



**Congreso Nacional del Medio Ambiente**  
Cumbre del Desarrollo Sostenible

## COMUNICACIÓN TÉCNICA

# Análisis de los datos climáticos obtenidos en situaciones sinópticas extremas en la estación meteorológica del Aneto (3050 m). Macizo de la Maladeta, Pirineo Aragonés.

Autor: Javier del Valle Melendo

Institución: Dpto. de Geografía y Ordenación del Territorio, Universidad de Zaragoza.

E-mail: [delvalle@unizar.es](mailto:delvalle@unizar.es)

Otros autores: Luis Cáncer Pomar (Área de Geografía Física. Universidad de Jaén); Fernando Lampre Vitaller (Patronato de los Monumentos Naturales de los Glaciares Pirenaicos)



## **RESUMEN:**

Un equipo de investigación con financiación del Gobierno de Aragón instaló una estación meteorológica automática a 3050 m en la cara N del macizo de Aneto – Maladeta, en una zona rocosa entre los glaciares de Aneto y Barrancs. En el Pirineo aragonés se localizan los únicos glaciares actualmente existentes en España, que también son los más meridionales de Europa. Entre ellos destaca por su extensión el de Aneto, con una dinámica que todavía permite la existencia de dos lenguas y numerosas grietas de tracción. La estación aporta datos novedosos y muy importantes para conocer las características climáticas de estos aparatos glaciares singulares. La serie disponible abarca desde octubre de 2004 hasta octubre de 2007 y a medida que se haga más larga permitirá ir correlacionando diferentes variables climáticas con el comportamiento de los glaciares, que debido a su pequeño tamaño son muy sensibles a las variaciones ambientales, por lo que responden con rapidez a la evolución del clima. En la comunicación presentamos varias situaciones sinópticas que consideramos muy características y sus repercusiones en los parámetros climáticos más importantes registrados en dicha estación, representativos de lo ocurrido en los mismos aparatos glaciares de Aneto y Barrancs debido a su proximidad a la estación. Se analizan dichas situaciones características de la climatología sinóptica de los Pirineos (evolución, entrada de vientos, situación en superficie y altura, entrada de frentes etc.) y los datos registrados durante las mismas (temperatura máxima y mínima, acumulación de nieve, viento, etc.) para así ir determinando las características climáticas de la cara norte del macizo de la Maladeta a la misma altura a la que se localizan los glaciares en las situaciones sinópticas elegidas como más representativas.

## 1 INTRODUCCIÓN

En el Pirineo aragonés se localizan los únicos glaciares actualmente existentes en España, que también son los más meridionales de Europa.

A lo largo del siglo XX, se ha venido constatando una importante reducción en la superficie que ocupan. El cartógrafo Schrader calculó una superficie de 1.779 ha cubiertas por hielo (glaciares y heleros) en 1894. A mitad de los años 80 del siglo XX las mediciones de la superficie glaciada arrojaban una cifra de 562 ha (MARTÍNEZ DE PISÓN y ARENILLAS, 1988), que en 1992 se habían reducido a 495,7 ha (CHUECA y LAMPRE, 1994). En la actualidad, y según datos del programa ERHIN (Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino 2008) contamos con poco más de 200 ha entre glaciares y heleros.

Entre los glaciares que permanecen en nuestros días destaca por su extensión el de Aneto. Se localiza en la cara N del macizo de Aneto – Maladeta, donde también se sitúa el pico más elevado de la cordillera (Aneto 3.404 m), con una orientación N-NE, dentro del término municipal de Benasque (Huesca). Se trata del aparato glaciar de mayor extensión del Pirineo, considerando tanto la vertiente francesa como la española. En él se distinguen dos lenguas (oriental y occidental) y presenta una dinámica que permite la aparición de numerosas grietas de tracción.

Al E del mencionado glaciar, a escasos metros y separado de él por un espolón rocoso, se localiza el glaciar de Barrancs, de mucha menor extensión.

En la divisoria rocosa localizada entre los mencionados glaciares de Aneto y Barrancs, a 3.050 m de altitud, se ha instalado recientemente un observatorio meteorológico que aporta datos sobre las condiciones reales que se dan en las inmediaciones de los dos glaciares.



