

ANÁLISIS DE LA TEMPERATURA EN ALTA MONTAÑA: RECIENTE DESCENSO TÉRMICO INVERNAL EN EL PIRINEO ORIENTAL Y SU RELACIÓN CON LA CIRCULACION ATMOSFÉRICA. RESULTADOS PRELIMINARES

Juan Carlos PEÑA RABADÁN, Carles GARCÍA SELLÉS, Pere ESTEBAN i VEA, Glòria MARTÍ i DOMÉNECH, Marc PROHOM DURAN
Servei Meteorològic de Catalunya
Generalitat de Catalunya

RESUMEN

El presente trabajo apunta la posible finalización del aumento de las temperaturas medias registrado a mediados del siglo XX en zonas de alta montaña del Pirineo Oriental, a través de del análisis de las temperaturas mínimas invernales. Los resultados indican incluso una oscilación térmica negativa apreciable y ponen de manifiesto su relación con una inflexión en la evolución del índice de la Oscilación del Atlántico Norte (NAO) desde 1990 hasta 2006.

Palabras clave: alta montaña, temperaturas invernales, Oscilación del Atlántico Norte, oscilación térmica.

ABSTRACT

In this communication, an analysis of winter mean minimum temperatures at high elevation sites of the Eastern Pyrenees is carried out, indicating a likely disruption of the warming detected in mid-twentieth century. The results also detect a noticeable negative oscillation, in close relation to the inflection of the North Atlantic Oscillation index highlighted from 1990 until 2006.

Key words: high elevations, winter temperatures, North Atlantic Oscillation, temperature oscillation

1. ESTADO DE LA CUESTIÓN Y OBJETIVOS

Está asumido por la comunidad científica que las temperaturas a lo largo del siglo XX han aumentado en regiones de alta montaña, tal y como lo demuestran los estudios realizados en los Alpes (BENISTON *et al.*, 1997; DIAZ y BRADLEY, 1997). No obstante, el análisis de las variables climáticas en el Pirineo a partir de observatorios de alta montaña es una de las asignaturas pendientes. Este hecho puede deberse, en gran parte, a la escasez de series meteorológicas suficientemente largas con continuidad hasta el presente como para desarrollar dichos estudios. En este sentido varios de los autores consultados se refieren a este hecho e incluso reivindican el mantenimiento de dichos observatorios y estaciones ya que los datos resultantes son una de las herramientas de trabajo más valiosas a la hora de evaluar las tendencias climáticas (DIAZ y BRADLEY, 1997).

Como marco de referencia más próximo a los Pirineos, y ciñéndonos al análisis de las temperaturas, las investigaciones efectuadas en los Alpes demuestran que es en regiones de alta montaña donde se identifican mejor los cambios de tendencia en la evolución de las temperaturas (JUNGO y BENISTON, 2001). En este trabajo y en BENISTON (2005) se aborda el comportamiento regional de las temperaturas en Suiza para el periodo 1960-1993. Para dicho intervalo hay una clara tendencia a la alza de las temperaturas entre 1988 y 1992 en los Alpes, especialmente de las mínimas y que es debida en gran parte a anomalías en la presión, relacionadas con la variación del índice NAO. La anomalía de la temperatura en cotas altas excedía 4°C, mientras que en zonas bajas solamente 2°C (JUNGO y BENISTON, 2001). Además de la tendencia positiva citada, se observa un marcado incremento de “olas de calor” en periodos invernales en zonas de alta montaña, que se asocian a fuertes y persistentes fases positivas de la NAO.

Respecto al Pirineo, VILAR (2003) y LLEBOT (2005) concluyen que se ha registrado un aumento térmico generalizado durante el último cuarto de siglo XX. VILAR (2003) confirma la evolución positiva de la temperatura durante el periodo 1960-2000 en el Pirineo Oriental, distinguiendo tres episodios. Así, respecto a los inviernos, de 1960 a 1974 las temperaturas son inferiores a la media, de 1974 a 1986 se mantienen constantes y finalmente de 1986 a 1998 son superiores a las normales. Finalmente, un intento para el estudio del cambio climático en el Pirineo de Catalunya, especialmente por las implicaciones que conlleva al sector turístico, es el dirigido por LLEBOT (2005) en el que se evalúa la evolución de las variables climáticas a partir de datos socio-económicos.

