

Empleando esta metodología y con el mismo programa, se han realizado también las funciones de transferencia. En ellas, las variables climáticas que definen en mayor medida el crecimiento secundario en grosor son expresadas en función de la anchura de los anillos anuales de un conjunto de cronologías. Como variables predictoras se han considerado el crecimiento de los años t , $t+1$ y $t+2$; estos dos años de retardo se incluyen a causa de la autocorrelación derivada de la fisiología de los anillos de crecimiento.

Se han obtenido las funciones de transferencia de las cronologías en sus versiones estándar y residual para todas las variables de temperatura y precipitación susceptibles de ser reconstruidas. Entre éstas se realiza una selección teniendo en cuenta los valores del cuadrado del coeficiente de correlación (R^2) obtenidos en los análisis de regresión múltiple paso a paso (stepwise) y de regresión sobre componentes principales. Para aceptar la variable climática reconstruida se ha exigido que supere el valor de un 30 p. 100 de varianza climática explicada (Fritts, 1993). Dado que el programa PRECONK (Fritts, 1993) aplica la técnica bootstrap al análisis de componentes principales, los valores, además de calibrados, se encuentran ya verificados.

El estudio de las funciones respuesta y de transferencia se ha realizado para todas las variables climáticas mensuales y con un conjunto de siete cronologías, de las cuales Lalín, Rogueira, Cabanavella y Sobrado resultaron ser, según dichas funciones, aquellas en las que se podía explicar un mayor porcentaje de varianza por uno o más factores climáticos (Pérez Antelo, 1993, 1995). Las cronologías elegidas se han reunido en dos grupos, según que Sobrado tenga o no una alta significación en la función de transferencia, de modo que se incluyan las cuatro, o sólo Lalín, Rogueira y Cabanavella. Las razones para duplicar el análisis son: poder reconstruir doscientos años, pues si se incluye a Sobrado queda reducida en unos treinta años; y mejorar la precisión, ya que cuando es posible utilizar las cuatro cronologías el R^2 es mayor.

RECONSTRUCCION DE LAS VARIABLES CLIMATICAS

Se ha realizado a partir de las cronologías estándar (aquellas que conservan la baja frecuencia) para los dos grupos disponibles, o sea con tres y con cuatro cronologías. Cuando ambos existen, como en el caso de la temperatura de agosto, se ha empleado la reconstrucción con cuatro cronologías (período 1819-1987), prolongándola en el tiempo con la de tres (período 1782-1818) por las razones ya expuestas. Las reconstrucciones aparecen representadas gráficamente en la Figura 1, y sus valores numéricos en la Tabla 9, que figura al final del artículo. En la Tabla 4 aparecen los valores de R^2 para cada una. Con el fin de verificar que podía emplearse cualquiera de las dos reconstrucciones de la variable de temperatura media mensual de agosto (con tres o con cuatro cronologías), se realizó la regresión y correlación entre ambas versiones. Los valores de las correlaciones obtenidos aparecen en la Tabla 5. Las correlaciones entre todas las reconstrucciones posibles para las temperaturas de agosto de las tres estaciones demuestran que son semejantes, como puede verse también en la Tabla 5.

Otros trabajos realizados en la misma zona (Beorlegui *et al.*, 1995), pero utilizando distintas estaciones meteorológicas, reconstruyen unas variables climáticas mensuales semejantes: temperatura media de abril para A Pobra do Brollón (Lugo), Carballiño (Ourense) y Labacolla (Santiago); temperatura media de mayo para Carballiño; temperatura media de septiembre de A Pobra do Brollón; precipitación total de abril y de mayo de Xinzo de Limia

(Ourense). Existen, por tanto, coincidencias en cuanto a cuáles son las variables más significativas para el crecimiento, aunque en este caso tienen mayor importancia los meses de primavera, mientras en el estudio que se expone son más trascendentes los de verano e inicio del otoño.

TABLA 4**RELACION DE VARIABLES CLIMATICAS RECONSTRUIDAS***Reconstructed climatic variables list*

Lugo	Temperatura abril (1819-1987)	0,449
	Temperatura mayo (1819-1987)	0,321
	Temperatura agosto (1782-1987)	0,406 (1782-1818) 0,562 (1819-1987)
	Temperatura septiembre (1819-1987)	0,528
	Precipitación febrero (1819-1987)	0,303
	Precipitación septiembre (1819-1987)	0,321
	A Coruña	Temperatura agosto (1782-1988)
Santiago de Compostela	Temperatura agosto (1782-1987)	0,310 (1782-1818) 0,320 (1819-1987)

TABLA 5

**CORRELACIONES ENTRE TODAS LAS RECONSTRUCCIONES
REALIZADAS PARA LA TEMPERATURA DE AGOSTO
MEDIANTE LOS GRUPOS DE TRES Y CUATRO CRONOLOGIAS**

*Correlation between differents August temperature reconstructed using
three or four chronologies*

Correlación	0,6713	0,6980	0,7018	0,7955	0,3841
Reconstrucciones comparadas	LU4/SA4	LU4/CO3	SA3/SA4	SA3/CO3	SA4/CO3
Correlación	0,3172	0,5818	0,9166	0,3243	0,3674

Tamaño de muestra = 169, nivel de significación = 0,0000.