Figura 1. Localización de la estación meteorológica en los mapas de la Península Ibérica y de la Comunidad Autónoma de Aragón.

La estación aporta datos novedosos y muy importantes para conocer las características climáticas de estos aparatos glaciares singulares.

La serie disponible abarca desde octubre de 2004 hasta agosto de 2008, aunque con algunas lagunas derivadas de problemas técnicos puntuales, y a medida que se haga más larga permitirá ir correlacionando diferentes variables climáticas con el comportamiento de los glaciares, que debido a su pequeño tamaño son muy sensibles a las variaciones ambientales.

Tal como se señala en CANCER et al. (2006), los datos obtenidos servirán para comprobar la validez de las correlaciones entre altitud y determinadas variables climáticas, ya que los estudios realizados hasta la fecha sobre el clima de la más alta montaña pirenaica se han basado en proyecciones térmicas y pluviométricas según los gradientes altimétricos calculados para la zona, utilizando al efecto datos de estaciones situadas a altitudes muy inferiores, generalmente escasas en número, con series incompletas de datos y –en relación al interés glaciológico- bastante alejadas, por lo general, de los ámbitos glaciares.



Figura 2: vista de la torre de aparatos y armario de batería y software. Al fondo el glaciar de Aneto (septiembre 2007). Foto: J. del Valle.



Figura 3: torre de alimentación eléctrica y glaciar de Aneto al fondo (Septiembre 2007).  
Foto: J. del Valle.

## 2 MATERIAL Y OBJETIVOS

Los valores medidos en la estación son: temperatura exterior e interior de la caja de almacén de datos, humedad relativa, precipitación, viento (velocidad y dirección), innivación y radiación solar, con una periodicidad de 30 minutos.

Para este trabajo hemos utilizado datos del periodo 10 de octubre de 2004 al 14 de enero de 2005, por ser un lapso interesante que cubre buena parte del otoño y la transición al invierno, lo que permite analizar algunas las situaciones sinópticas más características y su repercusión en los parámetros que mide el observatorio. El análisis de este periodo ya dio lugar a un artículo (CANCER et al., 2006) en que se examinaban sus principales datos meteorológicos y se establecían gradientes altimétricos entre la estación del Aneto y otras cercanas de menor altitud. Se apuntaba el interés de ciertas situaciones sinópticas en relación a los datos meteorológicos obtenidos, pero las limitaciones de espacio impidieron desarrollar este apartado, que pretendemos abordar con cierto detalle en el presente trabajo.

Dentro del mencionado periodo hemos seleccionado algunas situaciones atmosféricas especialmente significativas y analizado los valores obtenidos en el observatorio durante las mismas, comparándolos con los de observatorios próximos situados a menor altitud y en localizaciones y orientaciones muy diferentes.

