

EVOLUCIÓN DE LAS TEMPERATURAS EN VILLACARRIEDO (CANTABRIA) DURANTE LA PEQUEÑA EDAD DEL HIELO

Miguel A. SAZ SÁNCHEZ* y José CREUS NOVAU**

* *Departamento de Geografía, Universidad de Zaragoza*

** *Instituto Pirenaico de Ecología, C.S.I.C.*

RESUMEN

En este trabajo se presenta la evolución de las temperaturas trimestrales y anuales en Villacarriedo (Cantabria) durante los siglos XVI al XIX, correspondientes al periodo conocido como Pequeña Edad del Hielo (PEH). Las temperaturas de este periodo se han reconstruido mediante técnicas dendroclimáticas. Los momentos más fríos se registran en el siglo XVI, con descensos importantes en el segundo y tercer trimestres.

Palabras clave: Villacarriedo (Cantabria), paleoclimatología, dendroclimatología, Pequeña Edad del Hielo.

ABSTRACT

In this paper we present the main characteristics of the temperature evolution in Villacarriedo (Cantabria) during the Little Ice Age (LIA) episode (16th to 19th centuries). The temperatures of this period have been reconstructed using dendroclimatic techniques. The coldest phases appear in the 16th century, showing important temperature decreases the second and third quarters.

Key words: Villacarriedo (Cantabria), palaeoclimatology, dendroclimatology, Little Ice Age.

1. INTRODUCCIÓN

Los estudios paleoclimáticos realizados en Europa, señalan el comienzo en el siglo XVI de un periodo de más de tres siglos caracterizado por un deterioro importante en las condiciones térmicas y alteraciones en el comportamiento habitual de las precipitaciones, periodo conocido como Pequeña Edad del Hielo (PEH) (LAMB, 1988; GRIBBIN y LAMB, 1979; BRADLEY y JONES, 1992; PFISTER, 1992; JONES *et al.*, 1998; MANN *et al.*, 1998). Las características anómalas de este episodio tuvieron consecuencias sobre las sociedades que las padecieron y sus sistemas de producción, afectando a aspectos como el precio del cereal (BAUERNFEIND y WOITEK, 1999), los movimientos naturales de población (GALLOWAY, 1994) e incluso las mentalidades (BEHRINGER, 1999).

Su final se sitúa en las décadas centrales del siglo XIX (JONES *et al.*, 1998; MANN *et al.*, 1998) y aunque existe una coincidencia general por parte de los investigadores en cuanto al carácter frío de este episodio, lo cierto es que su dinámica interna y variabilidad espacial no son todavía bien conocidas. No parece tratarse de un periodo continuado de temperaturas medias por debajo de las actuales, sino que en su evolución se detectan distintas anomalías frías y cálidas de especial intensidad, con una duración que oscila entre menos de un decenio a más de tres décadas y no siempre generalizadas espacialmente, si bien predominan y ofrecen mayor coincidencia en

espacios regionales amplios los momentos fríos (KOSLOVSKI y GLASER 1999; JONES y BRIFFA, 2001).

Estas diferencias en cuanto al comportamiento espacial de las anomalías se atribuye a las diferentes consecuencias que los mecanismos atmosféricos que las originan tienen sobre unos territorios u otros, lo que dificulta su conocimiento e interpretación. En este sentido, resulta paradigmático el hecho de que los fríos inviernos que sufrieron amplias zonas del centro de Europa en el siglo XVII coinciden con condiciones más templadas en Groenlandia, tal y como constatan reconstrucciones paleoclimáticas e información arqueológica. Es por ello que para conocer la dinámica interna de la PEH se hace necesario disponer de un mosaico lo más completo posible de reconstrucciones paleoclimáticas de carácter regional y elevada resolución temporal. Estas reconstrucciones indican, a ese nivel territorial, la magnitud, signo y cronología de las principales anomalías, una información a través de la que sería posible establecer un patrón de evolución del clima durante ese periodo generalizable a nivel hemisférico y, sobre todo, interpretable en términos de Circulación General Atmosférica.

En este trabajo se presentan los resultados obtenidos sobre la evolución de las temperaturas en Cantabria durante la PEH a partir de su reconstrucción, mediante el uso de técnicas dendroclimáticas, en el observatorio de Villacarriedo. Esa información, además de contribuir al conocimiento de la evolución del clima europeo de las últimas centurias, nos permitirá conocer la cronología y magnitud de las principales anomalías térmicas registradas en Cantabria durante este episodio y su relación con los patrones de evolución de las temperaturas en otras zonas de Europa.