Abreviaturas: LU3: reconstrucción para Lugo con el grupo de tres cronologías; LU4: reconstrucción para Lugo con el grupo de cuatro cronologías; SA3: reconstrucción para Santiago con el grupo de tres cronologías; SA4: reconstrucción para Santiago con el grupo de cuatro cronologías; CO3: reconstrucción para A Coruña con el grupo de tres cronologías.

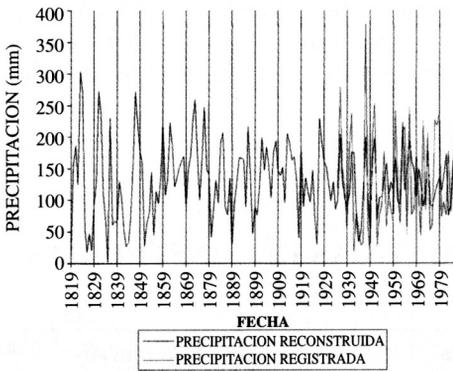


Fig. 1a.-Reconstrucción de la precipitación de febrero de Lugo

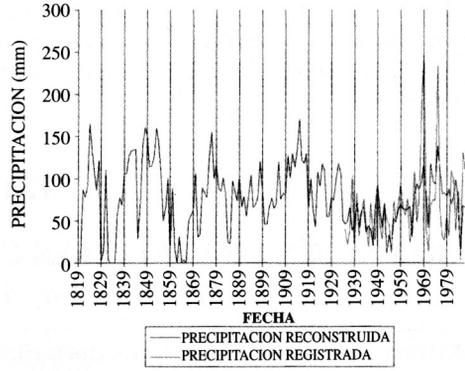


Fig. 1b.-Reconstrucción de la precipitación de septiembre de Lugo

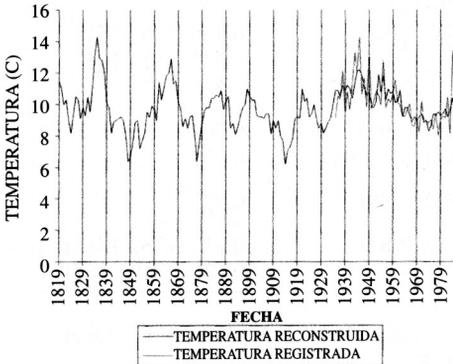


Fig. 1c.-Reconstrucción de la temperatura de abril de Lugo

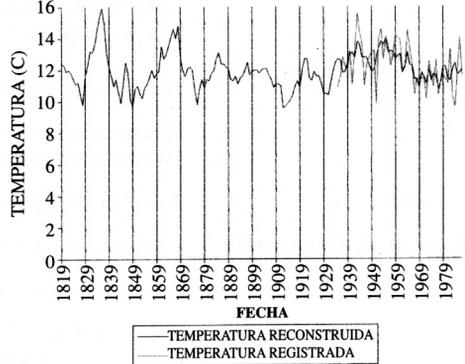


Fig. 1d.-Reconstrucción de la temperatura de mayo de Lugo

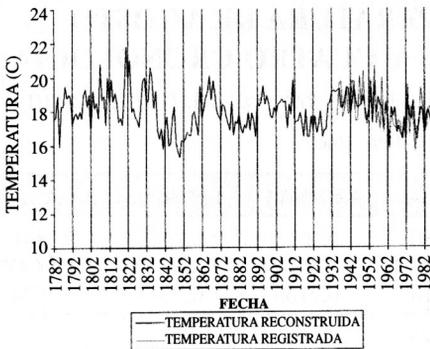


Fig. 1e.-Reconstrucción de la temperatura de agosto de Lugo

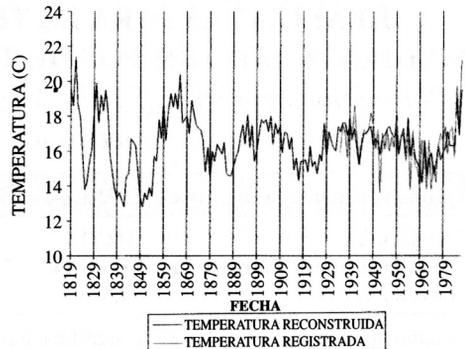


Fig. 1f.-Reconstrucción de la temperatura de septiembre de Lugo

Fig. 1.-Representación gráfica de las variables climáticas mensuales reconstruidas
Graphics display of monthly climatic reconstructed variables

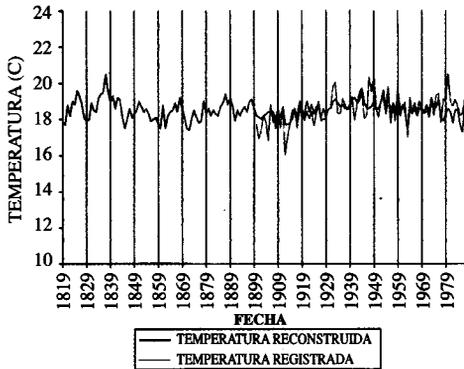


Fig. 1g.-Reconstrucción de la temperatura de agosto de A Coruña

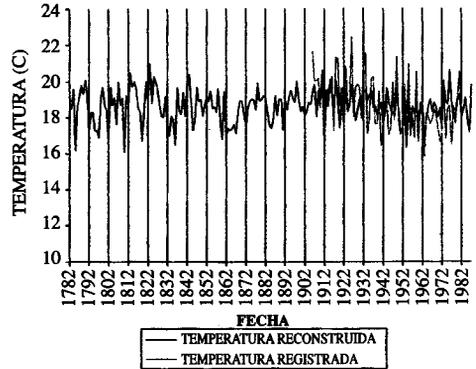


Fig. 1h.-Reconstrucción de la temperatura de agosto de Santiago

Fig. 1.-Representación gráfica de las variables climáticas mensuales reconstruidas
Graphics display of monthly climatic reconstructed variables

