

AVENIDAS POR DESHIELO EN LA CUENCA ALTA DEL RIO ARAGON

P O R

ALBERTO LUNAR HERNÁNDEZ

Meteorólogo, Jefe del Negociado de Análisis Numérico, I. N. M.

INTRODUCCION

De los meteoros que determinan el régimen hidrológico de una cuenca, los aspectos glaciológicos y nivológicos, sin lugar a dudas, son los que más se resisten a una total comprensión y a su evaluación. Esta dificultad, junto al eminente carácter pluvial de las precipitaciones en nuestro país, ha hecho que excepto en casos muy particulares, se prescindiera en los estudios hidrológicos, de los aspectos glaciológicos.

En esta breve nota, queremos destacar no obstante, el interés de profundizar en este estudio, a pesar de las dificultades que presenta, tanto por la confusión e indeterminación en los aspectos teóricos, como por la carencia o baja calidad de observaciones y datos.

Esta somera revisión la hemos aplicado a la cuenca alta del río Aragón, en la que el agua almacenada en estado sólido, presenta dos cuestiones:

- a) Por un lado, la intensidad y mecanismo del deshielo.
- b) Intentar cuantificar la aportación del deshielo a las avenidas.

MECANISMOS E INTENSIDAD DEL DESHIELO

Como ya sabemos, tanto la evaporación como el deshielo, son procesos termodinámicos, y tienen que ser abordado por el método de balance de energías. Por ser el calor latente de fusión 80 cal./gr., por cada mm. de nieve fundida a 0°C se requiere 8 cal./cm². La energía para el deshielo, se toma según Linsley.

- 1.° De la condensación del vapor de agua de las capas de aire adyacentes.
- 2.° Del paso por conducción y convección de calor sensible de dichas capas.
- 3.° Del calor aportado por lluvias incidentes.
- 4.° De la conducción procedente del suelo subyacente.
- 5.° De la radiación neta.

En promedio, sólo el 40 % de la radiación solar nos llega a la superficie, del resto la mayor parte es reflejada en las capas altas de la atmósfera, formando el albedo de nuestro planeta. Esta radiación tiene mucha importancia en superficies líquidas, capaces de absorber hasta un 95 %, pero carece de ella en los mantos nivosos, que sólo retienen el 15 % aproximadamente. Por otra parte, la superficie emite energía en forma de radiación infrarroja, cuya intensidad, según la ley de Stefan, es proporcional a T^4 . Del balance energético debido a la radiación, no obtenemos nada apreciable para la escorrentía en una avenida.

Respecto a la temperatura del suelo, sabemos que a cierta profundidad, se mantiene invariable e igual a la temperatura media para ese lugar (capa homotérmica). Esta profundidad o nivel, depende de la amplitud de la variación anual de temperatura; en nuestra latitud es de unos 20 m. A partir de aquí, hay un gradiente geotérmico medio de $3^\circ\text{C}/100$ m. hacia el interior, y un intercambio de calor con el exterior. Este flujo de calor en invierno y principio de la primavera, es del interior hacia la superficie, y puede ser suficiente para mantener saturado el suelo y permitir una pronta respuesta del caudal, cuando tenga lugar una fusión por otras causas. Es de hacer notar, la capacidad de retención de agua de los mantos nivosos, que puede llegar a ser, según REMENIERAS, hasta de un 50 % de su valor en peso.

Otro aparte de calor, es por intercambio con el agua precipitada. La temperatura de las gotas de lluvia, se corresponde aproximadamente con la temperatura de la masa de aire húmedo. Al penetrar estas gotas en una capa de nieve su temperatura se reduce a 0°C , y el calor desprendido fundirá una masa

de nieve: $M = \frac{P \cdot t}{80}$ mm. siendo P la precipitación en mm. y t la temperatura de la lluvia en $^\circ\text{C}$. Así pues, el calor aportado por 10 mm. de lluvia a 10°C fundirá una masa de nieve por valor de $M = 1,25$ mm. y la aportación de estos 10 mm. de precipitación, sólo será de 11,25 mm. para la avenida. Normalmente, se sobreestima la importancia de la fusión debida a la lluvia, quizá porque las lluvias templadas van acompañadas de humedad y temperaturas elevadas, y a veces, con vientos moderados, y éstos como veremos ahora, son factores de capital importancia en el deshielo.