2. LAS FUENTES DE INFORMACIÓN Y LOS DATOS RECONSTRUIDOS

La dendroclimatología constituye una de las técnicas que mejores resultados ofrece en la reconstrucción del clima del pasado, en particular en el contexto temporal del último milenio (JONES *et al.*, 1998). Proporciona información de carácter cuantitativo sobre las temperaturas y precipitaciones de las pasadas centurias, de forma continuada en el tiempo, de correcta datación absoluta y de una elevada resolución temporal: anual, trimestral e incluso mensual.

Las reconstrucciones se basan en el principio de que el crecimiento radial de las plantas leñosas está condicionado fundamentalmente por el clima, hasta el punto de minimizar el efecto de otros parámetros que también pueden regular ese crecimiento (FRITTS, 1976, 1991). Estos parámetros son considerados ruido no climático y han de ser eliminados durante el proceso metodológico. La dendroclimatología individualiza y analiza la relación entre el anillo de crecimiento anual y el clima. La decodificación de ese registro, a partir de la definición de la respuesta actual de la planta al clima, constituye una de las bases de las reconstrucciones, puesto que conocida esa relación en el presente es posible extrapolarla hacia el pasado.

Una dendrocronología es una serie temporal representativa de los crecimientos anuales de una determinada población forestal, datada de forma absoluta y de la que potencialmente podemos extraer la señal climática a partir de un proceso de calibración con información instrumental. En la actualidad se dispone en España de unas 50 cronologías que agrupan en total algo más de 1.500 muestras de distintos árboles (CREUS y FERNÁNDEZ, 1992; GÉNOVA *et al.*, 1993) pertenecientes a varias especies, siendo las coníferas las que suponen un porcentaje más elevado,

superior al 90%. La construcción de este banco dendrocronológico, imprescindible para emprender cualquier intento de reconstrucción de variables climáticas, fue posible gracias al soporte de varios proyectos de investigación financiados durante la segunda mitad de la década de los ochenta y a lo largo de la de los noventa por distintos organismos nacionales e internacionales (podemos señalar entre los más importantes: CICYT, FOR 89-0866-C02-01; CEE: FI2W-CT91-0075; CICYT, CLI96-1862; Ministerio de Agricultura, FO96-013; CEE, Contract ENVA-CT97-0641, además de otros financiados por el ICONA, entre 1988 y 1990, y la Xunta de Galicia, entre 1991 y 1993). Este banco de cronologías ha sido utilizado en la última década para la reconstrucción de la temperatura y precipitación trimestral de varios observatorios de la mitad septentrional de España, algunos de cuyos resultados pueden consultarse en CREUS y FERNÁNDEZ (1992), CREUS *et al.* (1997), CREUS y SAZ (1999) y SAZ (2004).

La metodología tradicional de reconstrucción puede consultarse en la amplia bibliografía existente (entre otros FRITTS, 1976, 1991; COOK y KAIRIUKSTIS, 1990; GUIOT 1990). FERNÁNDEZ y MANRIQUE (1997) introdujeron importantes modificaciones en dicha metodología con el fin de poder utilizar conjuntamente un mayor número de cronologías, siempre que muestren una elevada proporción de variabilidad común y sincronización espacial, aunque se encuentren entre sí a distancias importantes. De este modo, al intervenir más predictores (cronologías) en el proceso, la señal climática reconstruible se incrementa de manera importante al depender de la que aportan conjuntamente un número mayor de series de crecimiento, permitiendo la reconstrucción de más variables climáticas.

A partir de este banco dendrocronológico y bajo esos nuevos planteamientos metodológicos, fue posible reconstruir las temperaturas medias trimestrales del observatorio de Villacarriedo, si bien en este trabajo analizaremos los datos reconstruidos entre 1500 y 1900, fechas en las que se inscribiría la Pequeña Edad del Hielo. Mediante el promedio de los cuatro valores trimestrales reconstruidos se calculó la serie de temperaturas medias anuales para ese mismo periodo (Fig. 1). En esas gráficas aparece asimismo un suavizado de los datos mediante filtro gaussiano de paso bajo y longitud de 10 años y el valor de la temperatura media en el periodo 1941-1990 a partir de los datos instrumentales del INM.

En cuanto a la calidad de la información térmica reconstruida, en la tabla 1 se señala la varianza explicada (R^2) por el modelo construido para explicar el crecimiento en función del clima. En nuestro caso superan ampliamente los valores citados como significativos (0,32) en la extensa bibliografía.

