en este país tiene un carácter educacional ya que Lyngen en Noruega y Riksgänsset en Suecia son entornos fuera de pistas muy populares para los fineses. Los nivólogos son meteorólogos con certificación de meteorología aeronáutica y con una formación básica en nivología. El método utilizado se basa en la predicción numérica del tiempo y las observaciones radar, SYNOP (automáticas) y locales (manuales). Los observadores son patrullas de esquí locales con una formación mínima de técnico de aludes FINLAV Pro 1. Estas patrullas hacen, a su vez, la predicción local de aludes: *50 % science, 40 % art, 10 % magic* (50 % de ciencia, 40 % de arte y 10 % de magia).

En Escocia se encarga de la predicción del peligro de aludes la Agencia Nacional del Deporte a través del Servicio Escocés de Información sobre Aludes, que comenzó su labor en 1988. Está financiada por el gobierno y cubre 6 regiones. El equipo de predictores está formado por personal que es, a su vez, guía de montaña y experto en nivología y lleva a cabo la evaluación del peligro en campo para emitir el pronóstico diario que se envía al control central para su verificación y su publicación. También se emite un mapa con la actividad de aludes diariamente que se actualiza tanto por los predictores como a través de los reportes de aludes del público tras una verificación en el control central.

AGRADECIMIENTOS

La parte de esta colaboración relativa a la predicción de aludes en España ha sido abordada previamente en el «Informe de la producción nivológica de AEMET» (Plan Estratégico 2019-2021), con la participación en su elaboración de José Carlos Sevillano García y Esmeralda Gracia Fuertes, de la Delegación de AEMET en Aragón.

Han revisado esta colaboración aportando útiles comentarios María José Martín García y Carlos Manuel Jiménez Cavero, también de la Delegación de AEMET en Aragón.

REFERENCIAS

- COLÉOU, C. y MORIN, S. (2018). Vingt-cinq ans de prévision du risque d'avalanche à Météo-France. *La Météorologie*, 100.
- GIRAUD, G., NAVARRE, J.-P. y COLÉOU, C. (2007). Estabilidad-inestabilidad del manto nivoso. Centre d'Etudes de la Neige. Météo-France.
- GUYOMARCH, G. (1996). Los aludes. Centre d'Études de la Neige. Météo-France.
- LETANG, D. (2010). Le Bulletin du Risque Avalanche BRA. *Neige et Avalanches*, 130. Parte italiana: VALT, M. Coordinador del grupo de trabajo de la predicción de aludes de AINEVA.
- MARBOUY, D. (1984). La prévision des risques d'avalanches. *La Météorologie*, 1, VIIème série.
- MÉTÉO-FRANCE. Guide Avalanche. Saison 2018/2019. <http://www.meteofrance.fr/documents/10192/68649160/Guide+avalanche+2018.pdf>
- PAHAUT, E. y GIRAUD, G. (1995). La prévision du risque d'avalanche en France. Bilan et perspectives. *La Météorologie*, 12, 8e série.
- PAHAUT, E. y SERGENT, C. (1991). La nieve. Formación y evolución. Centre d'Etudes de la Neige. Meteo-France.
- SERGENT, C. (1993). Propiedades físicas de la nieve. Centre d'Etudes de la Neige. Meteo-France.
- Sitios web:**
 EAWS: <https://www.avalanches.org/>
http://www.aemet.es/es/eltiempo/prediccion/montana/boletin_peligro_aludes
<https://www.icgc.cat/es/Ciudadano/Explora-Cataluna/Aludes/Boletin-de-Peligro-de-Aludes-BPA>
<https://www.lauegi.report/bulletin/latest>
<https://meteofrance.com/meteo-montagne/pyrenees/risques-avalanche>
<https://www.slf.ch/en/avalanche-bulletin-and-snow-situation.html#avalanchedanger>
<https://avalanche.report/bulletin/latest>
https://www.lawinenwarndienst-bayern.de/res/lawinenlage/lagebericht_en.php
<https://www.varsom.no/en/avalanche-bulletins/>
<https://meteoglosario.aemet.es/>