Por último, el intercambio de calor entre una capa de nieve y la atmósfera se efectúa por procesos de: conducción, evaporación, convección y condensación. Los dos primeros no van a influir, pues por conducción hay muy poco intercambio de calor, y la evaporación o sublimación de la nieve (que se produce cuando el punto de rocío es inferior a la temperatura de la superficie de la nieve o sea, la tensión de vapor de la nieve, mayor que la del aire), evidentemente, no aporta escorrentía.

La intensidad de paso de calor sensible por convección, es proporcional a la diferencia de temperaturas t_a del aire y t_s de la nieve, mientras que el paso de calor latente por condensación (que se produce al revés que la evaporación, temperatura de rocío mayor que la de la nieve) lo es de las tensiones

de vapor e_a y e_s . Además, ambos procesos son proporcionales a la velocidad del viento. Las masas de nieve fundidas por estos intercambios de calor serán:

$$\begin{aligned} M_{\text{conv.}} &= K_c (t_a - t_s) \cdot V \\ M_{\text{cond.}} &= K_d (e_a - e_s) \cdot V \end{aligned}$$

K_c y K_d son coeficientes a determinar en cada caso.

Este último proceso de condensación es el que tiene mayor importancia por ser el calor latente de condensación 7,5 veces mayor que el de fusión. En este caso 10 mm. de vapor condensado en la superficie de la nieve producen 85 cm. de agua líquida (10 del vapor más 75 de la nieve).

Estos e_a y t_a y V son los factores meteorológicos que más van a decidir en deshielo.

Algunos hidrólogos lo simplifican y trabajan sólo con la temperatura. Introdúcen el concepto de grado-día, que no es más que cada grado centígrado que la temperatura del aire está por encima de 0°C durante 24 horas. Así, un día que la temperatura media sea 10°C producirá: $10 \times 24 = 240^\circ$ día. Encuentran una relación para cuencas cubiertas completamente de nieve, de 2,7 a 6,8 mm. de nieve fundida por cada grado-día, según sea mayor o menor el espesor de vegetación.

APORTACIÓN DEL DESHIELO A LAS AVENIDAS DE LA CUENCA ALTA DEL RÍO ARAGÓN

Para hacer un estudio cuantitativo de las aportaciones por deshielo y por precipitación en una avenida, se precisa de una red de observaciones que desgraciadamente no tenemos. La cuenca del río Aragón es muy grande, así que la veremos en general, desde su nacimiento hasta el embalse de Yesa, con una superficie de 2.191 Km.², y con detalle hasta Jaca. Desde su nacimiento en el puerto de Somport, a 1.640 m., hasta Jaca, a 793 m., con una superficie de 238 Km.², puede ser representativa de cuenca pirenaica.

Observando las avenidas que se han producido en la década 63-73, se ve que la mayor parte de ellas, coinciden con el paso de un frente cálido.

Vamos a ver la mayor de estas avenidas, que se produjo del 8 al 9 de noviembre de 1966.

El primer gráfico corresponde a la situación meteorológica del día 5. Se observa una profunda depresión, que llega hasta las capas altas de la atmósfera, centrada al sur de Irlanda, con un frente cálido que barre los Pirineos, y los efectos producidos en cuanto a temperatura y precipitación, en Candanchú.

El segundo, a la cuenca del río Aragón, hasta Yesa, con datos de precipitación en varias estaciones, y de aforos en Yesa y Jaca, según los anuarios que edita la Dirección General de Obras Hidráulicas del Ministerio de Obras Públicas.

En el tercero están calculados los caudales correspondientes a la precipitación del día 8, y al aforo del mismo. Para obtener la escorrentía producida por una precipitación, hay que multiplicar a ésta por un coeficiente (coeficiente de

escorrentía) que varía de 0,6 a 0,8 y refleja las pérdidas por: retención, infiltración, evapotranspiración, etc. En el peor de los casos, multiplicamos por 0,9. Concretamente la evapotranspiración para esta zona de Aragón, en noviembre es de 25 mm./mes, según datos del Instituto Nacional de Investigaciones Agrarias.