Tabla 1. Varianza explicada (R^2) entre las variables reales y las estimadas en las reconstrucciones de las series térmicas

Variable	Varianza explicada (R^2)
Primer trimestre (ene-feb-mar)	0,64
Segundo trimestre (abr-may-jun)	0,72
Tercer trimestre (jul-ago-sep)	0,69
Cuarto trimestre (oct-nov-dic)	0,65

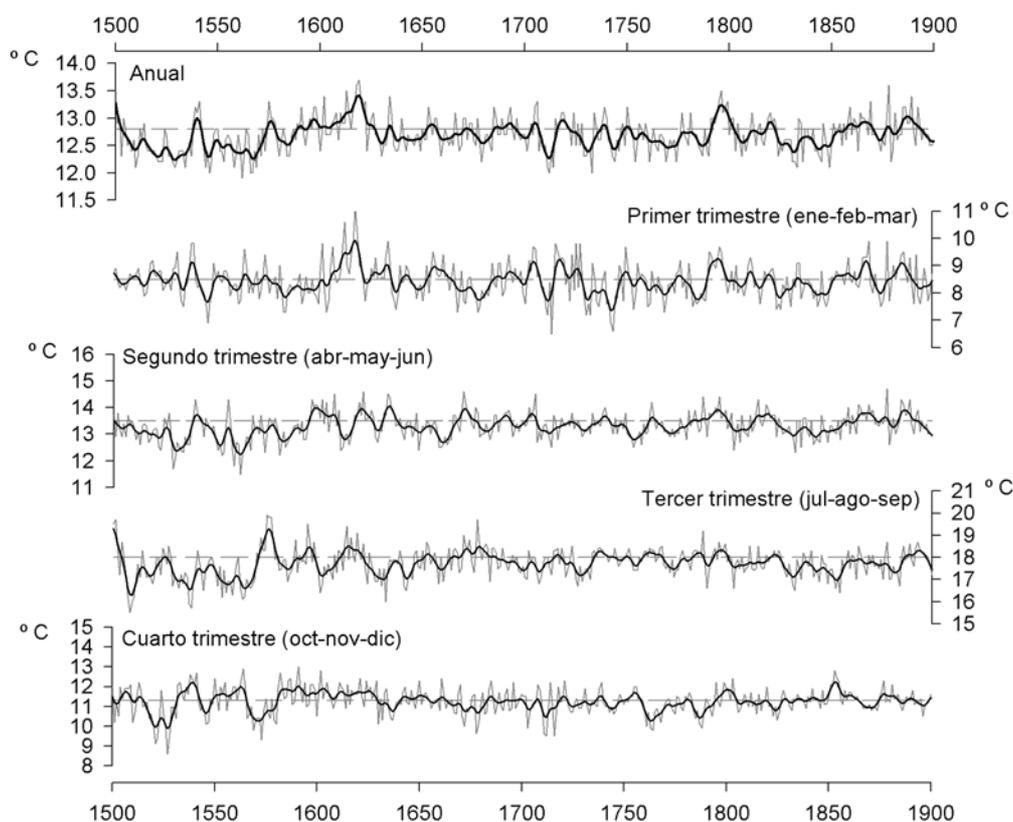


Fig. 1. Reconstrucciones de la temperaturas medias trimestrales y anual del observatorio de Villacarriedo entre 1500 y 1900 (curva gris). La curva negra muestra un suavizado de los datos mediante filtro gaussiano de paso bajo y longitud de 10 años. La línea gris discontinua indica el valor de la temperatura media en el periodo 1941-1990 según datos del INM

Villacarriedo se encuentra situado en la zona centro-occidental de la comunidad de Cantabria, a unos 35 km al sur de Santander y a una altura sobre el nivel del mar de 202 m. Conviene señalar respecto a estas reconstrucciones que aunque el proceso metodológico necesita de la información instrumental de un observatorio tradicional para la calibración con las series de crecimiento o cronologías, la disposición geográfica de éstas y su propia naturaleza hacen que la información final reconstruida muestra una imagen de la evolución del clima de un espacio geográfico más amplio que el que resulta de la información instrumental. Las cronologías captan en mayor medida una señal de carácter macroclimático de media y baja frecuencia que nos señala de forma precisa las fechas y magnitud de las principales anomalías de los últimos siglos, fundamentalmente en lo que se refiere a anomalías de alta y media frecuencia.

