

UN MÉTODO DE PREDICCIÓN DE COTA DE NIEVE Y SU APLICACIÓN EN LA ESTIMACIÓN DE PROBABILIDAD DE NEVADAS

José del Hoyo

Área de Técnicas y Aplicaciones de Predicción (ATAP), jdelhoyo@inm.es
Agencia Estatal de Meteorología, c/ Leonardo Prieto Castro, 8, 28071 Madrid

1. Introducción

En este trabajo se presenta un sencillo método práctico para la estimación de la cota de nieve, que, a pesar de su simplicidad, proporciona unos resultados bastante aproximados a las cotas de nieve observadas, según se desprende de las verificaciones realizadas.

Los resultados de verificación que se presentan, obtenidos durante el invierno 2003-2004, son utilizados para obtener una indicación probabilista de la cota, la cual combinada con la probabilidad de precipitación es utilizada para obtener la probabilidad de nevadas.

2. Metodología

Este método consiste en lo siguiente: A partir de los datos previstos de temperatura y altura del geopotencial, ambos de 850 hPa, se calcula, para cada punto, la altitud a la que se encontrarían los +3°C en el supuesto de que el gradiente vertical de temperatura fuera igual al de la atmósfera standard, es decir, de 0,65°C/100m. Esta altitud, así obtenida, es el valor estimado para la cota de nieve.

Este valor de cota de nieve es potencial, es decir, sólo tiene sentido cuando existe alguna probabilidad de precipitación, y, por tanto, para tener una estimación de la probabilidad de que se produzcan nevadas es necesario considerar, además, la probabilidad de precipitación.

Este procedimiento –con campos previstos del modelo de alta resolución del ECMWF (Centro Europeo de Predicción a Plazo Medio)- se ha venido utilizando, desde junio de 2004, para obtener la cota de nieve provincial que aparece en la predicción automática por localidades de la página web externa de la AEMET (Agencia Estatal de Meteorología de España). Este valor de cota de nieve provincial se calcula como media aritmética de los valores de cota de nieve obtenidos para cada uno de los puntos de grid de la provincia a la que pertenece el municipio para el que se realiza la predicción.

3. Verificación

Se realizó una verificación de este método, durante el invierno 2003-2004, analizando todos los casos en los que se observó precipitación en forma de nieve en alguno de los observatorios pluviométricos de la Comunidad de Madrid con altitudes comprendidas entre 530 y 1350 m. El número de observatorios con datos disponibles fue de 50, y el número de días con precipitación de nieve en alguno de estos observatorios, entre noviembre de 2003 y mayo de 2004, fue de 49.

Ordenando los observatorios utilizados en función de su altitud, la diferencia altitudinal máxima entre 2 observatorios consecutivos es de 136 m y la diferencia promedio entre ellos es de 17 m. El valor observado de cota de nieve se tomó como la media aritmética entre las altitudes del observatorio más bajo con precipitación en forma de nieve y la del siguiente observatorio más bajo que no registró, ya, precipitación de nieve.

No se utilizó el observatorio de Navacerrada (1890 m) porque la diferencia de altitud con el siguiente observatorio más bajo (1350 m) era demasiado amplia como para obtener un valor válido para la cota de nieve observada cuando ésta estaba comprendida entre 1350 m y 1890 m.

En la Base de Datos Climatológica, los datos de observación utilizados contienen habitualmente una indicación del período del día en que ocurrió la precipitación en forma de nieve. Cuando la precipitación en forma de nieve ocurrió por la mañana, la cota de nieve observada se ha comparado con la media de las cotas previstas para las 06 y 12 UTC, si ocurrió por la tarde la comparación se hace con la media aritmética de las cotas previstas para las 12 y las 18 UTC, y si ocurrió por la noche con la media de las cotas previstas para las 18, 00 y 06 UTC.

Los resultados de la verificación se muestran en la tabla 1. Aparecen conjuntamente los resultados del método descrito, y los de las predicciones realizadas por los predictores contenidas en las predicciones

provinciales de la AEMET, ambas para el primer día de validez de la predicción.

| | | Método práctico | | Predictores |
|---|-------|-----------------|-----------|-------------|
| | | Objetiva | Subjetiva | |
| EAM (m) | | 114 | 73 | 109 |
| ECM (m) | | 157 | 103 | 154 |
| Sesgo (m) | | 7 | -29 | 46 |
| Porcentaje de casos cuyo error es inferior a los umbrales indicados | 100 m | 57% | 74% | 57% |
| | 150 m | 69% | 90% | 71% |
| | 200 m | 78% | 94% | 84% |
| | 250 m | 90% | 96% | 90% |
| | 300 m | 90% | 98% | 94% |
| | 350 m | 94% | 98% | 98% |
| | 400 m | 98% | 100% | 98% |
| | 500 m | 100% | 100% | 100% |

Tabla1. Resultados de verificación para las predicciones de cota de nieve realizadas mediante el método práctico descrito (verificaciones objetiva y subjetiva) y para las realizadas por los predictores. (EAM: error absoluto medio, ECM: error cuadrático medio).

