

LA VARIABILIDAD DEL CLIMA ESPAÑOL EN EL PASADO: FRECUENCIA DE VALORES EXTREMOS DE LA TEMPERATURA Y PRECIPITACIÓN TRIMESTRALES RECONSTRUIDAS DESDE EL SIGLO XV

Miguel Ángel SAZ SÁNCHEZ y José CREUS NOVAU
*Instituto Pirenaico de Ecología,
Consejo Superior de Investigaciones Científicas, Jaca (Huesca)*

RESUMEN

El estudio del número de valores fuera de rango en las series dendroclimáticas trimestrales de cuatro observatorios del noreste de España, ha permitido diferenciar cuatro fases de distinta variabilidad a lo largo de los últimos cinco siglos, destacando el comportamiento diferencial de las temperaturas en áreas de montaña y de las precipitaciones en la zona más occidental.

Palabras clave: Dendroclimatología, variabilidad climática, noreste español.

ABSTRACT

The study of the number of outliers in the trimestral dendroclimatic series of four weather stations located in northeastern Spain, has allowed us to distinguish four phases of different variability along the last five centuries, highlighting the differential behaviour of temperatures in mountain areas and precipitation in the extreme western zone.

Key words: Dendroclimatology, climatic variability, north-east of Spain.

1. INTRODUCCIÓN

La sucesión en los últimos decenios de eventos climáticos de carácter extraordinario, en ocasiones récord absoluto dentro de los registros instrumentales, ha despertado el interés no sólo de la comunidad científica directamente implicada en el tema sino también de políticos, planificadores y de toda la sociedad en general.

Todas las evidencias parecen apuntar hacia una perceptible influencia humana sobre el sistema climático (HOUGHTON *et al*, 1996), una de cuyas consecuencias sería el aumento en la frecuencia de estos eventos extraordinarios (CONWAY, 1998). Sin embargo la longitud temporal de los registros instrumentales no permite conocer el comportamiento de las variables climáticas en momentos anteriores a la masiva intervención antrópica sobre el sistema, mientras que analizándolas en un contexto temporal más amplio, es posible evaluar más correctamente la evolución de los valores termoplumiométricos extremos habidos durante las últimas décadas.

2. ANTECEDENTES

A principios de la década de los noventa y con los datos de la temperatura de mayo en Capdella reconstruida para el periodo 1302-1989 (CREUS, 1991), pudo describirse el aumento en la variabilidad térmica que venía produciéndose en ese observatorio pirenaico desde finales del siglo XVII y en especial a lo largo del XX.

Posteriormente, con las series de precipitación total y temperatura media anual del observatorio de Pallaruelo de Monegros (CREUS *et al*, 1996), se cuantificó el número de casos que en cada siglo superaron el umbral definido por el valor de la media \pm la desviación estándar, resaltando el elevado número que de éstos se contabilizaba en los siglos XV y XVI, la gradual disminución en las tres centurias siguientes y el nuevo incremento observado en el XX.

Un trabajo similar, aunque acotando el umbral a ± 4 desviaciones estándar, se hizo con los datos termopluviométricos anuales de 14 observatorios reconstruidos en la Península Ibérica (MANRIQUE, 1997; CREUS *et al*, 1997), destacando la elevada frecuencia de valores que superaron ese umbral entre 1400 y 1600, con unos antecedentes durante el siglo XIV y una prolongación de sus efectos en el XVII, la disminución posterior a partir del XVIII y el significativo aumento detectado en los dos últimos tercios del XX.

3. OBJETIVO Y METODOLOGÍA

El objetivo del presente trabajo es estudiar en cuatro observatorios la evolución de los datos termopluviométricos trimestrales extremos, en periodos de 10 años, definidos por el valor de la media de sus respectivas series \pm su desviación estándar. La distribución de los observatorios nos permitirá resaltar las diferencias observadas en los distintos ámbitos espaciales representados por los observatorios reconstruidos.



Figura 1. Observatorios.