En la obtención del caudal aforado, se tiene en cuenta el tiempo de concentración, tres horas aproximadamente, así pues se contabilizan 21 horas del día 8 y 3 horas del día 9.

La diferencia de caudales tiene que ser aportada por el deshielo.

Para terminar diremos que el tiempo de concentración, de capital importancia para prever en qué instante tendremos la mayor intensidad de la avenida, depende de la cantidad de agua en estado sólido que contenga la cuenca, pudiendo ser de 1,5 a 2 veces mayor.

También se ha observado que las avenidas en el río Aragón se producen generalmente en dos períodos de tiempo, 1.º el que va de noviembre a enero y 2.º en los meses de marzo y abril, y como consecuencia del paso de un frente cálido en el sentido WSW, ENE.

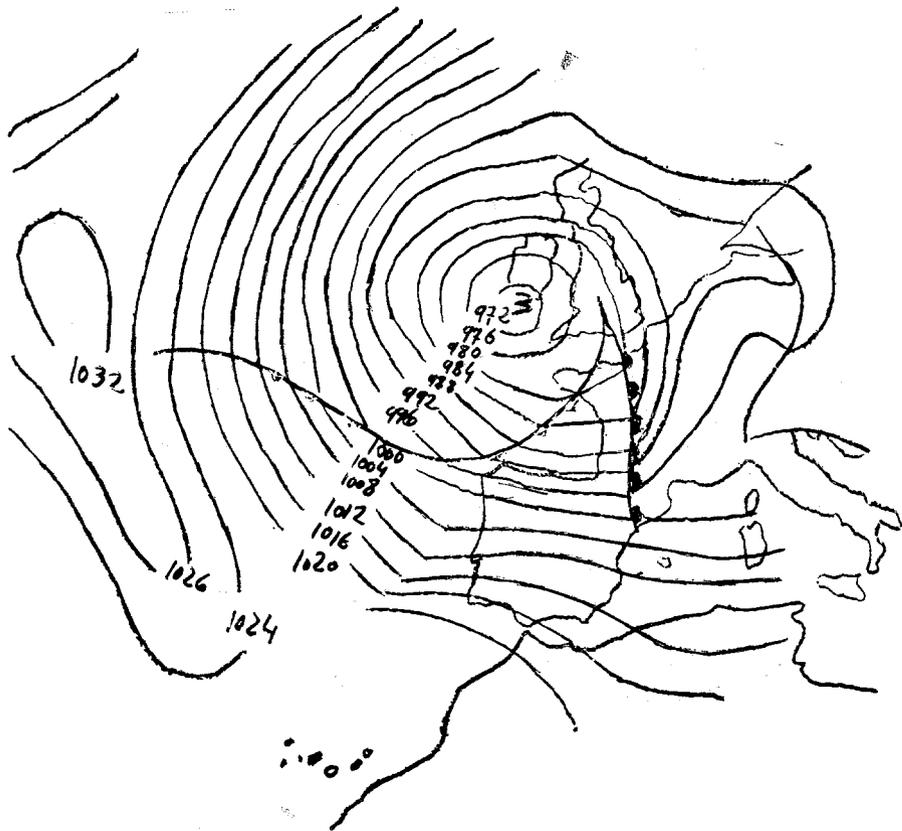
CONCLUSIONES

Cuando tengamos una cuenca con alto potencial de agua sólida almacenada, tendremos que estar atentos a las previsiones de paso de masas de aire templado y húmedo (frentes cálidos activos) pues nos producirán un gran aporte de agua líquida, o sea, una avenida.

Agradezco al Centro Meteorológico del Ebro, en la persona de su Jefe, don Alfonso Ascaso Liria, la amabilidad al facilitarme los datos de temperatura y precipitación disponibles de la cuenca del río Aragón.