3. ANÁLISIS DE LAS SERIES TÉRMICAS RECONSTRUIDAS: PRINCIPALES ANOMALÍAS FRÍAS Y CÁLIDAS

Las series térmicas reconstruidas en este observatorio muestran la presencia entre los siglos XVI y XIX de anomalías térmicas importantes, tanto de carácter cálido como frío. Entre 1500 y 1900 la

temperatura media anual queda en conjunto $0,1^{\circ}\text{C}$ por debajo de la media del periodo 1941-1990. El test de la t de comparación entre medias indica que las medias de estos dos periodos son, desde un punto de vista estadístico, distintas, a un nivel de significación $\alpha=0,01$. La misma diferencia de $0,1^{\circ}$ ofrece la temperatura media del primer trimestre en el periodo analizado respecto de los datos del 1941-1990, sin detectarse en este caso, según el test t , diferencias significativas entre estas dos medias, mientras que en el segundo y tercer trimestres las diferencias son, siempre a favor del periodo actual, de $0,2^{\circ}\text{C}$ y $0,3^{\circ}\text{C}$ (no significativas). El cuarto trimestre ofrece en ambos periodos la misma media.

Con objeto de situar en el tiempo las anomalías de alta y media frecuencia más importantes, en las tablas 2 y 3 se han señalado los años, quinquenios, periodos de 15 y periodos de 30 años más fríos o cálidos en los cuatro siglos analizados en este trabajo.

Tabla 2. Años, trimestres y periodos de 5, 15 y 30 años más fríos según las series reconstruidas en Villacarriedo de la temperatura media anual y de las medias trimestrales

	Anual	1 ^{er} trimestre	2 ^o trimestre	3 ^{er} trimestre	4 ^o trimestre
Años	1562, 1712	1714, 1744	1562, 1529	1508, 1538	1527, 1521
5 años	1526-1530	1741-1745	1559-1563	1507-1511	1518-1522
	1565-1569	1710-1714	1529-1533	1562-1566	1525-1529
	1543-1547	1544-1548	1550-1554	1534-1538	1569-1573
	1566-1570	1729-1733	1581-1585	1555-1559	1761-1765
	1710-1714	1783-1787	1559-1563	1529-1533	1785-1789
15 años	1521-1535	1731-1745	1551-1565	1554-1568	1517-1531
	1557-1571	1668-1682	1523-1537	1506-1520	1566-1580
	1542-1556	1582-1596	1580-1594	1530-1544	1761-1775
	1761-1775	1836-1850	1649-1663	1842-1856	1703-1717
	1831-1845	1760-1774	1831-1845	1623-1637	1666-1680
30 años	1508-1537	1730-1759	1558-1587	1537-1566	1760-1789
	1544-1573	1576-1605	1510-1539	1507-1536	1502-1531
	1824-1853	1824-1853	1827-1856	1828-1857	1703-1732

En lo que se refiere a los periodos fríos, en la señalada tabla 2 vemos que, tanto en el caso de los promedios anuales como en los datos trimestrales reconstruidos, es el siglo XVI el que alberga las crisis frías más importantes. En concreto, en los valores anuales cuatro de los cinco quinquenios más fríos, tres de los cinco periodos de 15 años y dos de los tres de 30 años acaecen a lo largo de esa centuria. En periodos de 5 años las diferencias respecto de los valores anuales promedio del 1941-1990 alcanzan los $0,5^{\circ}\text{C}$ en los casos señalados en la tabla 2, siendo de $0,5^{\circ}\text{C}$ en los 15 años de los intervalos 1521-1535 y 1557-1571 (diferencias significativas entre las medias $\alpha=0,05$) y de $0,4^{\circ}\text{C}$ en los tres decenios de los intervalos 1508-1537 y 1544-1573 (diferencias significativas $\alpha=0,01$).

A nivel trimestral se observa que durante el siglo XVI son el segundo y tercer trimestres los que registran descensos térmicos más importantes, detectándose en esa centuria el mayor número de intervalos de 5, 15 o 30 años más fríos en el periodo analizado. En el tercer trimestre la diferencia entre la temperatura media obtenida en los periodos 1562-1566 y 1534-1538 y la del 1941-1990 alcanza los $1,5^{\circ}\text{C}$, llegando hasta los $1,8^{\circ}\text{C}$ en el 1507-1511. Para intervalos más largos, las