Los datos utilizados son las series de precipitación y temperatura media trimestral reconstruidas con metodología dendroclimática en cuatro observatorios del noreste español (Fig.1): Haro (La Rioja), en el sector más occidental y de mayor influencia oceánica; Pallaruelo de Monegros (Huesca), en el centro de la Depresión del Ebro; Capdella (Lérida), por su situación pirenaica y Vimbodí (Tarragona), por su posición más oriental y mediterránea.

Una vez calculadas la media y la desviación estándar de las diferentes series de datos trimestrales, se procedió al recuento de los valores trimestrales fuera de rango (\pm una desviación estándar) detectados en cada década. Para una mejor interpretación de los momentos en los que los valores térmicos o pluviométricos han sido más extremos, en cada uno de los gráficos se han diferenciado tres grupos de valores: entre una y dos desviaciones, entre dos y tres y los más extremos que superarían el umbral de las tres desviaciones.

4. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS

En los cuadros I y II aparecen, junto con la longitud del periodo reconstruido, la media y desviación estándar calculadas para cada una de las series de datos trimestrales de precipitación y temperatura de los cuatro observatorios seleccionados.

	1º trimestre (EFM)		2º trimestre (AMJ)		3º trimestre (JAS)		4º trimestre (OND)	
	media	desv est						
Haro (1385-1992)	6,62	0,73	14,21	0,73	19,71	0,90	9,25	0,92
Pallaruelo (1500-1990)	7,66	0,78	17,28	0,52	23,31	0,69	9,89	0,75
Capdella (1399-1992)	2,86	0,69	10,65	0,42	16,14	0,77	5,83	0,66
Vimbodí (1425-1992)	7,47	0,80	15,28	0,76	21,69	0,71	9,49	0,86

Cuadro I. Media y desviación estándar de las series trimestrales de temperatura (°C).

	1º trimestre (EFM)		2º trimestre (AMJ)		3º trimestre (JAS)		4º trimestre (OND)	
	media	desv est						
Haro (1568-1992)	110,06	23,16	144,24	35,41	78,86	22,81	125,70	35,10
Pallaruelo (1465-1989)	99,34	40,35	119,92	35,45	96,28	36,87	109,45	30,19
Capdella (1464-1992)	266,26	79,87	374,38	81,20	303,32	58,10	369,06	118,72
Vimbodí (1503-1992)	118,14	55,74	170,90	53,90	149,48	45,93	198,95	61,11

Cuadro II. Media y desviación estándar de las series trimestrales de precipitación (mm).

En las figuras 2 a 5 se ha representado el número de casos por década de la temperatura media trimestral de cada uno de los observatorios y en las figuras 6 a 9 lo mismo para las precipitaciones.

En esas figuras puede observarse que tanto las temperaturas como las precipitaciones muestran una pauta evolutiva similar. Ello puede corroborarse aplicando el test de rangos de Spearman a las series decenales de valores fuera de rango. Los resultados aparecen en los cuadros III y IV, donde se muestra el coeficiente de correlación de Spearman y, entre paréntesis, el p-valor ofrecido por el test. Valores inferiores a 0,05 indican que el coeficiente de correlación es estadísticamente significativo ($\alpha=0,05$).

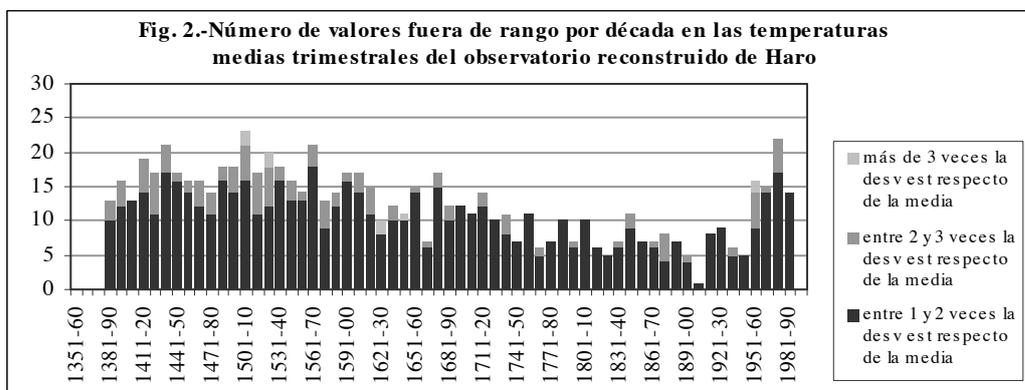
	Haro	Pallaruelo	Capdella	Vimbodí
Haro	---	0,8 (0,00)	0,28 (0,032)	0,76 (0,00)
Pallaruelo	0,8 (0,00)	---	0,41 (0,0041)	0,71 (0,00)
Capdella	0,28 (0,032)	0,41 (0,0041)	---	0,35 (0,0105)
Vimbodí	0,76 (0,00)	0,71 (0,00)	0,35 (0,0105)	---