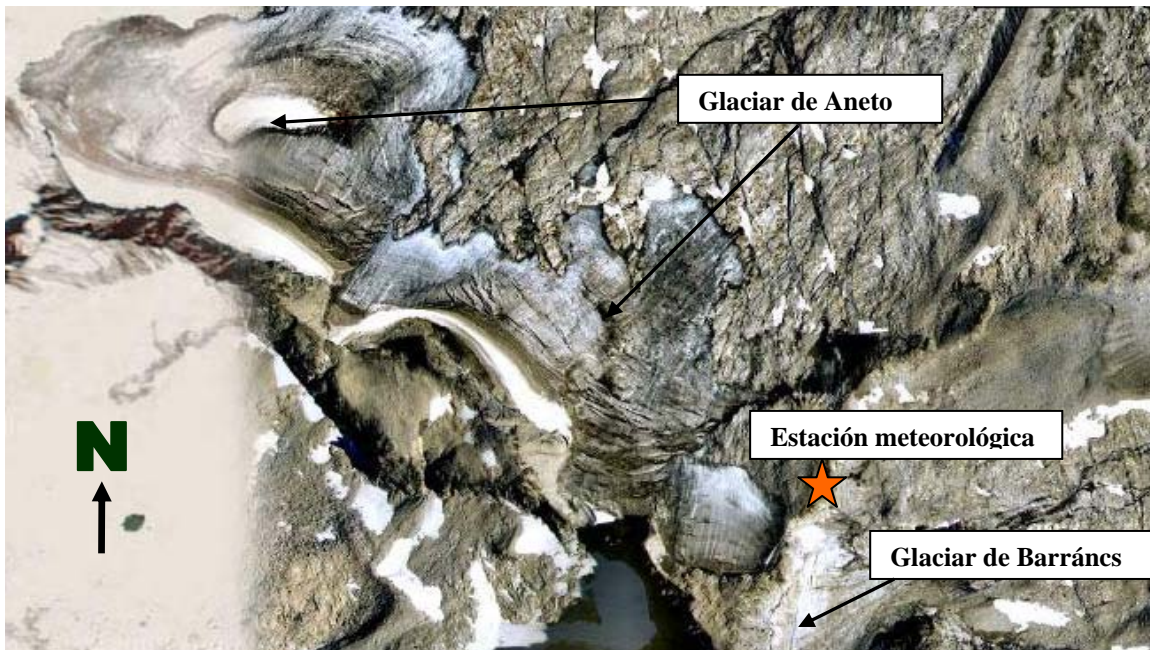


Figura 4. Localización de la estación sobre foto aérea. Elaboración propia sobre fotografía de Google Maps.

### 3 RESULTADOS: ANÁLISIS DE SITUACIONES SINÓPTICAS SIGNIFICATIVAS.

#### a) Situaciones de nevadas intensas:

*-30 de octubre de 2004*

El 30 de octubre se define una vaguada sobre la Península Ibérica con fuerte inestabilidad en altura ( $-24^{\circ}$  C a 5.000 m en el centro de la misma). A lo largo del día se traslada hacia el E y durante el 31 encontramos el centro de la Depresión (1.008 mb) sobre Los Pirineos, con  $-20^{\circ}$  C a 5.000 m en toda la Península y S. de Francia. Ello determina una situación de fuerte inestabilidad, mientras en superficie se produce la llegada de un frente ocluido desde el NE, que facilita la llegada de una masa de aire de procedencia mediterránea y por lo tanto húmeda a la Cordillera.

En la estación del Aneto la altura de la nieve alcanzó un espesor de 1,10 m a las 11.30 h y la temperatura osciló a lo largo del día entre  $-3^{\circ}$  C y  $-7^{\circ}$  C.

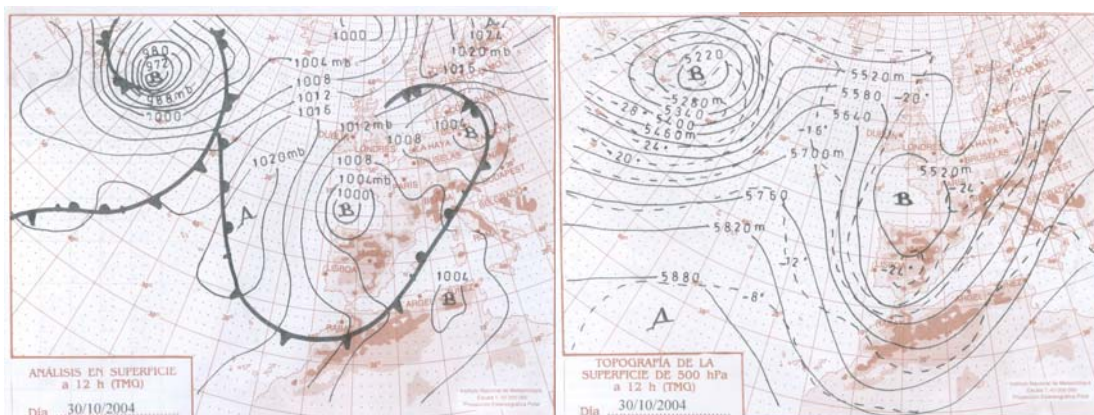


Figura 5: Situación sinóptica de superficie y altura del 30–10–2004.

En observatorios próximos las precipitaciones fueron; Eriste (1.050 msm): 7.2 mm, Baserca (1.436 msm): 4.6 mm, Laspaúles (1.500 msm): 11.2 mm.

*-17 y 18 de diciembre de 2004*

A lo largo del día 16 comienza a establecerse una corriente de vientos del NO sobre Los Pirineos entre el anticiclón situado en las proximidades de las Azores y una profunda borrasca al N de Escocia.

