

Comunicación B-7

ELEMENTOS COMPLEMENTARIOS PARA EL ANÁLISIS Y DIAGNÓSTICO PREVIO A LAS PREDICCIONES NIVOLÓGICAS

Javier Ferraz Campo
Ramón Vázquez Pérez-Batallón

CMT de Aragón, La Rioja y Navarra (INM)

RESUMEN

La predicción nivológica necesita del conocimiento de parámetros meteorológicos, nivológicos superficiales y nivológicos internos. La inercia de los parámetros internos respecto de los cambios en las condiciones meteorológicas y nivológicas superficiales, los escasos puntos de observación y la periodicidad semanal de los sondeos exigen del predictor una visión global y continua de la evolución del manto de nieve desde el inicio de la campaña. Para facilitar el análisis y diagnóstico previo a la toma de decisiones se presentan las herramientas informáticas que permiten una visión general, sintética y rápida de las condiciones más determinantes de la evolución de nieve estacional.

1. Introducción

El análisis de las condiciones nivológicas existentes, la importancia de ciertos parámetros meteorológicos sobre el comportamiento del manto de nieve y el conocimiento de la evolución de esos parámetros en el corto plazo permiten a los servicios meteorológicos estimar un riesgo de aludes más acorde con la situación nivológica real. Según sea esa estimación, el usuario debe tomar decisiones que, en unas ocasiones, tienen implicaciones económicas y, en otras, afectan a la seguridad de las cosas o de las personas.

En España, la determinación temporal del riesgo de aludes era una tierra prácticamente virgen tanto en su aspecto teórico como operativo. Es decir, la meteorología llegó a un territorio frontera como ya había ocurrido otras veces: agricultura, silvicultura, hidrología..., pero ahora en el nuevo territorio no había colonos establecidos.

Además, la metodología de trabajo basada en observar, analizar, predecir y difundir (Pahaut y Giraud, 1995), es bien conocida en la actividad meteorológica diaria y sería similar en las dos vertientes pirenaicas;

pudiendo en nuestro caso aprovechar los conocimientos y la experiencia de nuestros colegas de *Météo-France* que trabajan en el Centro de Estudios de la Nieve (CEN) en Grenoble.

2. Predicción nivológica

El Grupo de Predicción y Vigilancia (GPV) del Centro Meteorológico Territorial (CMT) de Aragón, La Rioja y Navarra elabora un boletín diario de predicción para el Pirineo navarro y aragonés, que durante la campaña invernal, contiene información meteorológica y nivológica.

La información sobre nieve y aludes corresponde a la parte nivológica y su difusión permite a los usuarios, en primer lugar, conocer el estado del manto de nieve y, en segundo lugar, el pronóstico de su evolución en función de las condiciones meteorológicas. El interés de estas informaciones entre los colectivos directamente afectados, esquiadores fuera de pistas, montañeros y esquiadores de travesía, se evidencia por la buena acogida que se les dispensa. Por otra parte, la aceptación del producto es creciente entre los responsables de la economía y seguridad en áreas de montaña y, en consecuencia, se implican cada vez más en la realización de las observaciones que son imprescindibles para la predicción nivológica.

2.1. Observaciones

La observación nivometeorológica, fruto de la simbiosis de estaciones de esquí y refugios de montaña con el INM, tiene diez estaciones de medida en nuestro ámbito pirenaico, prácticamente todas situadas por encima de los 1 500 metros de altitud.

Todos los días, por la mañana y al mediodía en los refugios y sólo por la mañana en las estaciones de esquí, se observan las condiciones meteorológicas y nivológicas superficiales: nubosidad, viento, temperatura y humedad del aire, precipitación, altura total de nieve, espesor de la nieve reciente, calidad de la nieve superficial, ventisca en altitud y aludes observados. Estos datos codificados según la clave NIVOMET se transmiten al Centro Meteorológico y se reciben en el GPV.

Una vez a la semana, normalmente los jueves, en lugares próximos o por encima de los 2 000 metros de altitud, se realizan perfiles de nieve (sondeos por golpeo y perfiles estratigráficos). Así, se determinan los parámetros internos del manto de nieve, número, dureza, humedad y densidad de los estratos, tamaño y tipo de gránulos, cohesión y zonas de débil resistencia. Con toda diligencia los datos brutos y elaborados son remitidos al CMT.

El estado real del manto de nieve se conoce, espacialmente de forma puntual y temporalmente de forma instantánea, mediante los perfiles de nieve. Su evolución se sigue combinando la información meteorológica y nivológica diaria y los conocimientos que del terreno y de la nieve tienen los predictores.