DESVIACIONES CON RESPECTO A LA MEDIA DE LOS VALORES DE LAS VARIABLES RECONSTRUIDAS

Las cronologías residuales resaltan la variabilidad de alta frecuencia, por lo cual, se han utilizado para reconstruir las desviaciones con respecto a la media de los registros climáticos. En el caso de existir dos opciones disponibles, se ha elegido la opción con tres cronologías para prolongar en el tiempo el posterior análisis de las medias móviles, aunque, como sucedía con las versiones estándar, el R^2 es mayor en el caso de elegir el grupo de cuatro cronologías. Las variables cuyas desviaciones con respecto a la media se han reconstruido aparecen en la Tabla 6 junto a sus valores de R^2 . Para verificar que podía emplearse cualquiera de las dos reconstrucciones de las desviaciones de la temperatura de agosto, tanto partiendo de tres como de cuatro cronologías, se analizó la correlación entre ambas, así como la correlación entre las desviaciones de dicha temperatura para las tres estaciones; en ambos casos los valores obtenidos demuestran que son semejantes, como puede verse en la Tabla 7.

Se han aplicado medias móviles a las variables obtenidas mediante las cronologías residuales, puesto que su estudio sin ningún tratamiento previo presentaba problemas locales para descifrar cuál era la tendencia presente en los datos (Pérez Antelo, 1995). La media móvil aplicada ha sido la de once términos, por haberla considerado suficientemente adecuada para no interferir con ciertas periodicidades de los datos, además, no se ha considerado necesaria su ponderación, ya que se trata de un análisis cualitativo de los datos y no cuantitativo.

El análisis de medias móviles aplicado a las versiones residuales que aparece en la Figura 2, aporta los siguientes resultados.

Con respecto a la precipitación de febrero en la estación de Lugo, aparecen períodos con una desviación clara con respecto a la media móvil. La precipitación es inferior a la media entre 1825-1845, 1885-1905 y 1930-1960 y superior entre 1845-1880, 1960-1975 y

1980-1990, mientras que en los períodos 1885-1905 y 1905-1930 es, tan sólo, ligeramente inferior y superior, respectivamente.

TABLA 6

**VARIABLES CLIMATICAS RECONSTRUIDAS A PARTIR
DE LAS CRONOLOGIAS RESIDUALES**

Reconstructed climatic variables using residual chronologies

Lugo	Temperatura agosto (1784-1987)	0,446
	Temperatura septiembre (1822-1987)	0,506
	Precipitación febrero (1822-1987)	0,404
	Precipitación octubre (1822-1987)	0,314
A Coruña	Temperatura agosto (1784-1987)	0,304
Santiago de Compostela	Temperatura agosto (1784-1987)	0,320

TABLA 7

**CORRELACION ENTRE LAS DESVIACIONES CON RESPECTO
A LA MEDIA DE LA TEMPERATURA DE AGOSTO
EN DISTINTAS ESTACIONES REALIZADAS MEDIANTE
LOS GRUPOS DE TRES Y CUATRO CRONOLOGIAS**

*Correlation between differents August temperature mean deviations
reconstructed using three of four chronologies*

Correlación	0,7716	0,8571	0,7915	0,8454	0,7922
Reconstrucciones comparadas	LU4/SA3	LU4/SA4	LU4/CO3	LU4/CO4	SA3/SA4
Correlación	0,6468	0,6328	0,7716	0,8460	0,8887
Reconstrucciones comparadas	SA3/CO3	SA3/CO4	SA4/CO3	SA4/CO4	CO3/CO4
Correlación	0,6380	0,5891	0,6363	0,6965	0,9495

Tamaño de muestra = 165, nivel de significación = 0,0000.

Abreviaturas: LU3: reconstrucción para Lugo con el grupo de tres cronologías; LU4: reconstrucción para Lugo con el grupo de cuatro cronologías; SA3: reconstrucción para Santiago con el grupo de tres cronologías; SA4: reconstrucción para Santiago con el grupo de cuatro cronologías; CO3: reconstrucción para A Coruña con el grupo de tres cronologías; CO4: reconstrucción para A Coruña con el grupo de cuatro cronologías.

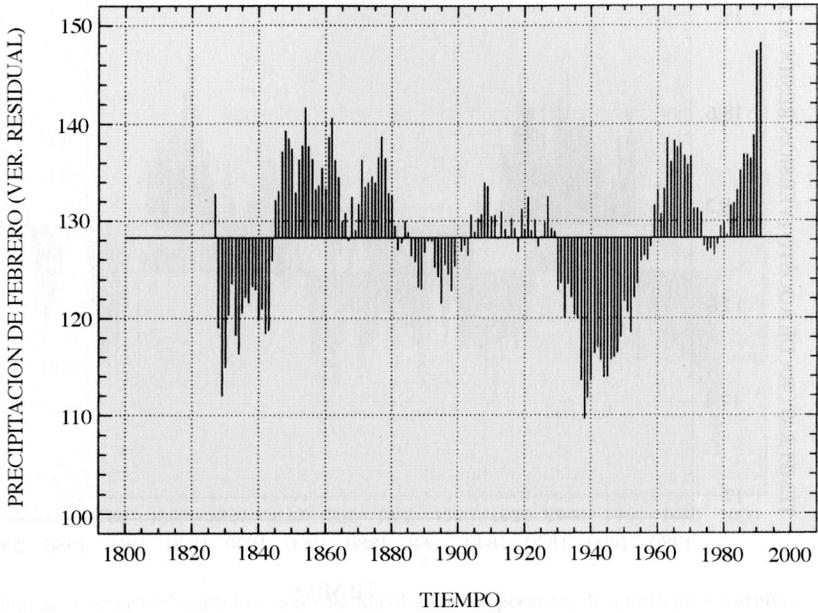


Fig. 2a.-Desviaciones respecto a la media móvil de la precipitación de febrero de Lugo