diferencias son de 1,2°C en el 1554-1568 (significativa $\alpha=0,01$) y de 1°C en el 1506-1520, 1530-1544 y 1537-1566 (significativas $\alpha=0,01$). En el segundo trimestre las diferencias respecto a las temperaturas del 1941-1990 son algo más moderadas, aunque llegan a superar 1°C en los quinquenios 1559-1563, 1529-1533 y 1550-1554, rozando ese valor en los quince años del 1551-1565 (significativa $\alpha=0,01$) y siendo de 0,6°C en el 1558-1587 y 1510-1539 (significativas $\alpha=0,01$). En lo que se refiere a las temperaturas medias del primer trimestre, las crisis frías más importantes parecen retrasarse hasta el siglo XVIII, con descensos de entre 0,9°C y 1,2°C en los quinquenios señalados en la Tabla 2, de 0,7°C en los quince años del intervalo 1731-1745 (diferencia significativa $\alpha=0,10$) y de 0,4°C en el intervalo 1760-1774 y en los tres decenios del 1730-1759, diferencias que en este caso no han resultado ser estadísticamente significativas. Finalmente, respecto del cuarto trimestre son los siglos XVI y XVIII los que albergan los periodos más fríos, con descensos de entre 1°C y 1,4°C en los quinquenios señalados en la tabla 2, de 1°C en el 1517-1531 (diferencia significativa $\alpha=0,01$), de 0,7°C y 0,8°C en los quince años de los intervalos 1566-1580 y 1761-1775 (diferencias significativas $\alpha=0,01$) así como en los tres decenios del 1703-1777 (significativa $\alpha=0,05$). Las diferencias son de entre 0,3° y 0,5° entre 1703-1722 y entre 1760-1789 (diferencias en este caso no significativas).

Convendría a nuestro juicio señalar además la presencia en las décadas centrales del siglo XIX de algunos intervalos también fríos. En los datos anuales y en los del primero, segundo y tercer trimestres, se sitúan en esas décadas algunos de los periodos de 15 y 30 años más fríos.

En lo que se refiere a las anomalías de carácter cálido (Tabla 3), las más importantes se sitúan en la primera mitad del siglo XVII y en la segunda mitad del XIX. A nivel de datos anuales las diferencias rondan los 0,5°C para los periodos de cinco años más cálidos y apenas superan los 0,2°C en periodos de 15 y 30 años, diferencias que frente a lo que en general sucedía con las crisis frías no muestran diferencias estadísticamente significativas respecto a los valores promedio del periodo 1941-1990. Trimestralmente, las diferencias más importantes se observan en el primer trimestre, con quinquenios en los que se superan los 1,4°C, alcanzándose, en intervalos más largos, diferencias de 0,9°C entre 1608-1622 y de 0,6°C entre 1606-1635 (diferencias significativas $\alpha=0,01$)

Tabla 3. Años, trimestres y periodos de 5, 15 y 30 años más cálidos según las series reconstruidas en Villacarriedo de la temperatura media anual y de las medias trimestrales

	Anual	1 ^{er} trimestre	2 ^o trimestre	3 ^{er} trimestre	4 ^o trimestre
Años	1619, 1878	1618, 1613	1878, 1622	1575, 1576	1591, 1564
5 años	1617-1621	1616-1620	1632-1636	1574-1578	1851-1855
	1795-1799	1716-1720	1885-1889	1500-1504	1537-1541
	1885-1889	1611-1615	1587-1601	1678-1682	1590-1594
	1610-1614	1793-1797	1618-1622	1613-1617	1560-1564
	1538-1542	1865-1869	1670-1674	1595-1599	1601-1605
15 años	1608-1622	1608-1622	1596-1610	1570-1584	1581-1595
	1791-1805	1716-1730	1864-1878	1671-1685	1550-1564
	1856-1870	1791-1805	1788-1802	1608-1622	1851-1865
	1881-1895	1856-1870	1622-1636	1885-1899	1615-1629
	1589-1603	1879-1893	1811-1825	1785-1799	1530-1544
30 años	1597-1626	1606-1635	1864-1893	1570-1599	1582-1611
	1864-1893	1859-1888	1597-1626	1663-1692	1536-1565
	1792-1821	1791-1820	1793-1822	1735-1764	1836-1865

4. DISCUSIÓN: LA PEH EN CANTABRIA Y EN EL CONTEXTO REGIONAL EUROPEO

La presencia en el siglo XVI de crisis frías importantes no resulta un hecho desconocido en las investigaciones paleoclimáticas realizadas en Europa, localizándose el mayor descenso térmico durante el tercio final de la centuria en buena parte de los trabajos realizados sobre esta zona (BRIFFA *et al.*, 1999; HUGHES *et al.*, 1999; KALELA-BRUNDIN, 1999; PFISTER y BRAZDIL, 1999). Es en ese momento en el que BRADLEY y JONES (1992), PFISTER (1992) y MANN *et al.* (1998) señalan el comienzo de las anomalías climáticas relacionadas con la Pequeña Edad del Hielo.