El objetivo del presente trabajo es, por una parte, identificar la oscilación de las temperaturas que actualmente se está produciendo en invierno en la alta montaña (Pirineo Oriental) tras ese periodo de incremento registrado en los Alpes y Pirineo, y por otra parte, poner en relación este cambio de comportamiento en la temperatura con la circulación atmosférica, concretamente, con la evolución del índice NAO. Todo ello desde la perspectiva de un estudio preliminar o, en todo caso, como una primera aproximación al hecho de una posible oscilación en la tendencia al incremento de las temperaturas iniciado en el último tercio del siglo XX.

2. BASE DE DATOS

Las series utilizadas en este estudio han sido la de La Molina a 1.703 m con datos entre 1960 y 1997 y la del Port del Comte a 1.800 m con datos entre 1984 y el 2005, ambas pertenecientes a la red de observatorios del Instituto Nacional de Meteorología. Por otra parte, se ha utilizado la estación de la Bonaigua integrada en la Red de Estaciones Nivometeorológicas de Catalunya (XANIC) gestionada por el Servei Meteorològic de Catalunya, serie continua desde su instalación en el año 1997. La estación de la Bonaigua se encuentra ubicada en el municipio de la Vall d'Àneu en el Pallars Sobirà a 2.250 m de altitud. Se trata de una estación automática sometida a un mantenimiento preventivo y correctivo con sistemáticas comparativas de patrones, dadas las duras condiciones ambientales a que se ven sujetas. Así, los datos están sometidos a un estricto control de calidad que garantizan su validez (GARCÍA *et al.*, 2003).

Se ha creado una única serie a partir de las series La Molina y el Port del Comte con la finalidad de tener una serie continua entre los años 1960 y el 2005. Se han utilizado los catorce años comunes, 1984 a 1997, con el fin de aplicar un modelo de regresión lineal y

reconstruir la serie de La Molina. Aplicado a los meses correspondientes al invierno climatológico, es decir, diciembre, enero y febrero (DEF) los coeficientes de correlación y los parámetros de las rectas son los que muestran la Tabla 1. Los coeficientes de correlación son significativos con un nivel de confianza del 95% y 12 grados de libertad.

	T max (°C)			T mín (°C)		
	r	a	b	r	a	b
Diciembre	0,94	0,11	0,86	0,92	-1,08	1,09
Enero	0,91	0,94	0,16	0,79	0,90	-1,94
Febrero	0,89	0,89	0,97	0,83	0,71	-1,68

Tabla 1. COEFICIENTE DE CORRELACIÓN Y PARÁMETROS DE LAS RECTAS DEL MODELO DE REGRESIÓN

Para testear la homogeneidad de la serie reconstruida se ha utilizado el test de Alexandersson (ALEXANDERSON, 1986) y el de Von Neumann. Ambos tests dan como resultado la no homogeneidad de las series. Para identificar los posibles puntos de ruptura se ha aplicado el método de las desviaciones acumuladas (figura 1). Este método además permite identificar posibles tendencias en la serie.

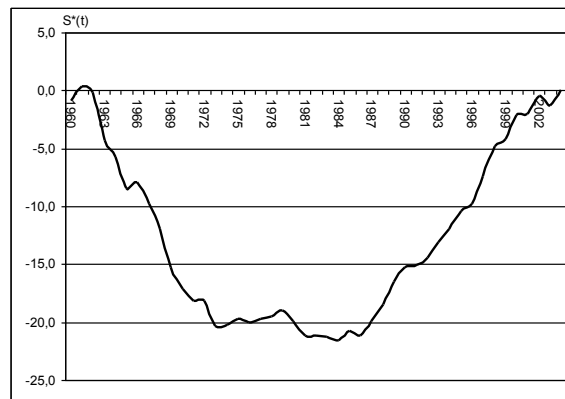


Fig. 1: Desviaciones acumuladas para la serie reconstruida de temperaturas mínimas de La Molina.

El desplazamiento de la media es debido a una evolución polinómica de segundo grado que es el comportamiento esperado en caso de tendencias naturales de la serie y no debido a un efecto producido por un error sistemático o similar (RODRÍGUEZ, 1995). Por tanto, se puede concluir del análisis que la serie reconstruida es homogénea con una tendencia debida a unas causas naturales. La señal climática se utilizará para desarrollar un estudio de la tendencia, cuantificarla y compararla con los resultados existentes en los Alpes. Además, se ha utilizado la serie del Observatorio Fabra situada a 411 m y ubicada en el municipio de Barcelona para comparar la tendencia identificada en alta montaña y la que se observa en la media montaña mediterránea. La serie de la Bonaigua se utilizará para un análisis más profundo de la evolución de la temperatura en alta montaña en los últimos años del siglo XX y los primeros del siglo XXI.