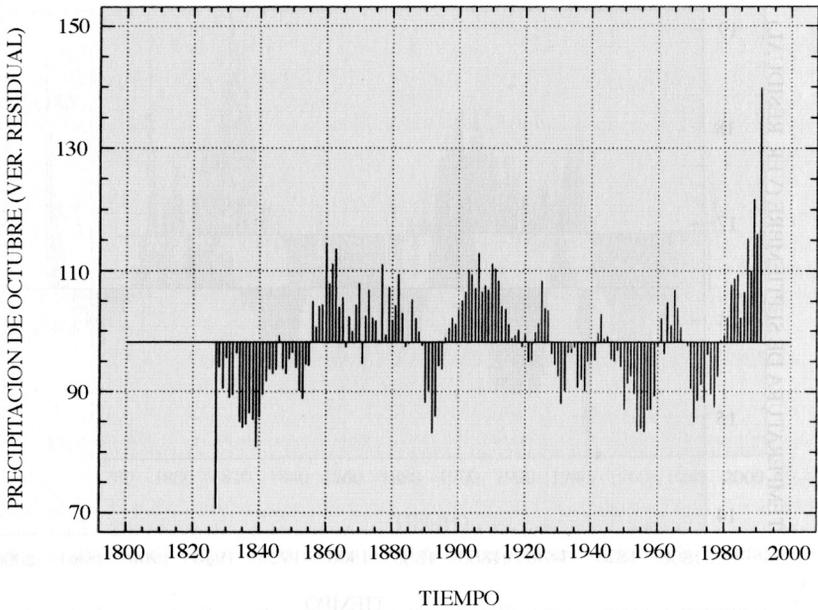


Fig. 2b.-Desviaciones respecto a la media móvil de la precipitación de octubre de Lugo

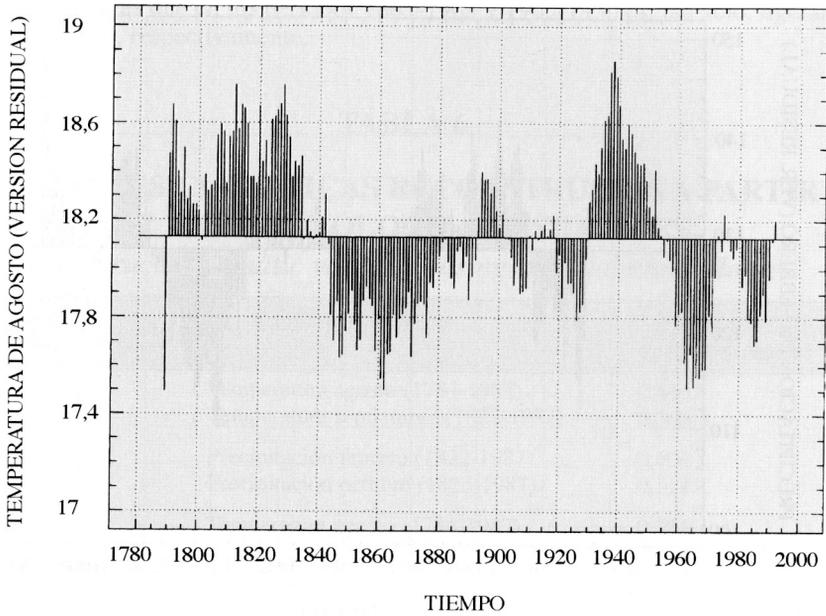


Fig. 2c.-Desviación respecto a la media móvil de la temperatura de agosto de Lugo

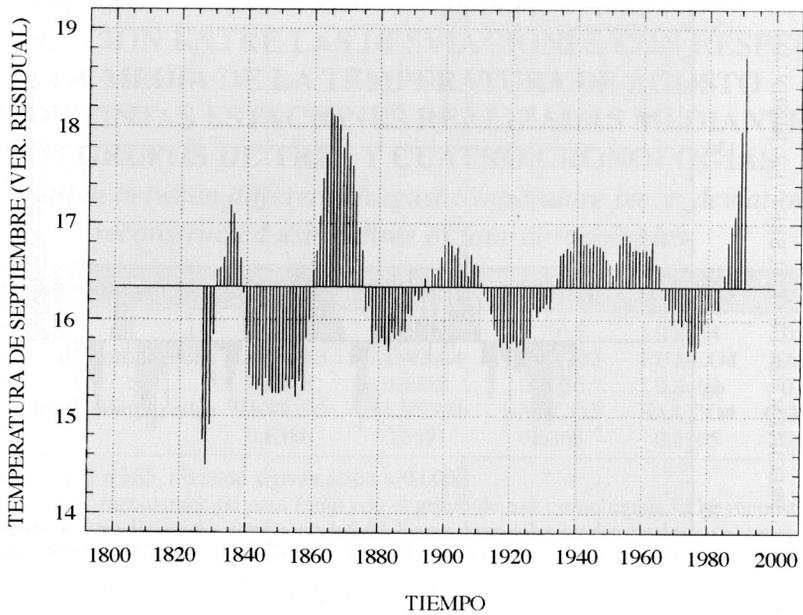


Fig. 2d.-Desviaciones respecto a la media móvil de la temperatura de septiembre de Lugo