2.2. Predicción de riesgo de aludes

2.2.1. Sus dificultades

La predicción de estabilidad del manto es similar a su análisis y diagnóstico, la diferencia radica en operar con parámetros previstos en lugar de con datos procedentes de las observaciones.

En la predicción de riesgo de aludes el análisis cuantitativo es difícil porque nieve, tiempo y terreno incluyen muchas variables interrelacionadas que no pueden ser cuantificadas.

Normalmente es imposible predecir con exactitud el momento de ocurrencia de un alud, pero sí es posible estimar el grado de inestabilidad de la nieve y la posibilidad de que un alud de tamaño y tipo dados pueda ocurrir en unas pocas horas. Las dificultades se acrecientan si consideramos el riesgo de aludes cuyo desencadenamiento está provocado accidentalmente frente al de aquellos cuyo desencadenamiento es espontáneo o natural (Pahaut y Giraud, 1995).

Los problemas varían también si la predicción tiene carácter local, ejemplo un dominio esquiable, o si abarca un macizo montañoso o incluso una zona provincial. A escala local, se trata de determinar la probabilidad de ocurrencia en un tiempo dado, y de estimar tamaño, alcance y cantidad de daños que pueden producirse. A mayor escala, justamente la que nos ocupa, se trata de deducir el riesgo más representativo del área geográfica tratada partiendo de un conjunto de datos puntuales y después de utilizar el espíritu de síntesis.

2.2.2. *Una clasificación de los aludes*

Los aludes pueden clasificarse por su morfología, génesis, magnitud, etc. En la predicción de riesgo de aludes se utiliza una clasificación basada en la existencia o no de un tiempo de ocultación importante entre el fenómeno meteorológico que causa el alud y su desencadenamiento efectivo (Marbouty, 1984).

Los aludes «inmediatos» se ligan directamente a condiciones meteorológicas notables o, incluso, violentas. Entre esas condiciones tenemos la precipitación en forma de nieve, la intensidad de precipitación, casi más importante que la cantidad de nieve caída, los ascensos bruscos de temperatura y el viento fuerte y persistente con su doble efecto: provocando acumulaciones puntuales y aumentando la densidad.

Las avalanchas «aplazadas» que traducen la historia del manto de nieve son el origen de muchos aludes desencadenados accidentalmente. La inestabilidad del manto puede explicarse por las condiciones meteorológicas ocurridas en los días o semanas anteriores, que causaron un determinado tipo de metamorfosis, unos estratos frágiles o inter-estratos con escasas ligazones. Es decir, situaciones meteorológicas que de forma insidiosa han modificado los parámetros nivológicos internos.

2.2.3. *La predicción*

El arte de la predicción de riesgo de aludes se basa en combinar cada día los conocimientos de los factores contributivos a la ocurrencia o no del fenómeno alud (observación y análisis), y cómo van a evolucionar en función de las condiciones meteorológicas (predicción). Por supuesto, una difusión correcta y rápida aumentará la eficacia de la predicción del riesgo de aludes.

En otras palabras, cada alud debe tener un estrato frágil para desencadenarse, por tanto, conocer la estratigrafía y la carga que la haría quebrar es la esencia de la predicción o de la supervivencia si su apuesta es aceptar el riesgo.

3. Nuevas herramientas

El CMT de Aragón, La Rioja y Navarra ha preparado un conjunto de herramientas informáticas para la recogida, control, archivo y explotación gráfica de la información nivometeorológica que se recibe en el GPV.

3.1. NIMET

La aplicación NIMET es la primera cronológicamente. Su objetivo es controlar, depurar, archivar y elaborar climatologías e informes con los partes NIVOMET que diariamente se reciben de las estaciones de observación. Realizada por J. R. Ascaso Aguado en enero de 1993, ha sido revisada y mejorada en varias ocasiones, la última en diciembre de 1995. Corre en PC, bajo entorno MS-DOS y está programada en lenguaje CLIPPER. Los archivos de datos pueden exportarse en formato ASCII, salida utilizada por la aplicación GNIMET, o al formato de los boletines SNSP60 y tratados por el sistema TCI.

3.2. SONDEO

La aplicación SONDEO depura, archiva y representa gráficamente los sondeos y perfiles estratigráficos. Realizada por J. Gimeno Llovet en el año 1993 está siendo revisada y mejorada en la actualidad. Corre en PC, bajo entorno MS-DOS y está programada en QBASIC.