Los datos reconstruidos en el observatorio de Villacarriedo señalan al siglo XVI como el que alberga los periodos más fríos en el contexto de la PEH, con descensos que, como veíamos en el punto anterior, rozan los 2° C en el tercer trimestre durante algunos quinquenios y alcanzan los 0,5° C sobre las medias anuales en periodos de 15 años. El tercio final de la centuria alberga el año más frío de la serie analizada (1562), así como algunos de los periodos de 15 años más fríos según los datos anuales y trimestrales. Junto a este enfriamiento generalizado de toda la centuria, más importante en el segundo y tercer trimestres, sólo se localiza una suave y breve recuperación de las temperaturas en torno al año 1540, señalando también BRIFFA *et al.* (1992) en Fennoscandia, y PFISTER y BRAZDIL (1999) en Europa Central, un incremento de las temperaturas en esas zonas previo a la crisis del tercio final del XVI.

Pero si el enfriamiento descrito para este observatorio cántabro durante el siglo XVI parece insertarse bien en la evolución observada en otras zonas europeas, no sucede lo mismo en el siglo XVII. Una parte importante de la información térmica reconstruida en el centro y norte de Europa, a partir no sólo de la dendroclimatología sino de distintas fuentes de información *proxy*, parece coincidir en que dentro de la PEH el momento de mayor enfriamiento en el continente europeo se produce durante el siglo XVII, en especial en el tramo final de esa centuria y primeros años del XVIII (JONES *et al.*, 1998; CROWLEY, 2000; BRIFFA *et al.*, 2001), coincidiendo con el conocido como Mínimo Maunder (1675-1715) (MANLEY, 1974; EDDY, 1976; MÖRNER, 1994; PFISTER, 1994; LUTERBACHER *et al.*, 2001). En Villacarriedo no se detectan crisis frías importantes a lo largo del siglo XVII, apareciendo por el contrario como aspecto más característico de esta centuria las cálidas décadas que marcan su primera mitad. Trabajos anteriores, realizados sobre información dendroclimática reconstruida en la mitad norte de España, señalan también al siglo XVI como el que alberga el momento de máxima intensidad de la PEH (SAZ y CREUS, 2003; SAZ *et al.*, 2003; SAZ, 2003), si bien apuntan hacia la existencia de anomalías frías durante el Mínimo Maunder, en cualquier caso de menor magnitud que las descritas para el XVI.

El siglo XVIII ofrece en Villacarriedo un nuevo descenso de las temperaturas, en especial en las primeras décadas, finalizando ya el Mínimo Maunder, y en las décadas de los años sesenta y setenta, reflejado fundamentalmente en las temperaturas del primer y cuarto trimestres. En el tercio final de esta centuria KALELA-BRUNDIN (1999) y KOSLOWSKI y GLASER (1999) describen también un descenso térmico, en un periodo en el que BARRIENDOS (1994) identifica en Cataluña la Pulsación Maldá y en el que se han descrito en el cuadrante nororiental de España incrementos en la variabilidad interanual de las temperaturas (CREUS y SAZ, 1999).

El final de la PEH en Europa suele situarse a principio del siglo XIX (JONES *et al.*, 1998; MANN *et al.*, 1998; KALELA-BRUNDIN, 1999), coincidiendo con una crisis fría bastante generalizada en todo el continente, pero en la que el enfriamiento es de menor magnitud que en las crisis descritas en los siglos XVI y XVII. Esta crisis ha sido sin embargo identificada como el momento de máxima intensidad de la PEH en Norteamérica y Groenlandia (KAMEDA *et al.*, 1992; D'ARRIGO y JACOBY, 1999), mostrando este hecho una vez más la dificultad existente para atribuir a ese episodio un patrón evolutivo común en todo el Hemisferio Norte. Coincidiendo con esa Pulsación Final de la PEH, en la reconstrucción de las temperaturas de Villacarriedo se evidencia también la presencia de una anomalía de carácter frío en el tercio central del XIX, aunque más moderada que las crisis señaladas para el XVI. A lo largo de las décadas centrales del XIX aparece uno de los tres periodos de 30 años más fríos de la reconstrucción de las temperaturas medias anuales, así como algunos de los periodos de tres decenios con los primeros, segundos y terceros trimestres más fríos. Después y hasta el final del XIX las temperaturas se recuperan, no detectándose intervalos especialmente fríos.

5. CONCLUSIONES

La reconstrucción, a partir de las dendrocronologías pluriseculares existentes en España, de las temperaturas medias trimestrales del observatorio de Villacarriedo, nos ha posibilitado presentar la evolución térmica de Cantabria entre los siglos XVI y XIX, dentro de la Pequeña Edad del Hielo. Ello permite no sólo un mejor conocimiento de la evolución del clima pasado, sino también completar el mosaico de reconstrucciones paleoclimáticas necesario para poder interpretar la PEH, sus pulsaciones y su incidencia en este ámbito climático oceánico.