Este método se ha verificado de dos formas, que hemos denominado objetiva y subjetiva. En la objetiva, el valor previsto de cota de nieve se obtiene, en la forma descrita más arriba, considerando el período del día en que ocurrió la nevada según la información que figura en la Base de Datos Climatológica de la AEMET.

En la verificación subjetiva, para seleccionar el momento o período del día de comparación entre las cotas prevista y observada, además de considerar la información de la Base de Datos Climatológica, se ha tenido en cuenta también el momento o período del día en que, según la predicción provincial, ocurriría la precipitación. En esta verificación subjetiva, la cota de nieve prevista se ha elegido (de entre las de 00, 06, 12, 18 y 24 o promedios de ellas) considerando ambas fuentes de información, y cuando esta información resulta contradictoria se ha elegido el momento o período de comparación que de una forma subjetiva, pero exhaustiva, se ha considerado el más correcto en cada caso.

Los resultados de la verificación objetiva del método práctico y de las predicciones realizadas por los predictores son muy parecidos. Los resultados obtenidos mediante la verificación denominada subjetiva son claramente mejores.

En el caso más desfavorable (verificación objetiva), los valores de los errores absoluto medio (EAM=114 m) y cuadrático medio (ECM=157 m), así como el del sesgo (7 m), que es prácticamente inexistente desde el punto de vista práctico, parecen indicar que este sencillo método proporciona unas predicciones de cota de nieve bastante aproximadas a las observaciones reales y apoyan la impresión subjetiva

que tenemos sobre su buen comportamiento, deducido del seguimiento que hemos realizado del mismo durante estos cuatro años.

4. Consideraciones probabilistas

Dado que el sesgo obtenido es muy pequeño: 7 m, podría considerarse desde un punto de vista práctico como inexistente, y es fácil deducir que, en este caso, el error cuadrático medio es una indicación muy aproximada de la desviación típica (σ) del error entre los valores previstos y observados. Esto nos servirá, suponiendo una distribución normal para los errores, para obtener una indicación de la probabilidad de que la cota de nieve sea inferior a un valor dado. Por ejemplo: si tenemos una cota de nieve prevista, mediante este método, de 700 m; para hallar la probabilidad de que la cota de nieve este por debajo de un punto del terreno que estuviera situado a 1014 m, calcularíamos primero la puntuación típica correspondiente mediante

$$t = (1014 - 700) / \sigma \quad (1)$$

Como $\sigma = 157$ (tabla1), entonces $t = 2$. Y aplicando la distribución normal, obtendríamos, para este caso, una probabilidad de un 97.5%.

Disponer de una estimación de la probabilidad de que la cota de nieve esté por debajo de la elevación del terreno tiene interés en sí mismo, pero su mayor interés radica en que su combinación con la probabilidad de precipitación puede utilizarse para obtener la probabilidad de nevadas en cualquier punto de interés.

Si A y B son dos sucesos independientes, la probabilidad de que ocurran simultáneamente, $prob(A \cap B)$, es igual al producto de sus probabilidades, es decir,

$$prob(A \cap B) = prob(A) \times prob(B) \quad (2)$$

En nuestro caso, el suceso A sería que la cota de nieve esté a una altitud igual o inferior a la elevación del terreno, el suceso B la ocurrencia de precipitación, y el suceso $A \cap B$ sería la ocurrencia de precipitación en forma de nieve. Los sucesos A y B son independientes pues la probabilidad de ocurrencia de cada uno de ellos se obtiene independientemente de que se haya o no cumplido el otro. Por tanto, la probabilidad de ocurrencia de precipitación en forma de nieve, $prob(A \cap B)$, será igual a la probabilidad de que la cota de nieve esté a una altitud igual o inferior a la elevación del terreno, $prob(A)$, multiplicada por la probabilidad de ocurrencia de precipitación, $prob(B)$.

Dado que la probabilidad de precipitación la obtenemos para determinados intervalos temporales o períodos, la probabilidad de nevadas la obtenemos también para esos mismos períodos, y como la cota, sin embargo, se refiere a horas determinadas, se hace necesario estimar unos valores de cota para los mismos intervalos temporales. Para ello calculamos la media ponderada -por la probabilidad de precipitación- de las cotas incluidas en cada período, con el fin de dar más peso a las cotas de nieve de los alcances en que es más probable la precipitación y menos peso a las que corresponden con alcances en que la precipitación es menos probable. El factor de ponderación de cada cota de nieve es la media aritmética de las probabilidades de los períodos anterior y posterior a la hora de la cota.