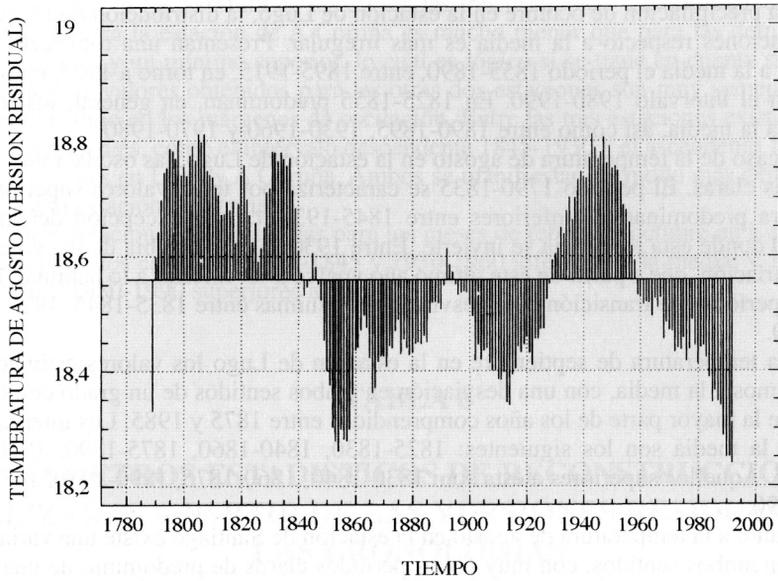


Fig. 2e.-Desviación respecto a la media móvil de la temperatura de agosto de A Coruña

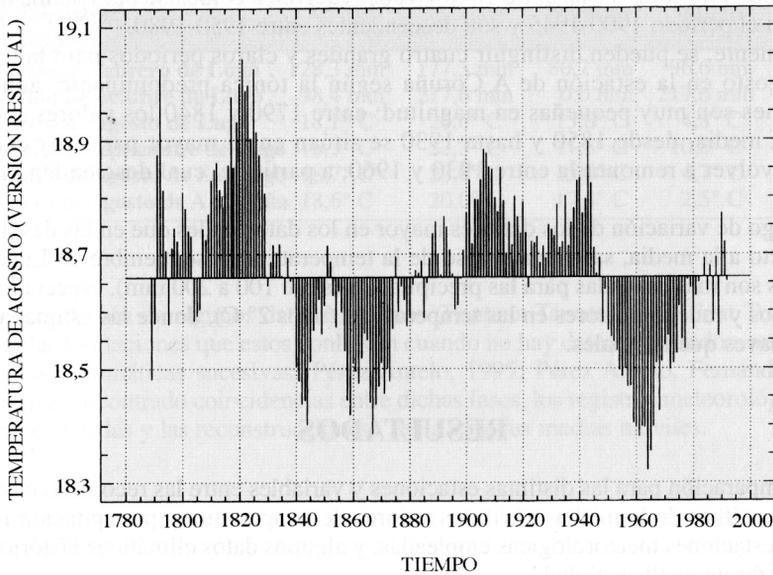


Fig. 2f.-Desviación respecto a la media móvil de la temperatura de agosto de Santiago

Fig. 2.-Representación gráfica de las variables climáticas mensuales reconstruidas
Graphics display of monthly climatic reconstructed variables

Para la precipitación de octubre en la estación de Lugo, la distribución de los períodos con desviaciones respecto a la media es más irregular. Presentan una tónica de valores superiores a la media el período 1855-1890, entre 1895-1915, en torno a 1925, entre 1960-1970, y en el intervalo 1980-1990. En 1825-1855 predominan, en general, los registros inferiores a la media, así como entre 1890-1895, 1930-1960 y 1970-1980.

En el caso de la temperatura de agosto en la estación de Lugo, las oscilaciones son, de nuevo, más claras. El período 1790-1835 se caracteriza por tener valores superiores a la media, para predominar los inferiores entre 1845-1930, con la excepción del intervalo 1890-1990 donde esta tendencia se invierte. Entre 1930 y 1955 cambia de nuevo el sentido de la variación, que a partir de este último año vuelve a ser inferior a lo habitual. Existen pequeños períodos de transición o de desviaciones mínimas entre 1835-1845, 1910-1920 y 1975-1980.

Para la temperatura de septiembre en la estación de Lugo los valores estimados son muy próximos a la media, con una desviación en ambos sentidos de un grado como máximo durante la mayor parte de los años comprendidos entre 1875 y 1985. Los intervalos por debajo de la media son los siguientes: 1825-1830, 1840-1860, 1875-1890, 1910-1930, 1965-1985. Aquellos superiores a ésta son: 1830-1840, 1860-1875, 1890-1910, 1935-1965 y 1985-1990.