El día 17 la corriente se afianza, las altas presiones se mantienen en el mismo lugar y la zona de bajas presiones presenta tres centros: Islandia, Noruega y sobre Italia, definiéndose en altura una profunda vaguada planetaria de eje NO-SE desde Islandia hasta Túnez.

Esta situación permite que un sistema frontal compuesto por frente cálido y frío cruce la Cordillera entre los días 17 y 18, quedando atrás una corriente de vientos que sigue siendo del NO.

A partir de las 21 h del día 18, en la estación del Aneto se registran alturas máximas de nieve, que superan levemente el valor 1,10 m con temperaturas entre  $-4^{\circ}$  C y  $-7^{\circ}$  C. Las rachas máximas de viento indican 27 m/sg, aunque a partir de las 17 h del día 18 pasan a cero de forma brusca y prolongada.

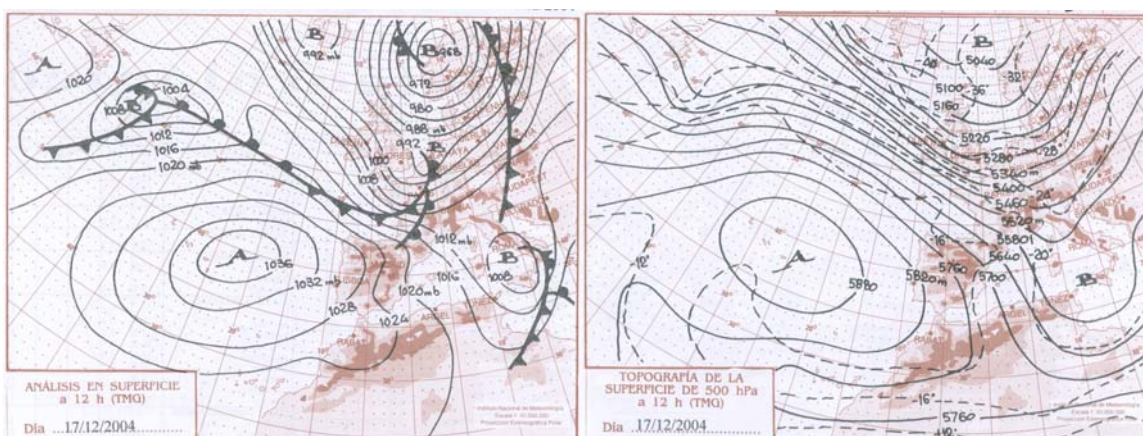


Figura 6: Situación sinóptica en superficie y altura del 17–12–2004.

En las estaciones próximas la precipitación caída fue; Eriste: 0 mm, Baserca: 13.1 mm, Laspaúles: 0 mm.

## B) Ola de frío y viento intenso

*-14 y 15 de noviembre de 2004*

Durante el 14 de noviembre una clara corriente de vientos del NE barre cruzando toda la cordillera pirenaica, impulsada por las altas presiones (1.040 mb) centradas al O de Bretaña y las bajas (996 mb) al S de Italia. En altura la mayor inestabilidad aparece en el Pirineo oriental (-20° C a 5.000 m) y en el Golfo de León (-24° C a 5.000 m). La situación del día 15 es muy similar, aunque el gradiente de presión es algo menor y la mayor inestabilidad en altura se traslada hacia el mediterráneo.

Esta situación determina la entrada de aire seco y muy frío del interior del continente europeo, lo que explica los valores tan bajos registrados en la estación del Aneto (-17.2° C a las 3 h del día 15 y -16° C durante las últimas horas del día 14).

Se trata de una ola de frío importante provocada por la llegada de una masa de aire frío y seco del NE. Esta situación comenzó con vientos del NO, más húmedos y templados, que provocaron abundantes nevadas los días anteriores. Estos vientos fueron girando hacia el N y después al NE a medida que el anticiclón atlántico entraba en cuña por el continente europeo, mientras las bajas presiones se mantenían estables en el mediterráneo occidental.

Además, durante los días 14 y 15 de noviembre se registran velocidades de viento de más de 27 m/s (casi 100 km/h) en la misma estación, explicadas por el fuerte gradiente de presión entre los dos centros de acción mencionados (especialmente el día 14), lo que explica que aunque con momentos de subida, la tendencia en la altura eficaz de nieve sea claramente descendente a lo largo de los dos días, pues domina el arrastre sobre la acumulación, pasando de espesores de 60 cm a las 21:30 h del día 14 a menos de 25 cm en diferentes momentos del día 15.