3. EVOLUCIÓN DE LA TEMPERATURA EN ALTA MONTAÑA EN EL PERIODO 1961-2005

Se ha analizado la evolución de la temperatura mínima media de la serie de La Molina con su homóloga del Observatorio Fabra de Barcelona, con el objetivo de comparar las tendencias de una serie de alta montaña con una de media altura. A grandes rasgos, la evolución de ambas series es claramente positiva, en especial a partir de la última mitad de la década de 1980 y manteniéndose positiva durante la década de los 90 (figura 2). La magnitud de la tendencia derivada a partir de la pendiente de la línea de regresión muestra, para la totalidad del período (1960-2005) un incremento de $+3,3^{\circ}\text{C}$ para La Molina y de $+1,8^{\circ}\text{C}$ para el Observatorio Fabra. Aunque absolutamente sincrónico, la magnitud de la amplitud es para el caso de La Molina superior al registrado en otras regiones montañosas, como los Alpes. Así, BENISTON (2005) cifra en 2°C el aumento de las temperaturas mínimas para la totalidad del siglo XX, y en algo más $1,5^{\circ}\text{C}$ para el período 1960-2000, un valor inferior al detectado en la serie del Pirineo Oriental. Tal y como indica VILAR (2003), el incremento registrado en La Molina supera con claridad al registrado en otras series próximas posiblemente ligado a factores locales. Con todo, de la figura 2 se desprende un aspecto de gran interés. A partir de 1998 se aprecia con claridad una tendencia negativa, cifrándose en aproximadamente $0,5^{\circ}\text{C}$ el descenso experimentado en La Molina entre 1999 y 2005. Es precisamente este cambio o pulsación negativa el que será objeto de análisis detallado en los siguientes apartados, intentando establecer posibles relaciones con la variabilidad de la circulación atmosférica en nuestras latitudes.

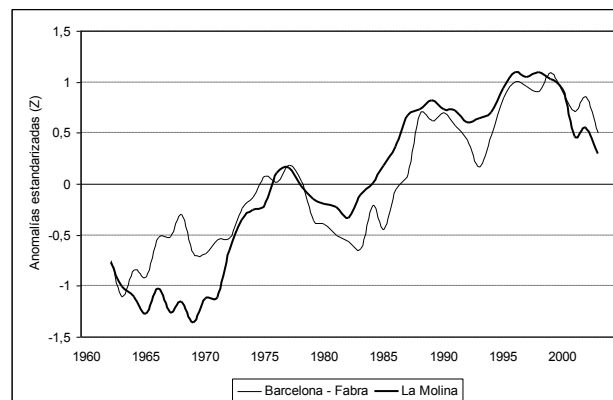


Fig. 2. Anomalías estandarizadas de temperatura mínima invernal (DEF) en La Molina y Observatorio Fabra, para el período de referencia 1960-2005. Se ha aplicado un filtro de cinco años para extraer el ruido interanual.

4. EVOLUCIÓN DE LA TEMPERATURA MÍNIMA INVERNAL EN LA BONAIGUA EN EL PERIODO 1997-2006

Observado el cambio de tendencia en La Molina a partir de 1998, y dado que la serie de la Molina ha sido reconstruida para el período 1997-2005 debido a una serie de lagunas, se ha optado por recurrir a los datos de la estación de la Bonaigua (2.250 m) para observar esa posible oscilación.

Dado que las temperaturas mínimas parecen ser la variable meteorológica que muestra oscilaciones más claras en la evolución del clima en la alta montaña durante el siglo XX (BAERISWYL y REBETEZ, 1996), se ha procedido al tratamiento de las temperaturas mínimas diarias de los DEF de 1997 a 2006 para la estación de la Bonaigua. En la región de los Alpes, en zonas superiores a los 2.000 m de altitud, se ha concluido que durante la década 1989-1999 ha habido un aumento excepcionalmente notable de las temperaturas mínimas diarias de DEF, en relación a la evolución de las mismas en todo el siglo XX (JUNGO y BENISTON, 2001). A partir de estas conclusiones, se alertaba de un probable mantenimiento de la tendencia al alza de las temperaturas mínimas en invierno en el inicio del siglo XXI (BENISTON, 2005), de especial repercusiones negativas en un entorno ambiental vulnerable como el de la alta montaña. No obstante, acorde con el cese del incremento de la temperatura media de DEF en la serie de la Molina a partir de 1996, se observa en la serie de la Bonaigua de 1997 a 2006 una progresiva disminución de la temperatura mínima diaria (figura 3), netamente apreciable durante los últimos 4 inviernos.