3.3. GNIMET

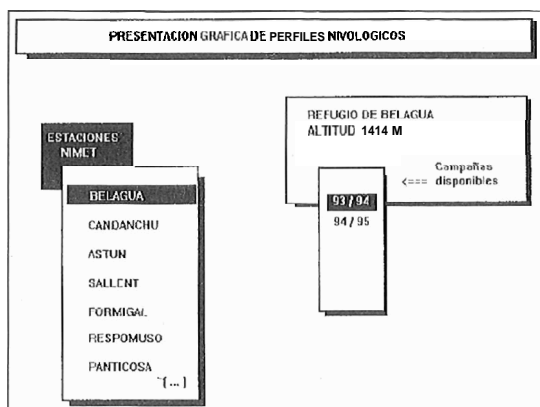


Fig. 1. El menú principal de la aplicación GNIMET

Por último, GNIMET tiene como objetivo facilitar el seguimiento de la temporada de nieve. Gestiona en tiempo cuasi-real las variables más importantes de los partes NIVOMET y los perfiles de nieve de todas las estaciones durante una campaña dada, de octubre a mayo.

La información de entrada se toma de los ficheros de datos de la aplicación NIMET en formato ASCII y de los ficheros de datos de la aplicación SONDEO.

Todas las variables correspondientes a los datos diarios o a los perfiles de nieve se presentan de una sola vez en una pantalla, que puede desplazarse a la izquierda o a la derecha según el período de información deseado. La pantalla que

presenta el perfil de nivación, al mostrar valores diarios de cada variable, contiene un volumen de información muy grande. Por medio de un menú de manejo trivial se puede seleccionar cualquier estación, con lo cual la aplicación es totalmente transparente al usuario. GNIMET ha sido realizada por R. Vázquez Pérez-Batallón, corre bajo entorno MS-DOS en PC con tarjeta VGA y está programada en lenguaje C.

Los archivos de texto *nombres.act* y *ficha.act* contienen y permiten actualizar las estaciones y sus datos básicos, indicativo sinóptico, nombre completo y altitud de la observación NIVOMET.

Para ejecutar el programa teclear: C:/GNIMET> gnimet

Aparece en pantalla el menú principal donde se presentan todas las estaciones nivometeorológicas de las que se reciben datos en el CMT. El usuario selecciona una estación y el programa le informa de las campañas de nieve disponibles, es decir, grabadas y archivadas en el subdirectorío GNIMET. Se selecciona la campaña y aparece en pantalla el perfil nivometeorológico correspondiente a la estación y temporada escogida. Al salir de esta pantalla, el programa inuestra los sondeos correspondientes a la estación seleccionada, siempre que existan datos disponibles, en otro caso se vuelve al menú principal.

3.3.1. El perfil nivometeorológico

Las variables presentadas son: altitud de la estación, espesor total de la nieve (cm), penetración del primer tubo de sonda (cm), ventisca en altitud, viento (dirección en decenas de grado y velocidad en nudos), ocurrencia de aludes, precipitación en forma de lluvia (mm), espesor de nieve reciente (cm), temperatura del aire máxima y mínima (°C) y temperatura de la superficie de la nieve (°C).

La visualización por defecto coincide con los meses de diciembre a abril. Se puede realizar una impresión de pantalla en color o en blanco y negro.

En la relación anterior faltan algunas variables incluidas en los partes NIVOMET, las referidas a nubosidad, la visibilidad, la información sobre la nieve superficial, humedad del aire, meteoros, contenido en agua líquida y densidad.

La inclusión de todas las variables generaba confusión. Las excluidas que son puramente meteorológicas forman parte del bagaje utilizado por el predictor en la predicción general. Densidad y contenido en agua líquida todavía no se realizan de forma sistemática en los puntos de observación. La ausencia de parámetros superficiales de la nieve, estado de la superficie de la nieve, tipo y tamaño de los gránulos de la capa superficial es más lamentable aunque, en parte, puede suplirse con un atento análisis de la penetración del primer tubo de sonda, temperaturas, forma de precipitación, etc.