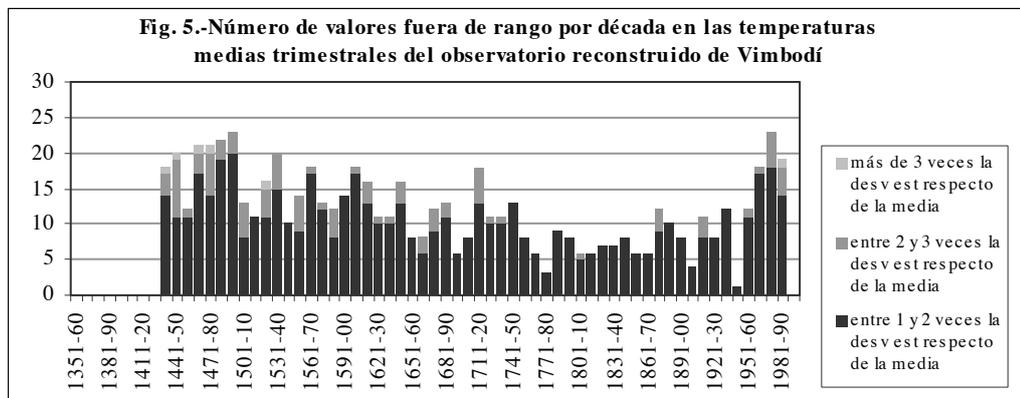
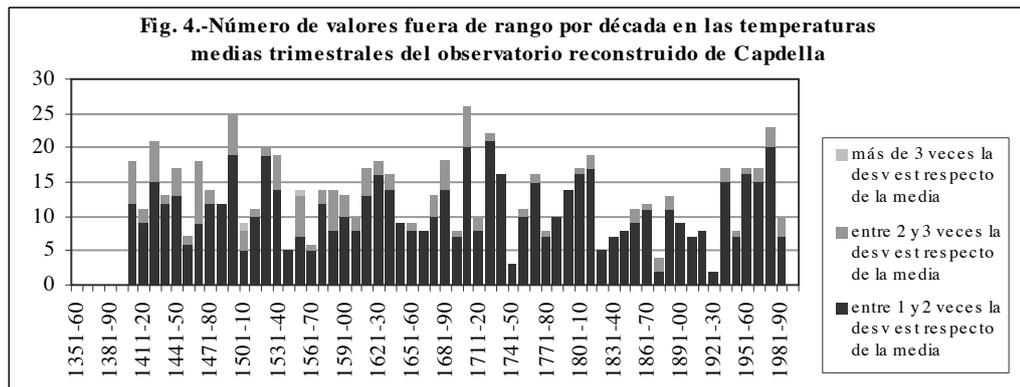
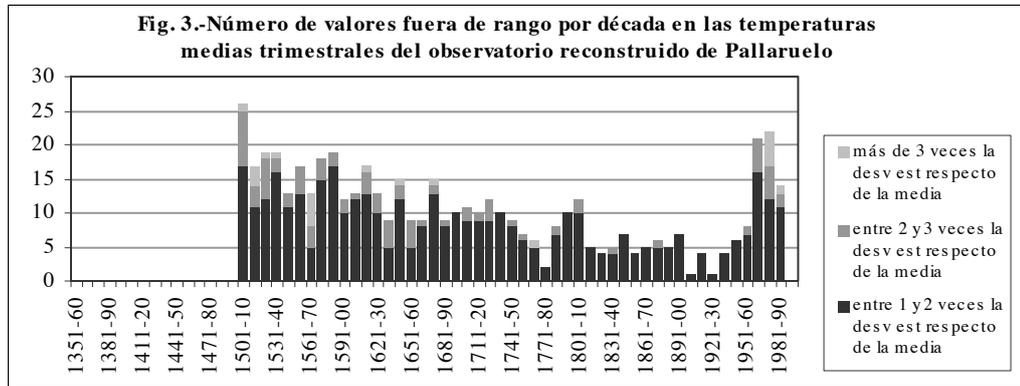
Cuadro III. Resultados del test de rangos de Spearman para las temperaturas