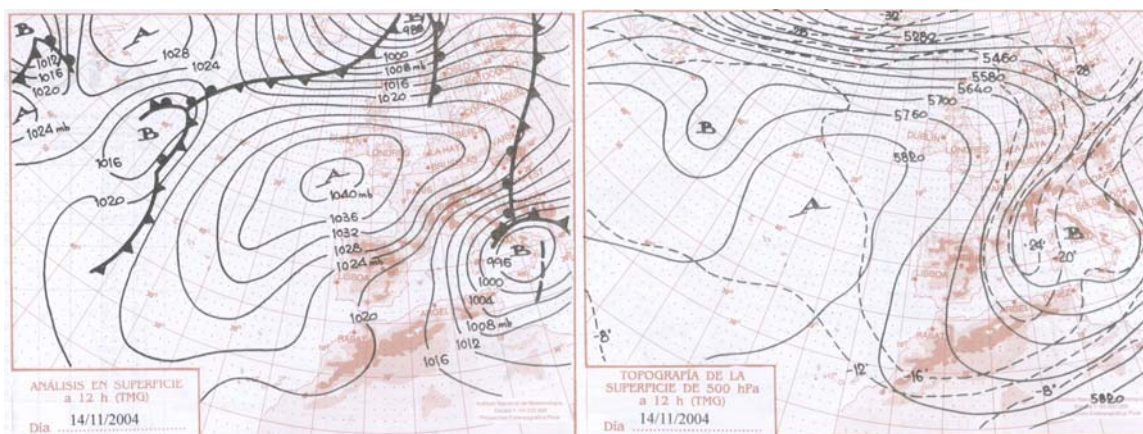


Figura 7: situación sinóptica en superficie y altura del 14-11-2004.

Los días posteriores (16, 17 y 18) estuvieron marcados por una progresiva ocupación de los Pirineos por las altas presiones atlánticas, lo que determinó un tiempo mucho más estable, con viento de componente N pero más suave, y temperaturas que superaron los +6° C durante las horas centrales del 18.



b) Ola de frío e intensa nevada

-25, 26 y 27 de diciembre de 2004

El día 24 se observa una retirada de las altas presiones atlánticas hacia el NE, lo que va a facilitar la llegada de masas de aire desde el NO, frías y húmedas, facilitado por el hecho de que en el N de Africa hay una cierta inestabilidad en altura.

El día 25, un frente frío con aire ártico marítimo (frío y húmedo) cruza Los Pirineos impulsado por una marcada corriente de vientos del NO generados entre las altas presiones atlánticas localizadas al N de las Azores (1040 mb) y una profunda borrasca sobre Noruega, que en altura se asocia con una vaguada planetaria desde el mar del Norte hasta el Atlas norteafricano. La inestabilidad es muy marcada (-24° C sobre la vertical del Pirineo). El día 26 aparece una profunda borrasca sobre el golfo de Génova (992 mb) y entre ella y las altas presiones atlánticas (1.040 mb) se define una corriente de vientos del N sobre la Cordillera. En su zona oriental llegan vientos del interior de Europa, muy fríos, y en altura se intensifica la inestabilidad (-36° C a 5.000 m sobre la vertical de Los Pirineos) con la vaguada planetaria en una posición similar a la del día anterior.

En la estación del Aneto, este día se registran -19.4° C a las 15.30 h, el valor más bajo registrado por la estación en el periodo analizado en el presente trabajo, pero que fue superado sólo un mes más tarde (-26° C el 26 de enero de 2005).

Durante el día 27 la situación fue similar, aunque se acercan algo las altas presiones y se debilita la entrada de aire frío del N. En altura la vaguada se desplaza hacia el E, pero queda un núcleo de inestabilidad muy activo al SE de la Península (-36° C en la vertical de Almería).

Desde las 20 h del día 25 y durante el 26 y 27 son frecuentes los registros de máxima altura de nieve, entre 1 m y 1,12 m.