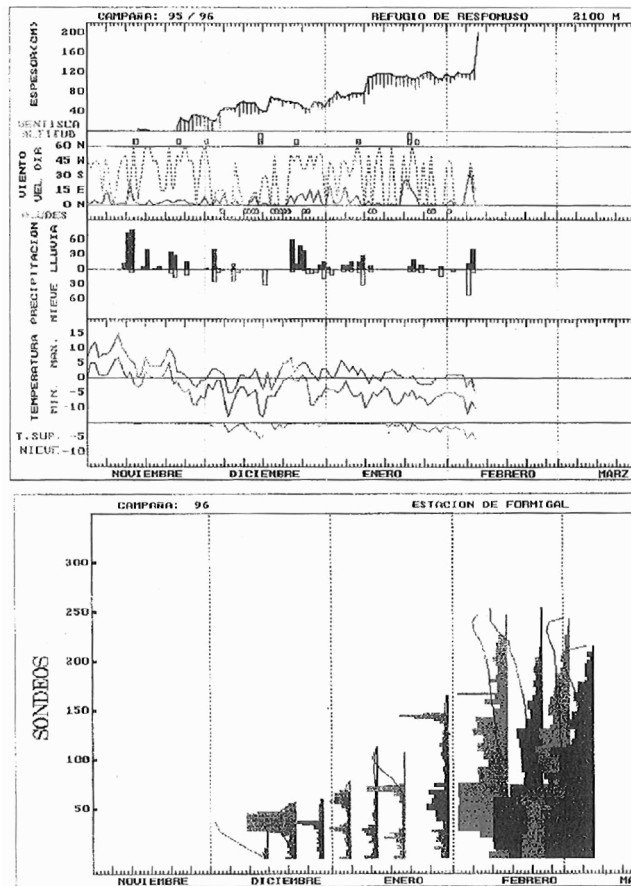


Fig. 2. En la parte superior el perfil nivometeorológico del Refugio de Respomuso hasta el día en que un alud produjo daños que obligaron a su desalojo. En la parte inferior los sondeos de la estación de Formigal próxima al Refugio

Esta sinopsis permite el análisis de las relaciones entre las variables y, por tanto, informa, directa o indirectamente, sobre el conjunto de fenómenos (acumulaciones de nieve, metamorfismo, costras, contenido en agua líquida, cizalladura, radiación...) que son esenciales en el diagnóstico de la estabilidad de la nieve y, sobre todo, en su evolución.

3.3.2. Los perfiles de nieve

Todos los perfiles de una estación y temporada se visualizan de forma conjunta, con la posibilidad de una presentación más detallada de cada uno a partir de una selección con el ratón.

Estas observaciones semanales se realizan habitualmente a mayor altitud que las diarias y en puntos diferentes. Cada perfil muestra las variables siguientes: resistencia en el manto de nieve, número de estratos, espesores, alturas y tipo de nieve en cada estrato y temperatura de la nieve a distintas alturas. Por supuesto, las variables no presentadas en este módulo están contempladas en la aplicación SONDEO. También ahora la visualización por defecto coincide con los meses de diciembre a abril y pueden realizarse impresiones por pantalla.

Estas observaciones son menos frecuentes, una vez por semana, puesto que los parámetros nivológicos internos que evalúan, varían lentamente en relación con las condiciones meteorológicas que los producen.

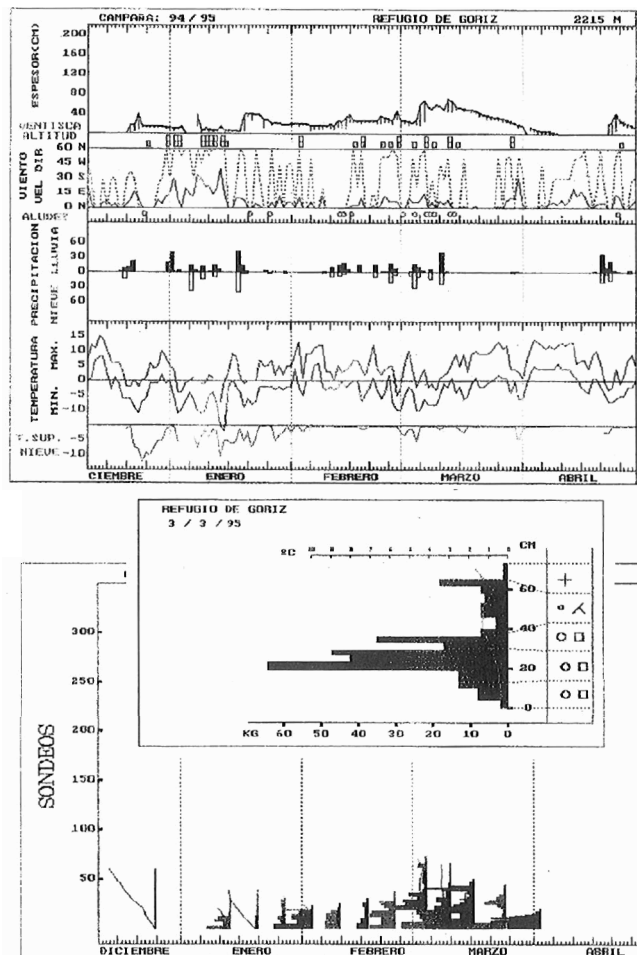


Fig. 3. En el sondeo del 3 de marzo, presentado en detalle, se observa una zona de débil resistencia alrededor de los 40 cm. Las nevadas de los días siguientes provocan los aludes reseñados en el perfil nivometeorológico (parte superior de la figura)