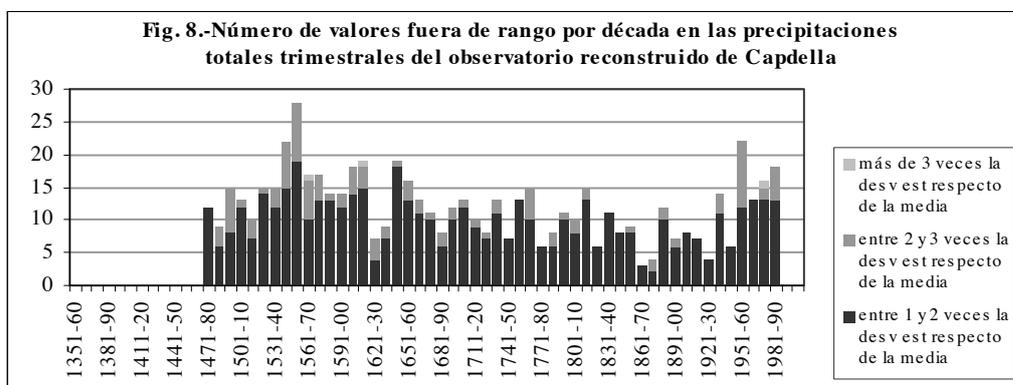
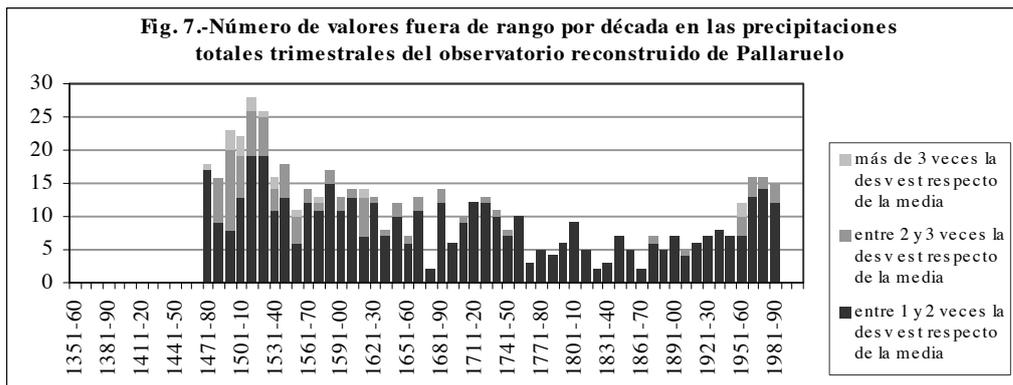
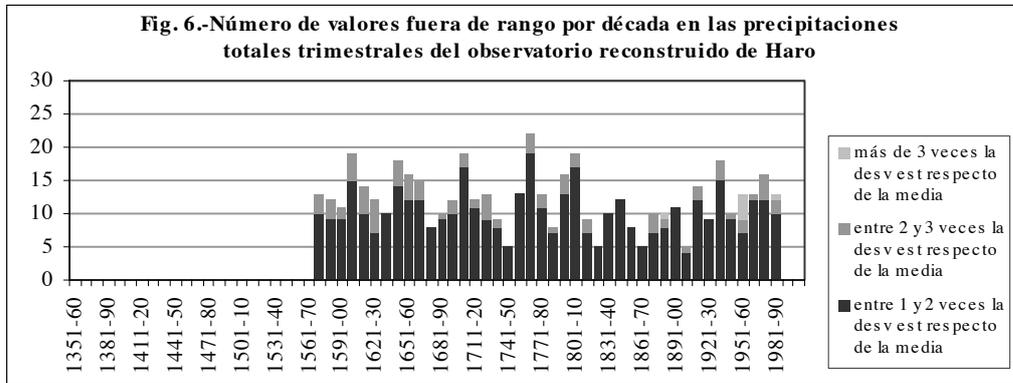
	Haro	Pallaruelo	Capdella	Vimbodí
Haro	---	0,45 (0,0037)	0,56 (0,0003)	0,51 (0,001)
Pallaruelo	0,45 (0,004)	---	0,52 (0,0002)	0,73 (0,00)
Capdella	0,56 (0,0003)	0,52 (0,0041)	---	0,67 (0,00)
Vimbodí	0,51 (0,001)	0,73 (0,00)	0,67 (0,00)	---