En Cantabria, este episodio muestra su momento de mayor intensidad, en cuanto a la frecuencia y magnitud de fases frías, durante el siglo XVI, centuria caracterizada en el centro y norte de Europa por ser también especialmente fría pero en la que a nivel continental no se cita como el momento más álgido de la PEH.

El descenso de las temperaturas medias anuales en algunos intervalos del S. XVI alcanza los 0,5°C, rozando los 2°C en la temperatura media del tercer trimestre, siendo éste y el segundo trimestres los que acusan un mayor enfriamiento. La crisis fría del primer tercio del s. XIX, donde suele situarse el final de la PEH en Europa, también se detecta en la reconstrucción de las temperaturas realizada en esta zona, manifestándose como un último descenso térmico que precede a unas décadas finales de la centuria en general más cálidas y en las que no se ha localizado ningún intervalo de 5, 15 o 30 años especialmente frío.

6. AGRADECIMIENTOS

Este trabajo forma parte del proyecto CLI96-1862 "*Precipitaciones y temperaturas de la mitad septentrional de España a partir del siglo XVII*" financiado por la Comisión Interministerial de Ciencia y Tecnología (CICYT). Se encuentra además enmarcado dentro del *Programa de grupos de investigación consolidados* (grupo *Clima, Cambio Global y Sistemas Naturales*) financiado por el Gobierno de Aragón

7. REFERENCIAS

- BARRIENDOS, M. (1994). *Climatología histórica de Cataluña. Aproximación a sus características generales (ss XV-XIX)*. Tesis Doctoral. Universidad de Barcelona.
- BAUERNEFEIND, W. and WOITEK, U. (1999). "The influence of climatic change on price fluctuations in Germany during the 16th century Price Revolution". *Climatic Change*, 43, pp. 303-321.
- BEHRINGER, W. (1999). "Climatic change and witch-hunting. The impact of the Little Ice Age on mentalities". *Climatic Change*, 43, pp. 335-351.
- BRADLEY, R.S. and JONES, P.D. (1992). *Climate Since A.D. 1500*. Routledge, London. 679 pp.
- BRIFFA, K.R. *et al.* (1992). "Fennoscandian summers from A.D. 500. temperature changes on short and long timescales". *Climate Dynamics*, 7, pp. 111-119.
- BRIFFA, K.R. *et al.* (1999). "European tree-rings and climate in the 16th century". *Climatic Change*, 43, pp. 151-168.
- BRIFFA, K.R. *et al.* (2001). "Low frequency temperature variations from a northern tree-ring density network". *Journal of Geophysical Research*, 106, pp. 2929-2941.
- COOK, E.R. and KAIRIUKSTIS, L.A. (1990). *Methods of dendrochronology*. Kluwer Academic Publishers, Londres.
- CREUS J. y FERNÁNDEZ, A. (1992). Cuantificación del clima pasado a partir de series dendrocronológicas. En: *Actas del V Coloquio de Geografía Cuantitativa*. Universidad de Zaragoza, pp. 393-407.
- CREUS, J. y SAZ M.A. (1999). Estudio de la variabilidad climática del último milenio a partir de series de temperatura y precipitación reconstruidas en el noreste español. En: RASO, J.M. y MARTÍN VIDE J. (Eds). *La Climatología española en los albores del siglo XXI*. AEC, Serie A, 1, pp 155-164.
- CROWLEY, T.J. (2000). "Causes of climate change over the past 1000 years", *Science*, 289, pp. 270-277.
- D'ARRIGO, R. and JACOBY, G.C. (1992). Dendroclimatic evidence from Northern America. En: BRADLEY, R.S. y JONES P.D. (Eds.). *Climate Since A.D. 1500*, Routledge, New York.
- EDDY, J.A. (1976). "The Maunder Minimum". *Science*, 192, pp. 1189-1202.
- FERNÁNDEZ, A. y MANRIQUE, E. (1997). *Nueva metodología para la reconstrucción dendroclimática y aplicaciones más importantes*. INIA, Madrid.
- FRITTS, H. (1976). *Tree rings and climate*. Academic Press, Londres.
- FRITTS, H. (1991). *Reconstructing large-scale climatic patterns from tree-ring data*. University of Arizona Press, Tucson.
- GALLOWAY, P (1994). "Secular changes in the short term preventive, positive and temperature check to population growth in Europe, 1460-1909". *Climatic Change*, 26, pp. 3-63.
- GÉNOVA, M.; FERNÁNDEZ, A. y CREUS, J. (1993). "Diez series de anillos de crecimiento en los sistemas Carpetano e Ibérico". *Investigación Agraria. Sistemas y Recursos Forestales*, 2 (2), pp. 151-172.
- GRIBBIN, J. and LAMB, H.H. (1979). Climatic change in historical times. En: GRIBBIN, J. (Ed.). *Climatic Change*. Cambridge University Press, Cambridge.
- GUIOT, J. (1990). Methods of calibration. En: COOK, E.R y KAIRIUKSTIS, L.A. *Methods of dendrochronology*. Kluwer Academic Publishers.
- HUGHES, M.K. *et al.* (1999). "Twentieth century summer warmth in northern Yakutia in a 600 year context". *The Holocene*, 9 (5), pp. 629-634.
- JONES, P.D. and BRIFFA, K.R. (2001). "The Little Ice Age. local and global perspectives". *Climatic Change*, 48 (1), pp. 5-8.
- JONES, P.D. *et al.* (1998). "High resolution paleoclimatic records for the last millenium. interpretation, integration an comparison with General Circulation Model control-run temperatures". *The Holocene*, 8 (4), pp. 455-471.
- KALELA-BRUNDIN, M. (1999). "Climatic information from tree-rings of *Pinus sylvestris* L. and a reconstruction of summer temperatures back to AD 1500 in Femundsmarka eastern Norway using partial least squares regression (PLS) analysis". *The Holocene*, 9 (1), pp. 59-77.