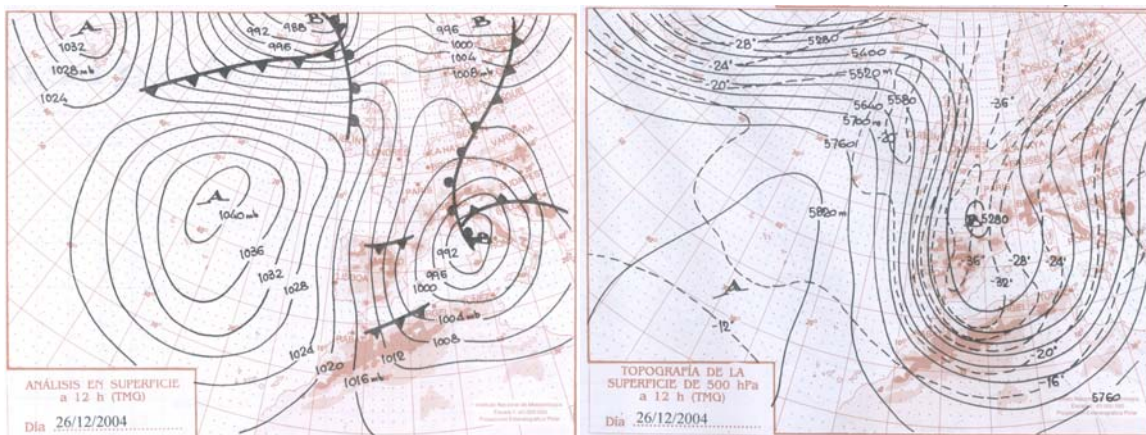


Figura 8: Situación sinóptica en superficie y altura el 26 – 12 – 2004.

En Eriste, Laspaúles y Baserca no se registró precipitación alguna durante los tres días. Los valores térmicos mínimos en observatorios próximos a menor altura fueron:

- Erise: -7.6° C (día 28)
- Laspaúles: -8.2° C (día 27)
- Baserca: -6.7° C (día 26).

c) Altas presiones e inversión térmica.

- 6 de enero de 2005

Las altas presiones ocupan la atmósfera peninsular durante toda la primera quincena de enero. Este día el anticiclón presenta una presión máxima de 1.040 mb sobre el centro de la Península, con estabilidad en altura sobre toda ella y el SO de Francia. Con esta situación no se produce viento ni hay nubosidad destacable sobre la cordillera pirenaica, por lo que las temperaturas diurnas alcanzan valores relativamente altos, bajando por las noches, pero de forma más acusada en los fondos de valle, donde se acumula el aire frío (efecto favorecido por la propia orografía y por la menor insolación que reciben los fondos de valle en estas fechas).

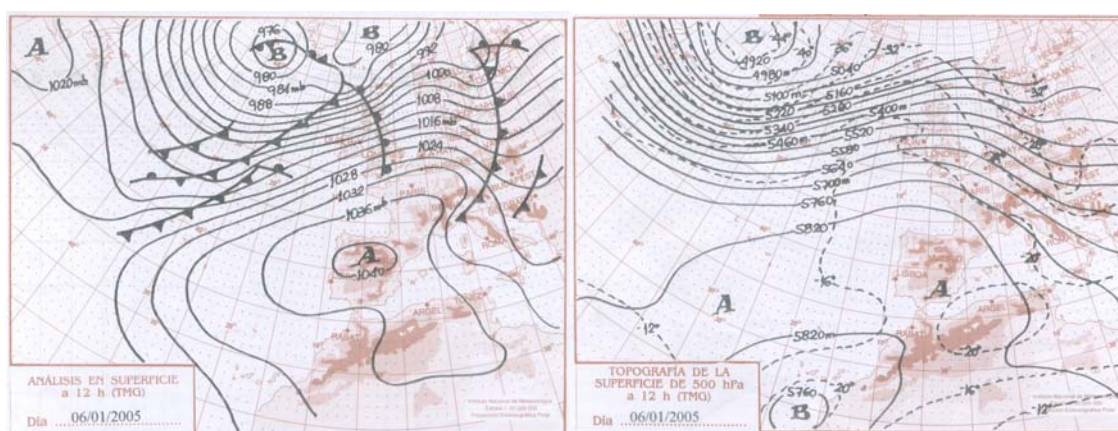


Figura 9: Situación sinóptica en superficie y altura el 6 – 01 – 2005.