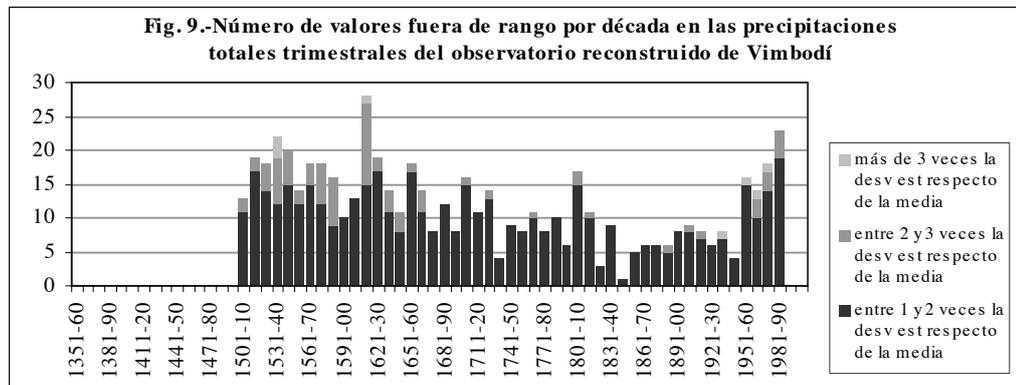
Cuadro IV. Resultados del test de rangos de Spearman para las precipitaciones

Sólo los p-valor calculados para las series decenales de valores extremos de temperatura entre Capdella y Haro, y entre Capdella y Vimbodí, serían indicativos de un cierto comportamiento diferencial del observatorio pirenaico, aunque siempre dentro de los umbrales de significación elegidos.









Al igual que en otros trabajos en los que se han analizado datos anuales (CREUS *et al.*, 1996, 1997; SAZ *et al.*, 1998), el estudio de los datos trimestrales fuera de rango también permite diferenciar varias fases, a la vez que observar comportamientos específicos para cada lugar estudiado.

Fase I. Siglos XV, XVI y primer tercio del XVII.

Temperaturas. El porcentaje de valores fuera de rango es elevado: en Haro, Pallaruelo y Vimbodí el 42 % de los trimestres superan una desviación estándar y en Capdella un 35 %. Durante esta fase general más extrema aparecen, entre el último tercio del XV y el primero del XVI, momentos en los que el número de datos fuera de rango se incrementa, sirviendo esas décadas como punto de inflexión entre un siglo XV con tendencia a aumentar la variabilidad y la centuria siguiente donde la tendencia es a disminuir. Este punto de inflexión, caracterizado por un máximo de extremismos térmicos, es más intenso en el observatorio del centro de la Depresión del Ebro (Pallaruelo), como lo demuestra la mayor proporción de datos que superan el umbral de dos, e incluso tres, desviaciones. Tal momento aparece ligeramente adelantado a la segunda mitad del XV en Vimbodí y es más tenue en Haro. El comportamiento general en Capdella es mucho más caótico.