En cuanto a la temperatura de agosto en la estación de Santiago existe una variabilidad irregular en ambos sentidos, con muy pocos períodos claros de predominio de una u otra. Además, como en el caso anterior, la variabilidad es muy pequeña, aproximadamente medio grado entre 1830 y 1950. Entre 1790 y 1830 prevalecen los valores superiores a la media, siendo inferiores a ésta entre 1840 y 1880, vuelven a colocarse por encima del valor habitual en el período 1900-1945 y son descendentes entre 1950-1980.

Finalmente, se pueden distinguir cuatro grandes y claros períodos para la temperatura de agosto en la estación de A Coruña según la tónica predominante, aunque las desviaciones son muy pequeñas en magnitud: entre 1790 y 1840 los valores son superiores a la media, desde 1850 y hasta 1930 se sitúan en su mayor parte por debajo de ella, para volver a remontarla entre 1930 y 1960, a partir del cual descienden progresivamente.

El rango de variación de los datos es mayor en los datos reales que en las desviaciones con respecto a la media, salvo en el caso de la temperatura de septiembre de Lugo. Estas diferencias son más acusadas para las precipitaciones (de 100 a 200 mm), especialmente en los máximos y mucho menores en las temperaturas (unos 2° C), donde las estimadas resultan más suaves que las reales.

RESULTADOS

La comparación para las distintas estaciones y variables entre las reconstrucciones realizadas, el análisis de la media móvil, los valores de temperatura y precipitación registrados en las estaciones meteorológicas empleadas, y algunos datos climáticos históricos, permiten realizar un análisis global.

En primer lugar, se pueden estudiar conjuntamente distintas reconstrucciones de las variables climáticas, partiendo para ello de la aplicación de las medias móviles a las versiones residuales y de los datos estadísticos que sobre dichas versiones aparecen en la Tabla 8.

Al comparar la temperatura de agosto en las tres estaciones meteorológicas, el rango de oscilación para la estación de A Coruña es mucho menor que para las demás, con un máximo inferior y un mínimo superior, lo cual es lógico si se tiene en cuenta su proximidad al mar. Los valores obtenidos para las otras dos estaciones son muy semejantes tanto en su media como en los márgenes de oscilación. Entre las tres estaciones existen algunos períodos semejantes, como el intervalo descendente 1845-1930 y el ascendente 1930-1955, que son comunes en Lugo y A Coruña. Ambos se manifiestan de modo más débil y no tan preciso, en la estación de Santiago.

Las precipitaciones reconstruidas para los meses de febrero y octubre en Lugo presentan varios períodos comunes: 1825-1845 y 1930-1960 inferiores a la media; y 1855-1880, 1960-1970 y 1980-1990 superiores a ésta.

TABLA 8

**PARAMETROS ESTADÍSTICOS DE RECONSTRUCCIONES
REALIZADAS A PARTIR DE LAS VERSIONES RESIDUALES DE
LAS CRONOLOGÍAS**

Residual chronologies reconstruction statistics parameters

Precipitación de febrero de Lugo	128,3 mm	177,3 mm	80,7 mm	96,6 mm	20,7 mm
Precipitación de octubre de Lugo	98,4 mm	217,6 mm	0,0 mm	217,6 mm	38,2 mm
Temperatura de agosto de Lugo	18,1° C	20,6° C	15,8° C	4,8° C	1,0° C
Temperatura de septiembre de Lugo	16,3° C	22,3° C	11,5° C	10,8° C	1,4° C
Temperatura de agosto de Santiago	18,7° C	20,6° C	15,9° C	4,7° C	0,9° C
Temperatura de agosto de A Coruña	18,6° C	20,0° C	17,5° C	2,5° C	0,5° C

La recopilación de algunos datos históricos (Fontana Tarrats, 1977; Font Tullot, 1988), con todas las limitaciones que estos conllevan cuando no hay datos registrados, muestran una serie de fases climáticas sucesivas (Pérez Antelo, 1995; Pérez Antelo, Fernández Cancio, 1995). Se han encontrado coincidencias entre dichas fases, los registros meteorológicos de las variables analizadas y las reconstrucciones (Tabla 9) y sus medias móviles.

TABLA 9
VARIABLES MENSUALES RECONSTRUIDAS
DE TEMPERATURA MEDIA Y PRECIPITACION TOTAL
Mean temperature and total rainfall reconstructed