Así, las temperatura observada alcanzaron unos valores máximos en torno a +3° C. La mínima fue de -0.5° C a las 4 h.

En los observatorios próximos los valores observados fueron:

Eriste t: -5.1° C, T: +13.5° C.

Laspaules t: +3.6° C, T: +14.1° C.

Baserca t: +1° C, T: +11.5° C.

Destaca como valor inferior la mínima de Eriste, observatorio situado en el fondo de valle (al revés que los otros dos) en una zona muy favorable a la acumulación de aire frío en situaciones de estabilidad invernal en las que se producen fenómenos de inversión térmica. Resulta curioso como la mínima de esta localidad, situada a 1.050 m, es muy inferior a los valores más bajos registrados a 3.050 m en la misma fecha, lo que demuestra la intensidad que estos fenómenos de inversión alcanzan con situaciones como la analizada.



#### 4. Conclusiones

La estación meteorológica del Aneto, a 3.050 m de altitud, permite disponer de una fuente de datos climáticos muy interesantes para conocer el clima del mayor ámbito glaciado de los Pirineos, única cordillera española que conserva masas glaciares. La relación entre ciertos meteoros registrados por dicha estación y las situaciones sinópticas que los originan, ceñida en este trabajo a un periodo del otoño-invierno de 2004-2005, contribuye a conocer con mayor precisión el clima de la más alta montaña pirenaica.

Episodios de importantes nevadas se han producido con advecciones del NO (vientos húmedos atlánticos) y del E (vientos del mediterráneo), en este caso acompañadas de fuerte inestabilidad en altura. Ambas situaciones han provocado temperaturas moderadas –teniendo en cuenta la altitud de la estación-, no inferiores a  $-7^{\circ}$  C.

Las advecciones del NE ocasionan olas de frío. Vientos fríos y secos que provocan importantes descensos térmicos, inferiores a  $-17^{\circ}$  C, y que con frecuencia van acompañados de fuertes vientos, rozando los 100 km/h, en momentos de gradientes de presión muy marcados. Estos vientos tienen el importante efecto del barrido nival en las zonas más venteadas (la estación del Aneto se localiza en una cresta rocosa muy expuesta a los vientos), de manera que en pocas horas se pueden perder importantes espesores de nieve.

Por otra parte, las advecciones del N, que facilitan la llegada de vientos de origen ártico, hacen bajar bruscamente las temperaturas (hasta  $-19,4^{\circ}$  C), fenómeno acompañado de fuertes nevadas, que permiten superar el metro de espesor, cantidad importante en una cresta estrecha y venteada.

Las altas presiones típicas de muchos periodos invernales en la Península Ibérica ocasionan inversiones térmicas de acusada magnitud en los Pirineos, registrándose a más de 3.000 m temperaturas mínimas ( $-0,5^{\circ}$  C) sensiblemente más elevadas que en fondos de valle ubicados 2.000 metros por debajo ( $-5,1^{\circ}$  C).



## BIBLIOGRAFÍA

-MARTÍNEZ DE PISÓN, E. y ARENILLAS, M. (1988). “Los glaciares actuales del Pirineo español”. En *La nieve en el Pirineo español*. M.O.P.U., Madrid, pp. 29-98.

-CHUECA, J. y LAMPRE, F. (1994). *Los glaciares altoaragoneses*. Instituto de Estudios Altoaragoneses, Diputación de Huesca. 32 pp, Huesca.

-CANCER L; LAMPRE F; DEL VALLE J. “Análisis de los primeros datos de la estación meteorológica del Aneto (3050 m, Macizo de la Maladeta, Pirineo Aragonés). Su interés glaciológico”. En CUADRAT, J.M<sup>a</sup> et al (eds.): *Clima, Sociedad y Medio Ambiente*. Publicaciones de la Asociación Española de Climatología, serie A, n. 5 pp. 541-551.

-MINISTERIO DE MEDIO AMBIENTE Y MEDIO RURAL Y MARINO (2008). Datos sobre la nieve y los glaciares en las cordilleras españolas. El programa ERHIN (1984 – 2008). Ed. Dirección General de Agua, Secretaría de Estado del Medio Rural y Agua.