Precipitaciones. En el caso de los totales pluviométricos trimestrales, esta primera fase más extrema se alarga hasta el segundo tercio del siglo XVII. El porcentaje de valores fuera de rango está en Pallaruelo, Capdella y Vimbodí alrededor del 40 %, con una ligera reducción en Haro (35 %). Al igual que en las temperaturas, se observan grupos de décadas en las que el porcentaje se incrementa, situación que en Pallaruelo se detecta unas décadas antes y de forma más intensa. Tras dichas décadas más extremas, la posterior tendencia descendente registra algunos repuntes, que son menos importantes en el centro de la Depresión del Ebro y más exagerados en Vimbodí, especialmente el repunte del primer tercio del siglo XVII.

Fase II. Último tercio del siglo XVII y siglo XVIII.

Temperaturas. El número de trimestres con valor extremo se reduce de manera evidente en Haro, Pallaruelo y Vimbodí, hasta el 25 %, mientras que nuevamente Capdella muestra un comportamiento diferente, al incrementarse a un 32,9 %. Supone esta fase un momento de transición hacia la mayor estabilidad térmica del siglo XIX, al continuar la tendencia descendente iniciada en la fase anterior. A pesar de ello tienen lugar tres importantes repuntes, destacando los dos últimos por ser más duraderos en los observatorios más orientales, y cercanos al Mediterráneo, siendo el primer tercio del XVIII particularmente extremado en Capdella.

Precipitaciones. Su irregularidad continúa la tendencia descendente iniciada en el XVI, de manera que el número de valores fuera de rango se reduce a porcentajes del 20 y el 25 %, excepto en Haro, que con un 31 % muestra como en la fase anterior un comportamiento diferencial. En los cuatro observatorios se reduce el número de trimestres cuyo valor supera las dos desviaciones y desaparecen aquellos que se separan en más de tres. Los repuntes son más destacados en el observatorio más occidental (Haro), siendo especialmente visible el registrado en la segunda mitad del siglo XVIII. En el centro de la Depresión del Ebro la tendencia a disminuir la variabilidad es más uniforme y no aparece dicho repunte.

Fase III. Siglo XIX y primera mitad del XX.

Temperaturas. Es la fase térmica más estable en los cuatro observatorios. El porcentaje de valores fuera de rango se reduce sensiblemente y sólo Capdella supera el 20 %. Los observatorios más occidentales (Haro y Pallaruelo) comparten características muy similares, mientras que en el más cercano al Mediterráneo (Vimbodí) y en la zona pirenaica (Capdella), la estabilidad térmica es de menor duración.

Precipitaciones. Al igual que las temperaturas tienen siglo y medio de gran estabilidad, con un significativo descenso en el número de valores fuera de rango respecto a fases anteriores, aunque con porcentajes ligeramente superiores a los observados en las temperaturas. Esta nueva situación de estabilidad es particularmente importante en Pallaruelo, donde ya es perceptible en el último tercio del XVIII, sobre todo porque allí fue donde más se sufrieron los extremismos pluviométricos de finales del XV y principios del XVI. Al igual que en la fase anterior, Haro ofrece un mayor porcentaje de trimestres fuera de rango en momentos que otros observatorios sólo muestran suaves repuntes dentro de la prolongada estabilidad climática de este periodo.

Fase IV. Segunda mitad del siglo XX.

Temperaturas. Desde mediados del siglo XX y hasta el momento actual, el porcentaje de trimestres caracterizados por valores térmicos extremos aumenta hasta cifras similares a las de las décadas más extremas de los siglos XV y XVI, superando en todos los casos el 40 %. Este incremento general es más acentuado en Haro y Pallaruelo (con un retardo de una década en el segundo) y se adelanta ligeramente en Capdella. Excepto en el observatorio más mediterráneo de Vimbodí, en los demás parece disminuir la intensidad durante la década 1981-90, sin que por ello pueda hablarse de una vuelta a la situación más estable de la centuria anterior. Como sucedía en el XVI, esta fase de mayor variabilidad térmica detectada en la segunda mitad del siglo XX es más acusada en el centro de la Depresión del Ebro. En los cuatro observatorios destaca la coincidencia temporal del incremento de valores fuera de rango, algo que no se percibía en los máximos del XVI.