1782	17,5					18,5	1822	10,3	12,0	19,9	18,7	124,3	78,0	19,0	18,2		
1783	17,7					18,5	1823	9,0	11,8	21,0	18,0	304,1	91,0	21,0	19,0		
1784	18,9					19,6	1824	8,2	11,4	18,0	15,9	272,2	164,9	18,8	18,8		
1785	15,9					16,2	1825	9,3	11,1	18,2	13,8	53,3	131,4	20,3	19,6		
1786	18,3					18,6	1826	10,5	11,2	17,7	14,2	17,4	107,0	20,0	19,3		
1787	18,3					19,2	1827	10,3	10,4	17,5	15,3	46,3	86,3	19,6	18,8		
1788	19,5					19,8	1828	9,1	9,8	17,1	16,1	20,4	121,4	18,7	18,1		
1789	18,8					19,3	1829	9,8	11,6	18,3	18,2	90,9	2,2	18,1	17,9		
1790	19,0					20,1	1830	9,3	12,3	19,8	19,9	128,1	15,1	18,0	18,0		
1791	18,8					19,3	1831	10,5	13,2	20,0	17,6	272,2	110,3	19,2	18,9		
1792	17,2					17,3	1832	9,5	13,1	18,6	19,2	234,5	3,5	17,3	18,5		
1793	17,8					18,3	1833	11,1	13,6	18,6	18,3	109,0	0,0	17,0	18,4		
1794	17,9					18,3	1834	13,2	14,6	20,6	19,5	65,2	0,0	18,1	19,2		
1795	17,6					17,3	1835	14,3	15,3	20,0	18,3	1,9	0,0	17,9	19,4		
1796	18,0					17,3	1836	12,9	15,9	18,2	15,7	229,7	56,1	16,5	19,5		
1797	17,6					16,9	1837	12,8	14,9	19,2	14,7	61,0	77,4	19,7	20,5		
1798	19,0					19,0	1838	11,9	13,0	16,9	13,8	66,7	68,7	18,4	19,5		
1799	19,3					19,7	1839	10,1	12,2	16,4	13,3	63,9	105,8	18,2	19,0		
1800	18,3					18,7	1840	9,8	11,6	17,0	13,6	129,4	105,9	19,4	19,3		
1801	19,0					18,4	1841	8,2	11,0	15,8	13,2	100,3	127,5	18,1	18,6		
1802	16,9					16,7	1842	8,9	11,4	17,1	12,8	50,9	132,6	19,6	19,2		
1803	19,2					19,7	1843	9,0	10,6	17,7	14,5	26,5	134,2	20,4	19,1		
1804	18,2					18,7	1844	9,1	9,9	16,0	14,7	32,8	134,8	19,0	18,1		
1805	18,5					19,1	1845	9,2	11,2	16,1	16,7	74,4	28,2	17,3	17,5		
1806	17,6					17,6	1846	9,0	12,5	17,7	16,5	162,8	72,4	17,9	18,0		
1807	20,8					20,0	1847	8,1	11,8	18,3	16,3	272,0	138,6	19,7	18,6		
1808	18,7					18,7	1848	6,4	10,1	16,2	14,8	218,3	160,6	18,9	18,1		
1809	18,9					19,1	1849	6,6	9,7	15,6	13,3	178,4	151,4	19,0	18,3		
1810	17,2					16,1	1850	7,5	10,8	15,3	12,8	159,1	113,8	18,1	18,5		
1811	20,0					19,2	1851	8,9	11,0	16,3	13,6	27,5	115,1	18,7	19,0		
1812	18,5					18,7	1852	9,0	10,5	16,2	13,2	62,1	125,7	19,1	18,7		
1813	19,9					20,5	1853	7,2	10,2	16,4	13,9	78,2	160,2	18,9	18,4		
1814	18,6					19,7	1854	7,7	10,9	16,8	13,4	144,2	142,0	19,5	18,6		
1815	19,1					20,0	1855	8,2	11,1	16,6	15,7	44,7	101,5	18,5	18,3		
1816	18,5					19,6	1856	9,5	11,5	16,6	15,4	114,0	50,0	18,6	17,9		
1817	17,4					18,6	1857	9,2	12,0	17,8	17,8	94,5	65,7	18,3	18,0		
1818	17,6					18,3	1858	9,9	11,5	18,0	16,7	138,0	100,3	19,6	18,1		
1819	11,5	12,4	17,2	19,5	5,4	0,0	16,7	17,8	1859	9,7	11,8	17,2	18,7	222,5	16,2	17,8	17,7
1820	11,0	12,3	19,2	18,6	155,4	0,0	18,2	17,7	1860	9,0	11,9	16,6	16,6	108,1	88,3	16,8	17,5
1821	10,0	11,9	21,8	21,4	186,3	87,1	20,0	18,8	1861	11,4	13,5	19,5	18,3	132,3	17,9	19,4	18,8

TABLA 9 (Continuación)

VARIABLES MENSUALES RECONSTRUIDAS
DE TEMPERATURA MEDIA Y PRECIPITACION TOTAL
Mean temperature and total rainfall reconstructed

