

OSCILACIÓN TÉRMICA INVERNAL RECIENTE 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. c/Berlín, 38-46, 4^aPlanta. 08029 Barcelona
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 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.

RESUM

El següent treball apunta la possible finalització de l'augment de les temperatures mitges registrat a mitjans del segle XX en zones d'alta muntanya del Pirineu Oriental, a través de l'anàlisi de les temperatures mínimes hivernals. Els resultats indiquen inclús una oscil·lació tèrmica negativa apreciable i posa de manifest la seva relació amb una inflexió en l'evolució de l'índex de la Oscil·lació de l'Atlàntic Nord (NAO) des del 1990 fins al 2006.

1. INTRODUCCIÓN

El objetivo es, por una parte, identificar la oscilación en la temperatura que actualmente se está produciendo en invierno en el Pirineo Oriental, 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.

La evolución de la temperatura durante los meses correspondientes al invierno climatológico, es decir, diciembre, enero y febrero (DEF) para la estación de La Molina (1960-2005) muestra un incremento de 3,3°C. 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°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. A partir de 1996 se aprecia con claridad una tendencia negativa, cifrándose en aproximadamente 0,5°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.

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

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, 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).

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, netamente apreciable durante los últimos 4 inviernos.

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 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, $-20,0^{\circ}\text{C}$).

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 $-6,5^{\circ}\text{C}$, 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 $-7,5^{\circ}\text{C}$ para D2002-F2006, se ha calculado la FDP para ambos periodos (Fig. 1).

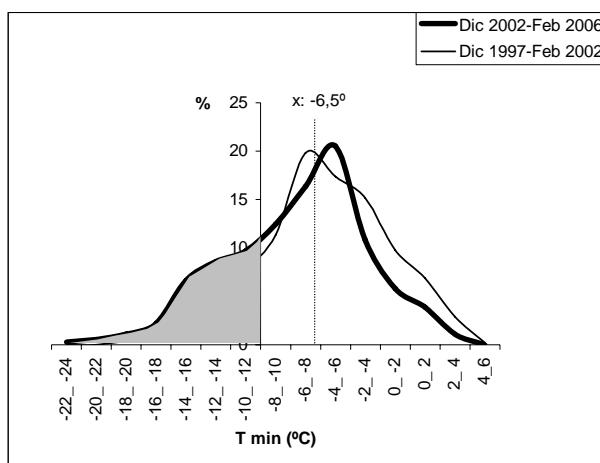


Fig. 1: Función de la densidad de probabilidad (FDP) de la temperatura mínima diaria para los periodos 1997-2002 y 2003-2006 en la Bonaigua (2.250 m). Se destaca en sombra el porcentaje de mínimas inferiores a -10°C para cada periodo.

Se observa claramente el desplazamiento del periodo 1997-2002 hacia la derecha, respecto al periodo 2002-2006, 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 1997-2002, 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.

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

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. Si analizamos la evolución de este índice para los primeros tres meses del año desde 1950 (NOAA, 2006), 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. 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 Bonaigua. 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 se utiliza para establecer estas relaciones reproduce la aproximación que BENISTON y JUNGO (2002) realizaron para los Alpes Suizos.

Así, se representan las curvas FDP de la temperatura máxima y mínima para días de la muestra de la Bonaigua (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. Las figuras 2 y 3 muestran las curva FDP citadas. 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.
- 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.
- 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 manera mucho más moderada, con las máximas para los días con índice negativo.

Es de interés señalar que en un análisis del periodo 2002-2006 resulta que con índice NAO negativo desaparecen los casos con valores por encima de 0°C, indicador indudable del enfriamiento que se ha producido en estos últimos años.

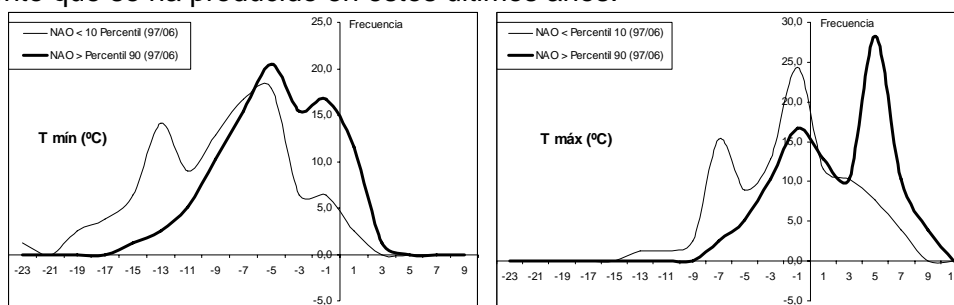


Fig. 2 y 3: Curvas de FDP de la temperatura mínima y máxima diaria en la Bonaigua y valores del índice NAO inferiores al percentil 10 y superiores al percentil 90, respectivamente, para los inviernos 1997-2002 y 2002-2006.

CONCLUSIONES

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.

REFERENCIAS

- 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.
- 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.
- 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.
- 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.

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.