Sondeos y perfiles estratigráficos muestran el espesor y la calidad de la nieve reciente, las placas, los estratos más frágiles, las costras enterradas, el tipo de gránulos que forman los estratos y la calidad de las ligazones entre estratos, gradiente de temperatura y sus variaciones con la altura.

3.3.3. Ventajas específicas

Los perfiles de nieve indican la estructura del manto de nieve en un lugar y para un momento concreto. Los parámetros meteorológicos y nivológicos superficiales van cambiando los parámetros internos y, por tanto, la estabilidad de la nieve. El predictor debe ir modificando el estado inicial de la nieve en función de las influencias meteorológicas diarias y con ayuda de sus conocimientos sobre mecánica y termodinámica de la nieve. La posibilidad de enlazar el último sondeo con la información meteorológica más reciente facilita su labor.

Además, los aludes que hemos denominado «aplazados» pueden, a veces, explicarse por condiciones meteorológicas ocurridas con semanas de antelación (formación de placas, metamorfismo de gradiente). A esta clase de aludes pertenecen las avalanchas accidentales que sufren los esquiadores fuera de pistas y los esquiadores de travesía (Pahaut y Giraud, 1995). La aplicación al manejar gráficamente toda la información disponible, día a día, desde el principio de temporada y en todos los puntos de observación, facilita su asimili-

lación al equipo predictor. A los predictores a turno les permite seguir la evolución de los procesos, ya que en las modificaciones de la nieve estacional no hay soluciones de continuidad.

Por último, es conocida la dificultad de crear modelos estadísticos que combinen días análogos desde el punto de vista meteorológico y nivológico superficial con la estructura interna del manto. GNIMET crea una base histórica que «refresca» la memoria del predictor y mejora su experiencia.

3.4. Nuevos horizontes

Esta aplicación cumple funciones similares a la francesa ADIPRA pero tiene evidentes limitaciones. La complejidad del análisis del riesgo de aludes en sus diferentes aspectos está impulsando el desarrollo de un gran número de herramientas informáticas con objetivos diversos y en diferente estado de desarrollo (Pahaut, 1995). GELINIV, ASTRAL y OASIS están diseñadas para aprovechar y gestionar toda la información nivológica disponible en un ámbito concreto. NXLOG concebida para mantener la seguridad de una zona esquiable, elaborar diagnósticos ladera por ladera y facilitar la gestión de los desencadenamientos preventivos. ELSA pensada para apoyar la toma de decisiones en la defensa pasiva. PROTEON trata de la predicción de ocurrencia de transporte eólico de la nieve, justamente uno de los problemas más candentes en la nivología operativa.

Pero es la cadena SAFRAN/CROCUS/MEPRA desamollada por *Météo-France* a través del CEN, la más interesante desde el punto de vista de la nivometeorología pirenaica. SAFRAN es una aplicación que suministra la información meteorológica y nivológica al modelo determinista CROCUS para que éste, a su vez, simule la evolución del manto de nieve a partir de un estado inicial dado en función de los datos meteorológicos; por último, MEPRA es un sistema experto que completa la representación nivológica de la zona analizada añadiendo informaciones de tipo mecánico, analiza la estabilidad de tipo natural y accidental del manto representativo de una zona y elabora un riesgo de desencadenamiento espontáneo (escala de 1 a 6) y otro de salida provocada (escala de 1 a 4).

Referencias

Marbouty, D., 1984: La prévision des risques d'avalanches. La Météorologie, 7^e serie, núm. 1, pp. 16-27.

Pahaut, E., 1995: Estimation du risque d'avalanches. Les outils informatiques d'aide a la décision actuellement disponibles en France. Neige et Avalanches, núm. 70, pp. 16-21.

Palzaut, E. y G. Giraud, 1995: La prévision du risque d'avalanches en France. Bilan et perspectives. La Météorologie 8^e serie, núm. 12, pp. 46-57.