- KAMEDA, T. *et al.* (1992). A 450-year summer temperature record from melt feature profile in South Greenland Ice Core. En: MIKAMI, T. *Proceedings of the International Symposium on the Little Ice Age*. Departamento de Geografía de la Universidad Metropolitana de Tokyo.
- KOSLOWSKI, G. and GLASER, R. (1999). "Variations in reconstructed ice winter severity in the western baltic from 1501 to 1995, and their implications for the North Atlantic oscillation". *Climatic Change*, 41, pp. 175-191.
- LAMB, H.H. (1988). Some aspects of the Little Ice Age and other periods of cold, disturbed climate. En: LAMB, H.H. *Weather, Climate and Human affairs*. Routledge, Londres.
- LUTERBACHER, J. *et al.* (2001). "The late Maunder Minimum (1675-1715). A key period for studying decadal scale climatic change in Europe". *Climatic Change*, 49, pp. 441-462.
- MANLEY, G. (1974). "Central England temperatures monthly means 1659 to 1973". *Quaternary Journal of the Royal Meteorological Society*, 100, pp. 389-405.
- MANN, M.E; BRADLEY, R.S. and HUGHES, M.K.(1998). "Global-scale temperature patterns and climate forcing over the past six centuries". *Nature*, 392, pp. 779-787.
- MÖRNER, N.A. (1994). The Maunder Minimum. En: FRENZEL, B. *Climatic Trends and Anomalies in Europe 1675-1715*. European Science Foundation, Estrasburgo.
- PFISTER, C. (1992). Monthly temperature and precipitation in central Europe 1525-1979. En: BRADLEY, R.S. and JONES, P.D. *Climate since A.D. 1500*. London, Routledge.
- PFISTER, C. (1994). Spatial patterns of climatic change in Europe A.D. 1675-1715. En: FRENZEL, B. *Climatic Trends and Anomalies in Europe 1675-1715*. European Science Foundation, Estrasburgo.
- PFISTER, C. and BRAZDIL, R. (1999). "Climatic variability in sixteenth-century in Europe and its social dimension. a synthesis". *Climatic Change*, 43, pp. 5-53.
- SAZ, M.A. (2003). *Temperaturas y precipitaciones en la mitad norte de España desde el siglo XV. Estudio dendroclimático*. Consejo de Protección de la Naturaleza, Diputación General de Aragón, 294 pp.
- SAZ, M.A. y CREUS, J. (2003). Thermische anomalien im nördlichen Spanien während des 16. Jahrhunderts: erste zeichen der kleinen eiszeit. En: MARZOLFF, I. *et al.* (Eds.) *Landnutzungswandel und Landdegradation in Spanien*, pp. 121-141.
- SAZ, M.A.; CREUS, J. and CUADRAT, J.M. (2003): "Mean summer temperatures dendroclimatic reconstruction in Northeast of Spain. Comparison with other regional studies". *Geophysical Research Abstracts*, 5.