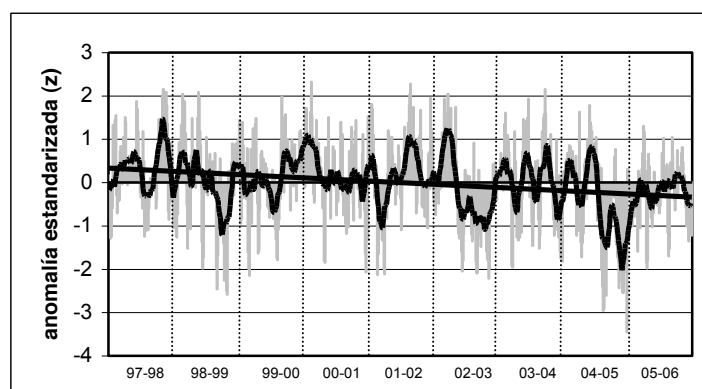


Fig. 3: Evolución diaria de la temperatura mínima en la estación de la Bonaigua (2.250 m) en los DEF de 1997-1998 a 2005-2006, suavizada con media móvil de 15 días. Los registros están expresados como valores z de anomalía estandarizada a partir de los estadísticos del periodo 1997-2006.

Efectivamente, en el invierno 1998-1999 y, especialmente, desde el 2002 al 2006 se observan anomalías estandarizadas negativas que no se registraban desde hacía 25 años, concretamente desde el invierno 1981-1982, es decir, con anterioridad al fuerte incremento de las temperaturas mínimas observado en la década 1986-1996. Es más, el invierno 2004-2005 ha sido en alta montaña el más frío de los últimos 40 años, con una mínima absoluta de $-22,5^{\circ}$ en la Bonaigua y registros similares en el sur peninsular (Calar Alto, Almería, $-20,0^{\circ}$ C).

Se ha procedido al cálculo de la función de densidad de probabilidad (FDP) de las temperaturas mínimas diarias de los DEF de 1997 a 2006 para la estación de la Bonaigua, con el fin de detectar el comportamiento de los valores extremos. La temperatura media de las mínimas de Bonaigua de los meses DEF de esos 9 años es de $-6,5^{\circ}$ C, y dado que se observa una tendencia descendente en la evolución de las temperaturas medias de los DEF (1997-2006), $-5,8^{\circ}$ para D1997-F2002 y $-7,5^{\circ}$ C para D2002-F2006, se ha calculado la FDP para ambos periodos (figura 4).

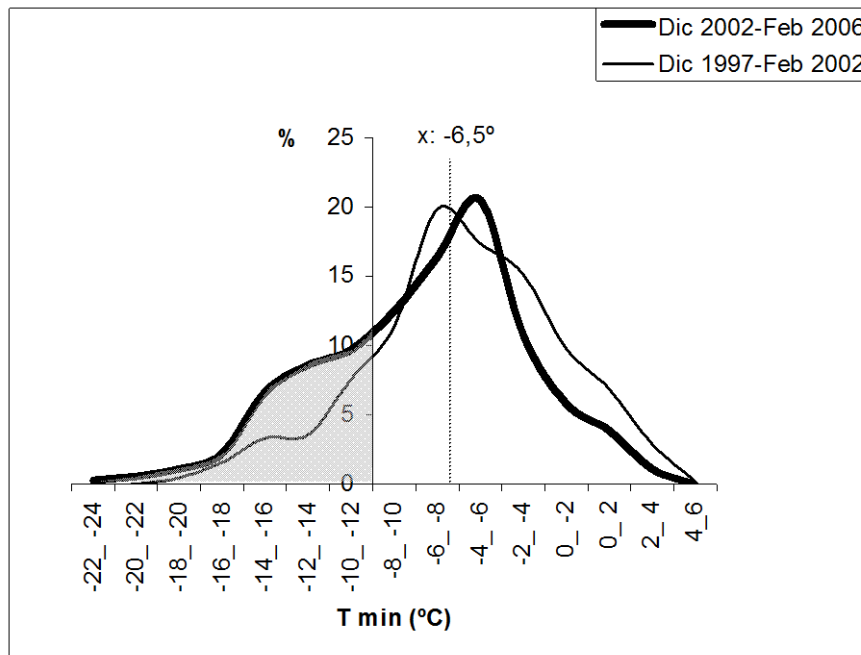


Fig. 4: Función de la densidad de probabilidad (FDP) de la temperatura mínima diaria para los periodos 1998-2002 y 2003-2006 en la Bonaigua (2.250 m). Se destaca en sombra el porcentaje de mínimas inferiores a -10°C para cada periodo.