Precipitaciones. La precipitación también muestra un incremento del número de valores extremos en la segunda mitad del siglo XX. El porcentaje de trimestres que superan una desviación estándar parece mostrar un gradiente oeste-este, con porcentajes inferiores al 40 % en los observatorios más occidentales y superiores en los más cercanos al Mediterráneo. Este gradiente no se mantiene cuando se analizan los valores que superan dos o tres desviaciones, en cuyo caso el observatorio más occidental (Haro) es el que registra mayor porcentaje. Igualmente, durante la última década parece iniciarse un descenso en la variabilidad, menos evidente en las zonas más próximas al Mediterráneo.

5. CONCLUSIONES

El análisis de la frecuencia decenal de valores trimestrales fuera de rango permite concluir que la variabilidad del clima en el noreste de España a lo largo de los últimos cinco siglos ofrece una pauta evolutiva similar, en la que se diferencian cuatro fases: una primera, que abarca los siglos XV, XVI y el primer tercio del XVII, caracterizada por una gran variabilidad climática; una segunda, que comprende el último tercio del siglo XVII y el XVIII, con tendencia a disminuir el número de datos extremos pero sin alcanzarse todavía una gran estabilidad; sigue una tercera fase, marcada por un clima mucho más estable; y finalmente una cuarta fase, que afecta a la segunda mitad del siglo XX, en la que de nuevo aumentan el número de valores extremos.

Las temperaturas reconstruidas en el observatorio pirenaico (Capdella) y las precipitaciones del más occidental (Haro), muestran cierto comportamiento diferencial, caracterizado por una tendencia menos clara a disminuir el número de valores fuera de rango y lo más intenso de los repuntes detectados.

Los variabilidad del clima de los siglos XV y XVI, asociada a la fase más intensa de la Pequeña Edad del Hielo (CREUS *et al*, 1996), se sufre de forma más acusada en el centro de la Depresión del Ebro (Pallaruelo), si bien durante el siglo XIX y la primera mitad del XX es donde se disfruta de mayor estabilidad climática.

El incremento en el número de datos extremos de la segunda mitad del siglo XX se percibe con claridad en todos los observatorios, aunque con un ligero adelanto en Capdella. En el momento actual la variabilidad térmica afecta, como en el XVI, de forma más intensa al centro de la Depresión del Ebro, mientras los extremismos pluviométricos son más notables en los observatorios cercanos al Mediterráneo.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- CONWAY, D. (1998): "Recent climate variability and future climate change scenarios for Great Britain". *Progress in Physical Geography*, **22**, 3, 350-374.
- CREUS, J. (1991). "Tendencia secular de la temperatura de mayo en el Pirineo Central (1302-1989)". *Cuadernos de Geografía Física*, **20-21**, 41-49.
- CREUS, J.; FERNÁNDEZ, A. y MANRIQUE E. (1996): "Evolución de la temperatura y precipitación anuales desde el año 1400 en el sector central de la depresión del Ebro." *Lucas Mallada*, **8**, 9-27
- CREUS, J.; FERNÁNDEZ, A. y MANRIQUE, E., (1997): "Dendrocronología y clima del último milenio en España. Aspectos metodológicos y avance de resultados." in IBÁÑEZ, J.J., VALERO, B.L., MACHADO, C. (eds.). *El paisaje mediterráneo a través del espacio y del tiempo. Implicaciones en la desertificación*. Geofoma Ediciones, Logroño, pp 311-330.
- HOUGHTON, J.R.; MEIRA FILHO, L.G.; CALLANDER, B.A.; HARRIS, N.; KATTENBERG, A. y MASKELL, K., (eds) (1996): *Climatic change 1995: the science of climate change*, Cambridge, Cambridge University Press, 572 pp.

MANRIQUE, E., (1997): *Nuevos métodos de reconstrucción dendroclimática. Aplicaciones al estudio climático y fitoclimático del último milenio*. Universidad Politécnica de Madrid, Tesis Doctoral inédita, 327 pp.

SAZ, M.A. y CREUS, J., (1998): “Estudio dendroclimático de las rachas secas y húmedas en el sector central de la Depresión del Ebro”. *Geographica*, **36**, 159-172.

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo ha sido realizado gracias al proyecto CLI96-1862 financiado por la CICYT.