REFERENCIAS

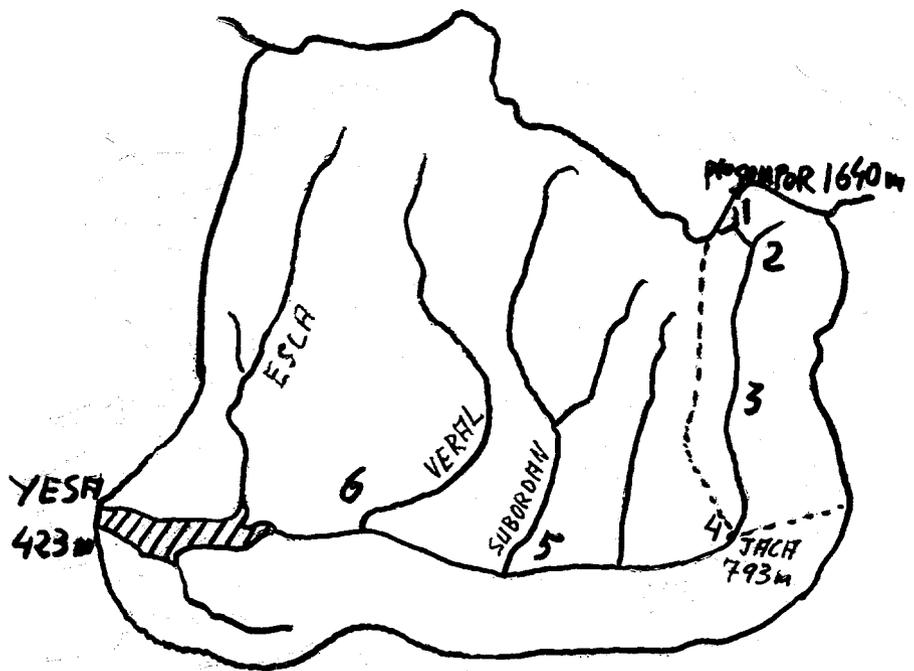
- DIRECCIÓN GENERAL DE OBRAS HIDRÁULICAS. *Aforos de los años 1963-1973.*
LINSLEY-KOHLER-PAULHUS. *Hidrología para Ingenieros.*
REMENIERAS. *Tratado de Hidrología Aplicada.*
ELÍAS CASTILLO y RUIZ BELTRÁN. *Agroclimatología de España.*
Boletines Diarios del Servicio Meteorológico Nacional.



5 noviembre 1966 00Z

TEMPERATURAS			
Días	7 h	18 h	PRECIPITACION
2	-6	-8	140 mm ☐
3	-6	-5	35 mm ☐
4	-8	-6	6 mm ☐
5	-4	-2	120 mm ☐
6	2	2	150 mm ☐
7	3	4	35 mm ●
8	3	2	45 mm ●
9	2	2	20 mm ●
10	-1	-2	0
11	-3	-3	0

Datos de Candanchú



AFOROS EN

Estación/Día	6	7	8	9
1. Candanchú		35	45	20
2. Canfranc		98		
3. Villanúa	68	50	10	62
4. Jaca			47	
5. Javierre	10	26	38	2
6. Villarreal				60

Precipitaciones en mm

Día	YESA	JACA
3	28.0 m ³ /seg	3.2 m ³ /seg
4	28.0 "	3,7 "
5	28.0 "	21.1 "
6	185.3 "	101.2 "
7	350.0 "	78.5 "
8	498.8 "	122.6 "
9	1324.0 "	94.2 "
10	559.8 "	22.7 "
11	275.8 "	15.7 "

AVENIDA RIO ARAGON EN JACA 8 · XI · 66

	<i>Pluvio- metro</i>	<i>Superficie medida</i>	<i>Precipitación</i>	<i>En 24 horas</i>	
PRECIPITACIÓN	1	69 Km ²	45 mm/día	3,105 · 10 ⁶ m ³	TOTAL: 6.978 · 10 ⁶ m ³
	3	110 Km ²	10 mm/día	1,100 · 10 ⁶ m ³	
	4	59 Km ²	47 mm/día	2,773 · 10 ⁶ m ³	

$$\text{APORTE PARA LA AVENIDA} = 0.9 \times 6,978 \cdot 10^6 \text{ m}^3 = 6,280 \cdot 10^6 \text{ m}^3$$

AFORO

$$122,6 \text{ m}^3/\text{seg} \times 21 \text{ horas} = 9,269 \times 10^6 \text{ m}^3$$

$$94,2 \text{ m}^3/\text{seg} \times 3 \text{ horas} = 1,017 \times 10^6 \text{ m}^3$$

$$\text{TOTAL AFORO} = 10,286 \cdot 10^6 \text{ m}^3$$