Se observa claramente el desplazamiento del periodo 1998-2002 hacia la derecha, respecto al periodo 2003-2006, no sólo en la cola o clases de temperaturas más bajas sino también para todas las clases por debajo del intervalo en que se halla la media de toda la serie (-6° a -8°C). Incluso respecto a su propia media, la curva del periodo 1998-2002, el periodo menos frío, presenta una asimetría ligeramente negativa concentrando más valores a la izquierda de su media; es decir, hay un mayor porcentaje de valores inferiores a la media, pero a la vez destaca la importancia de las clases de cola con temperaturas mínima más altas. Cabe señalar, por contradictorio, el hecho de que la moda se presenta ligeramente desplazada en una clase de temperatura más baja para el periodo con menos anomalías negativas que para el periodo que presenta más anomalías negativas. Así, podría afirmarse que la tendencia a disminuir la temperatura en el periodo 1997-2006 no se debe únicamente a la existencia de algunos episodios puntuales muy fríos, más extremos en el periodo 2002-2006, sino principalmente a una disminución regular de la frecuencia de valores centrales y a la derecha de la media de todo el periodo.

Pese a haberse tratado el periodo 1997-2006 en una sola serie, la de la Bonaigua, por ser la única existente completa por encima de 2.200 m, la oscilación de la temperatura mínima en invierno hacia un descenso a partir de los 90 registrada en la Bonaigua es acorde con los datos publicados por la NASA (2006), según los cuales el descenso de la temperatura invernal en el periodo 1990-2005 ha sido del orden de $-0,5^{\circ}\text{C}$ a $-1,0^{\circ}\text{C}$ en la zona pirenaica.

5. ESTABLECIMIENTO DE RELACIONES CON LA CIRCULACION ATMOSFÉRICA: ÍNDICE NAO

Uno de los campos más activos actualmente en climatología es la llamada sinóptica, que estudia las propiedades de la circulación atmosférica y establece relaciones con el comportamiento a escala regional o local de variables, normalmente, atmosféricas. Hay diferentes posibilidades para abordar este enfoque, una de ellas basada en la caracterización de los principales modos de circulación atmosférica y la detección de sus comportamientos anómalos. Para nuestro sector es ya bien conocido este principal modo de circulación, la NAO (Oscilación del Atlántico Norte), detectado a nivel espacial por BARNSTON y LIZEVEY (1987) y que según HURRELL (1995) explica más del 36% de la varianza del campo de presión medio de diciembre a marzo, dentro de la región comprendida entre los 20°-80°N y 90°W-40°E.

La NAO condiciona buena parte de la variabilidad de los patrones de temperatura y de precipitación sobre Europa (OSBORN *et al.*, 1999), lo que ha llevado a diferentes autores a establecer relaciones entre las series temporales de la NAO en forma de índices y series meteorológicas a escala local y regional. Así, se ha trabajado la precipitación invernal para la Península Ibérica y el Pirineo (MARTÍN-VIDE *et al.*, 1999; ESTEBAN *et al.*, 2001), así como para la temperatura (CASTRO-DÍEZ *et al.*, 2002). Las series temporales de la NAO se basan en el establecimiento de un índice (con un rango aproximado de entre -3 y 3, y normalmente a escala mensual o diaria) a partir de las diferencias de presión entre una estación localizada en Islandia y otra en las Islas Azores, Lisboa o Gibraltar. Cuando el valor es positivo la circulación es del oeste, con bajas presiones a latitudes altas y el anticiclón de las Azores bien establecido, mientras que el caso contrario marca el debilitamiento de estas altas presiones y la circulación de depresiones a bajas latitudes. En la figura 5 podemos observar la evolución de este índice para los primeros tres meses del año desde 1950 (NOAA, 2006), coincidiendo en gran medida con el período cubierto por la serie de la Molina tratada anteriormente. Podemos diferenciar tres periodos claros: un descenso moderado del índice hasta mediados de los años 60, un incremento marcado y progresivo hasta inicios de los 90, y finalmente un descenso hasta nuestros días.