Las figuras 1 a 3 muestran un ejemplo de mapas previstos de probabilidad de cota, probabilidad de precipitación (método Análogos-EPS) y probabilidad de nevada, obtenidos -los referentes a la nieve- mediante el procedimiento descrito, a partir de campos de temperatura y geopotencial en 850 hPa del HIRLAM 0.05, y válidos para el período 00-06 UTC del día 7 de marzo de 2007. Estos mapas de probabilidad de nevadas, son generados diariamente en el ATAP, mostrados en la web interna de la AEMET, y enviados a Protección Civil como ayuda a la planificación del apoyo logístico al tráfico por carretera en situaciones de nevadas.

También, estas probabilidades de nevada están siendo utilizadas, de forma experimental, para la elaboración de un nuevo producto automático requerido por ADIF (Administrador de Infraestructuras Ferroviarias) sobre alertas por nevadas a lo largo de las vías ferroviarias de interés general.

Los umbrales para los que actualmente se están obteniendo las probabilidades de nevada son 0, 2, 5 y 10 mm.

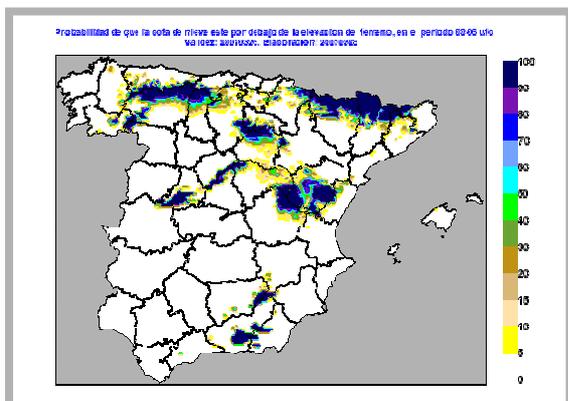


Fig.1.- Probabilidad de que la cota de nieve esté por debajo del nivel del suelo. Válido: 26 Mar 07, 00-06 UTC

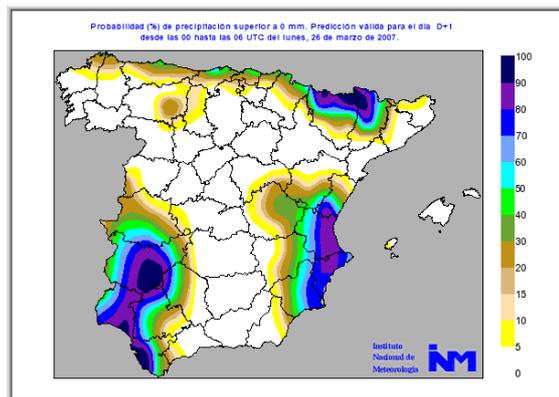


Fig.2.- Probabilidad de precipitación. Válido: 26 Mar 07, 00-06 UTC

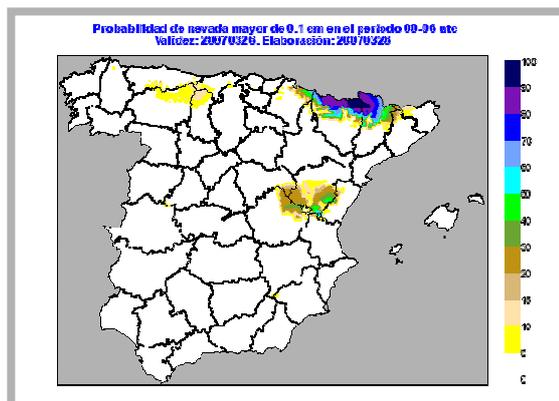


Fig.3.- Probabilidad de nevadas. Válido: 26 Mar 07, 00-06 UTC

5. Otras consideraciones

El método práctico de estimación de la cota de nieve que aquí se describe, aparte de sus buenos resultados, tiene la ventaja de su simplicidad, pero el inconveniente de no considerar -al menos explícitamente- la humedad relativa, variable ésta con una influencia clara, para la cota de nieve, en las capas inferiores al nivel de la isocero (Elizaga, 1992).

Se considera que una estimación de la cota de nieve basada en la estimación del nivel de la isocero del termómetro húmedo proporcionaría, probablemente, unos resultados todavía mejores, siempre que el valor de esta isocero del húmedo lo buscáramos en todos los niveles del modelo (los próximos a los niveles donde cabe encontrarla), para que el valor obtenido fuera lo más ajustado posible. Sin embargo, esta búsqueda parece de momento bastante costosa en cuanto a recursos informáticos y cabe preguntarse si las posibles mejoras que se obtendrían compensarían el empleo de unos recursos quizá demasiado amplios. La otra opción de aproximación a la isocero del húmedo, que sería intentar estimarla mediante interpolación, a partir de las temperaturas del termómetro húmedo en los niveles tipo, sería posiblemente una aproximación demasiado grosera

para obtener unos resultados que mejoraran a los de este sencillo método aquí descrito.

6. Referencias

Elizaga, 1992: Nota Técnica N° 6 del STAP (Servicio de Técnicas de Análisis y Predicción), Instituto Nacional de Meteorología, Madrid, 1992.