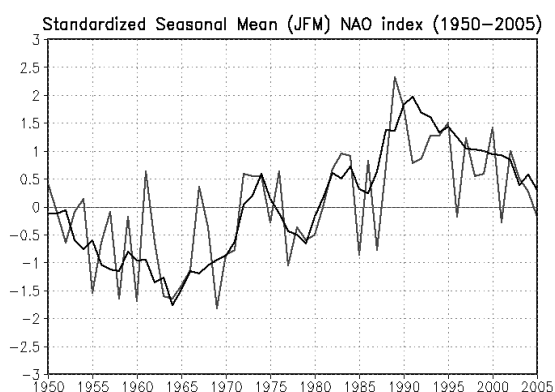


Fig. 5: Evolución del índice NAO entre 1950 y 2005 los tres primeros meses del año. Desde principios de los 90 se observa un decrecimiento progresivo, aunque se mantiene con valores positivos (NOAA, 2006).

Es precisamente el último periodo el que nos interesa analizar para establecer relaciones entre la circulación atmosférica y el comportamiento de la temperatura en alta montaña a través de la estación de la XANIC ya tratada en el punto anterior y que cubre desde finales de los 90. Y es que en alta montaña las tendencias en variables como la temperatura son más claras que en zonas más bajas ya que en altitud desaparecen los efectos de la capa límite, permitiendo considerar los procesos que se dan en alta montaña como un reflejo de los forzamientos a gran escala como los relacionados con la NAO. El método que utilizamos para establecer estas relaciones reproduce la aproximación que BENISTON y JUNGO (2002) realizaron para los Alpes Suizos.

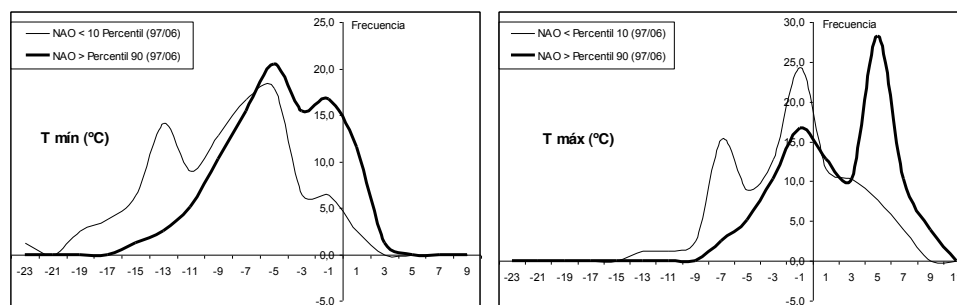


Fig. 6 y 7: Curvas de FDP de la temperatura mínima y máxima diaria en la Bonaigua y valores del índice NAO inferiores al percentil 10 y superiores al percentil 90, respectivamente, para los inviernos 1997-2002 y 2002-2006.

Así se representan las curvas FDP de la temperatura máxima y mínima para días de la muestra de la XANIC (Bonaigua, 2.250 m, DEF 1997-2006) con los valores del índice NAO más bajos (hasta el percentil 10) y los más altos (a partir del percentil 90). Esta aproximación permite tratar los extremos de la circulación atmosférica en nuestro sector, filtrando el ruido que aportan los valores medios, y estableciendo relaciones claras con el comportamiento de la temperatura en nuestra zona de estudio. Además, si dividimos en dos periodos de análisis nuestra serie de trabajo (1997-2002/2002-2006), podemos intentar detectar relaciones y coincidencias/divergencias en las tendencias de la circulación atmosférica y en las variables tratadas.

Las figuras 6 a 11 muestran las curva FDP citadas, que presentan en general un claro comportamiento bimodal, incluso pudiéndose considerar trimodal. Si analizamos a grandes rasgos los resultados podemos ver lo siguiente:

- Tanto las temperaturas máximas como las mínimas muestran que sus valores más bajos corresponden a días con valores bajos del índice NAO, mientras que los valores positivos del índice corresponden a los registros más elevados, sobretudo con las máximas.
- Una parte importante de los casos de las temperaturas máximas para días con índice positivo y alto registran temperaturas por encima de los 0°C. Para las mínimas, días con índice bajo normalmente van asociados a día de helada.

ANÁLISIS DE LA TEMPERATURA EN ALTA MONTAÑA: RECIENTE DESCENSO TÉRMICO INVERNAL EN EL PIRINEO ORIENTAL Y SU RELACIÓN CON LA CIRCULACION ATMOSFÉRICA.

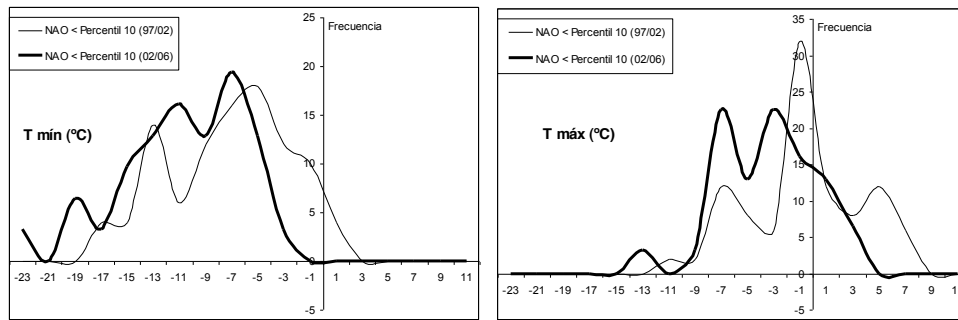


Fig. 8 y 9: Curvas de FDP de la temperatura mínima y máxima diaria en la Bonaigua y valores del índice NAO inferiores al percentil 10 para los inviernos 1997-2002 y 2002-2006.

- La disminución del índice NAO a lo largo de la década de los 90 y hasta hoy queda reflejado en una clara disminución de las temperaturas tanto máximas como mínimas. Es de interés ver que para los días con índice NAO negativo desaparecen los casos con valores por encima de 0°C en el periodo 2002-2006.
- Las temperaturas máximas para días con índice positivo no solo ven aumentar el número de jornadas con valores del índice bajos, sino que además se incrementa de forma destacable la variabilidad en los registros térmicos. Esto también pasa, de forma mucho más moderada, con las máximas para los días con índice negativo.

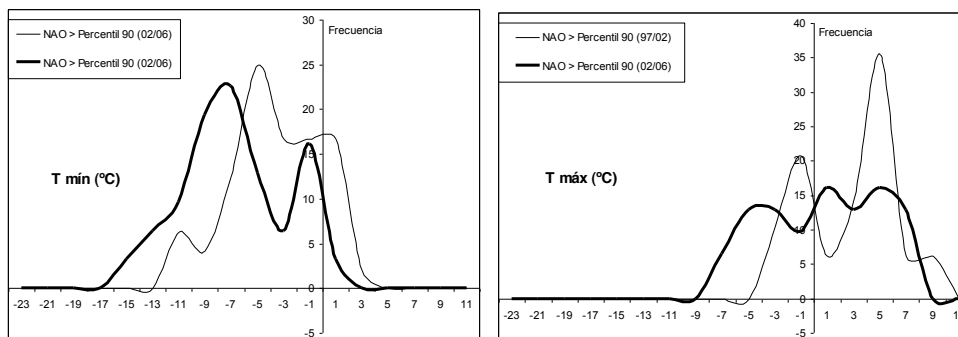


Fig. 10 y 11: Curvas de FDP de la temperatura mínima y máxima diaria en la Bonaigua y valores del índice NAO superiores al percentil 90, para los inviernos 1997-2002 y 2002-2006.

6. CONCLUSIONES

Desde mediados del siglo XX hasta mediada la década de los 90, las temperaturas mínimas invernales han aumentado significativamente en alta montaña en el Pirineo Oriental como resultado de una tendencia natural, superando incluso el aumento registrado en zonas elevadas de la cordillera alpina. Acorde con los trabajos desarrollados en los Alpes, el aumento ha sido más notorio en alta montaña que en niveles inferiores, manifestándose la importancia de las estaciones de alta montaña en la investigación del cambio climático a largo plazo por ser representativas de la troposfera libre y estar alejadas de influencias perturbadoras de la actividad humana y urbana en las señales climáticas.

A partir de 1997-98 hasta la actualidad se observa una pulsación negativa en la evolución de las temperaturas mínimas invernales, mostrando una clara correlación positiva con el índice NAO, según la cual valores bajos del índice NAO se corresponden con una disminución de las temperaturas. El descenso de las temperaturas mínimas del periodo 1997-2006 presenta de promedio una anomalía muy ligeramente positiva, pese a la disminución del índice NAO, lo que podría ser un error considerar de forma inequívoca que solo NAO negativa y su correspondiente estructura de circulación significan temperaturas anómalamente bajas. No puede descartarse que también sean situaciones de índice NAO próximas a 0 las que produzcan los registros térmicos más bajos. En este sentido, sería de mucho interés profundizar en el análisis de las relaciones entre el índice NAO y la tendencia de las temperaturas, especialmente para comprender los mecanismos que rigen las oscilaciones térmicas y, en general, el clima de alta montaña del Pirineo, medio altamente vulnerable a rápidos cambios a escala temporal.

7. REFERENCIAS

- ALEXANDERSON, H. (1986). "A homogeneity test applied to precipitation data". *Journal of Climatology*, 6, 661-675 pp.
- BAERISWYL, P.A. y REBETEZ, M. (1996). *Repartition spatiale des modifications climatiques dans le domain alpin*. Swiss National Science Foundation. NFP 4031-038270, 236 pp.
- BARNSTON, A.G. y LIZEVEY, R.E. (1987). "Classification, seasonality and Persistence of low-frequency atmospheric circulation patterns". *Monthly weather review*, 115, 1083-1126.
- BENISTON, M.; DIAZ, F.H. y BRADLEY, R.S. (1997). "Climatic change at high elevation sites". *Climatic Change* 36, 233-251 pp.
- BENISTON, M. y JUNGO, P. (2002). Shifts in the distributions of pressure, temperature and moisture in the alpine region in response to the behavior of the North Atlantic Oscillation. *Theor. Appl. Clim.* 71, 29-42.
- BENISTON, M. (2005). "Mountain Climates and Climate Change: An overview of Processes Focusing on the European Alps". *Pure and Applied Geophysics*, 162, 1587-1606.
- CASTRO-DÍEZ, Y.; POZO-VÁZQUEZ, D.; RODRIGO, F.S. y ESTEBAN-PARRA, M.J. (2002). "NAO and winter temperature variability in southern Europe". *Geophysical Research Letters*, vol 29.
- DIAZ, H. F. y BRADLEY, R.S. (1997). "Temperature variations during the last century at high elevation sites". *Climatic Change* 36, 253-279 pp.
- ESTEBAN, P.; SOLER, X.; PROHOM, M. y PLANCHÓN, O. (2001). La distribución de la precipitación a través del índice NAO. El efecto del relieve a escala local: el Pirineo Oriental. En: GUIJARRO, J.A.; GRIMALT, M.; LAITA, M. y ALONSO S. (Eds.) *El Agua y el Clima - L'Agua i el Clima*. Publicaciones de la Asociación Española de Climatología (AEC), Serie A, nº 3. Planográfica Balear, Marratxí (Mallorca), xii+594 pp.
- GARCÍA, C.; GAVALDÀ, J.; MARTÍNEZ, P. y JARA, J.A. (2003). An automatic snow and weather stations network for the avalanche prediction in the Catalan Pyrenees. En *3ª Conferencia Internacional sobre Experiencias con Estaciones Meteorológicas Automáticas*, Centro de Publicaciones del INM, 33-41. Madrid.
- HURRELL, J.W. (1995). "Decadal trends in the North Atlantic Oscillation: regional temperatures and precipitation". *Science*, 269, pp.676-679.

JUNGO, P. y BENISTON, M. (2001). "Changes in the anomalies of extreme temperature anomalies in the 20th century at Swiss climatological stations located at different latitudes and altitudes". *Theor. Appl. Climatol.* 69, Springer-Verlag, pp. 1-12.

LLEBOT, J.E. (2005). *Informe sobre el canvi climàtic a Catalunya*. Institut d'Estudis Catalans.

MARTÍN-VIDE, J; BARRIENDOS, M.; PEÑA, JC.; LLASAT, MC. y RODRÍGUEZ, R. (1999). "Potencialidad del índice NAO en la previsión de episodios de alta pluviometría en España". *Análisis*, GR 67, pp. 19-29.

NASA (2006). <http://data.giss.nasa.gov/gistemp>

NOAA (2006). <http://www.cpc.noaa.gov/products/precip/CWlink/pna/nao.shtml>

OSBORN, T.J.; BRIFFA, K.R.; TETT, S.F.B; JONES, P.D. y TRIGO, R.M. (1999). "Evaluation of the North Atlantic Oscillation as simulated by a coupled climate model". *Climate Dynamics*, 15, pp. 685-702.

RODRÍGUEZ, R. (1995). *Análisis de Series Meteorológicas. Evaluación del Cambio Climático*. Tesis doctoral, Universidad de Barcelona.

VILAR, F. (2003). *Variacions i tendència del clima al Pirineu Oriental durant el període 1960-2000*. Servei Científic-Tècnic de Gestió i Evolució del Paisatge. Universitat de Barcelona.