1862	10,3	12,7	17,6	19,3	222,4	0,0	17,0	17,5	1902	9,3	11,8	17,9	17,6	200,2	66,5	18,1	18,0
1863	11,0	13,0	18,2	18,5	187,0	30,8	17,4	18,2	1903	9,2	12,0	18,4	17,8	146,7	77,4	18,3	18,2
1864	11,8	13,5	18,8	19,3	121,1	0,0	17,3	18,4	1904	9,2	12,1	18,5	17,1	184,1	65,0	18,8	18,3
1865	12,0	14,1	19,2	18,4	134,2	3,6	17,4	18,5	1905	9,1	12,1	18,7	18,0	154,8	70,2	18,7	18,4
1866	12,9	14,6	20,1	20,4	150,7	0,0	17,6	18,9	1906	9,4	11,7	18,5	16,4	103,7	120,1	19,4	18,4
1867	11,3	14,0	18,7	17,6	161,5	49,1	17,1	18,4	1907	9,4	11,4	18,6	17,6	174,3	75,7	19,8	18,4
1868	11,5	14,8	19,8	17,8	169,3	56,6	18,4	19,2	1908	8,1	10,9	17,0	17,0	193,8	82,8	18,0	17,5
1869	10,1	12,8	19,0	18,0	89,2	61,9	18,9	18,6	1909	9,0	11,1	18,4	17,4	146,0	80,2	19,4	18,3
1870	9,8	12,0	18,0	17,0	147,8	106,5	18,9	18,1	1910	8,5	11,1	17,8	15,9	139,3	127,0	19,0	18,1
1871	8,6	11,6	17,7	18,9	171,6	31,0	18,1	17,5	1911	9,0	11,0	19,8	17,1	152,0	100,7	20,6	18,7
1872	9,1	12,1	17,5	18,2	226,7	33,7	17,5	17,4	1912	8,0	9,6	17,3	17,0	95,9	129,7	19,1	17,7
1873	8,5	12,2	18,4	17,5	259,1	89,1	18,5	18,1	1913	7,7	9,7	17,4	16,1	205,4	113,6	19,5	17,7
1874	9,2	12,0	18,3	17,3	167,1	83,1	18,9	18,5	1914	6,2	9,9	17,4	16,8	190,4	132,3	18,6	17,8
1875	9,3	10,8	17,7	17,2	100,0	78,1	19,0	18,1	1915	7,1	10,1	17,9	14,9	162,8	170,6	20,1	18,5
1876	8,0	9,8	17,3	16,6	168,9	127,7	19,0	17,8	1916	7,3	10,4	17,3	15,6	168,6	122,1	19,2	18,4
1877	6,4	10,8	16,9	14,8	247,1	155,1	18,4	17,9	1917	7,8	11,0	16,5	14,3	129,0	118,3	18,4	18,2
1878	7,7	11,4	18,6	16,2	147,3	99,9	19,9	19,0	1918	9,1	11,3	18,1	15,4	39,5	129,7	20,0	19,0
1879	8,7	10,9	16,6	14,5	141,5	116,7	18,9	18,3	1919	9,2	10,9	16,5	15,4	182,5	65,9	18,8	18,0
1880	9,6	11,4	17,4	16,0	41,1	88,9	19,0	18,6	1920	9,1	12,0	16,5	15,5	89,7	100,0	17,4	18,3
1881	9,8	11,3	17,3	15,4	85,9	84,9	19,2	18,2	1921	11,0	12,7	17,7	14,8	135,2	65,2	19,2	19,0
1882	9,8	11,8	17,8	16,4	131,3	101,0	19,1	18,5	1922	10,2	12,7	16,9	16,3	111,7	42,7	17,6	18,4
1883	10,4	12,0	17,0	16,1	95,4	81,8	18,3	18,3	1923	10,4	11,5	17,7	15,1	96,6	107,6	19,6	18,8
1884	10,4	12,7	16,7	15,8	190,8	25,4	17,6	18,2	1924	9,2	11,3	16,7	15,4	147,3	91,4	18,3	18,3
1885	10,6	13,1	17,2	16,5	207,0	22,7	17,4	18,7	1925	9,4	11,9	17,2	14,7	68,7	117,6	18,7	18,7
1886	10,5	12,4	17,0	14,7	88,9	97,1	17,8	18,9	1926	10,0	11,6	18,0	15,8	29,8	110,4	19,8	18,8
1887	10,9	12,4	17,9	14,6	76,9	84,8	19,2	19,4	1927	9,1	11,6	16,5	15,4	229,2	54,4	18,5	17,9
1888	9,7	12,2	16,9	14,6	134,7	74,3	18,1	18,8	1928	8,5	11,1	16,9	17,6	194,9	54,9	17,8	18,0
1889	10,2	12,1	17,9	15,1	26,1	101,2	19,0	19,2	1929	8,8	10,5	16,9	15,7	160,0	78,1	18,4	18,0
1890	10,5	11,4	17,4	15,6	94,9	67,0	19,0	18,7	1930	8,2	10,5	18,4	17,1	153,4	74,5	19,0	18,5
1891	8,5	11,3	16,5	16,0	125,6	78,8	17,3	17,9	1931	8,5	10,4	18,5	16,6	124,3	100,8	19,0	18,6
1892	8,8	11,6	18,5	16,9	166,9	55,8	19,0	18,5	1932	8,9	11,2	19,1	16,2	98,9	117,9	19,4	19,0
1893	8,1	11,1	18,3	17,5	167,0	79,8	18,4	18,2	1933	9,1	11,9	19,2	16,0	129,3	105,1	19,5	19,1
1894	8,6	11,5	18,6	16,4	163,3	104,5	19,1	18,5	1934	10,0	12,5	19,1	17,4	85,1	51,1	18,9	18,9
1895	9,2	11,6	19,5	18,1	89,1	66,0	19,5	18,7	1935	10,9	12,7	19,2	17,1	99,3	45,9	19,2	18,7
1896	9,8	12,0	18,4	16,2	216,4	68,6	19,0	18,4	1936	10,9	12,6	19,3	17,6	204,1	50,1	19,4	18,8
1897	10,0	12,5	18,9	17,5	135,4	78,5	18,8	19,0	1937	10,5	11,8	18,2	17,6	130,1	65,8	18,5	18,6
1898	11,0	11,7	18,5	15,4	46,8	120,3	20,0	19,1	1938	11,2	11,9	18,2	16,9	102,0	39,1	18,6	18,6
1899	10,5	11,9	17,7	16,0	89,3	86,0	18,9	18,6	1939	10,9	12,4	18,8	17,5	88,5	45,3	18,1	18,7
1900	10,3	12,0	17,6	17,0	76,0	45,5	18,3	18,2	1940	11,2	13,0	19,4	16,8	110,9	70,8	18,8	19,1
1901	10,3	12,0	18,2	17,8	126,9	46,1	18,6	18,1	1941	11,0	13,1	19,3	17,3	175,9	42,3	18,8	19,2

TABLA 9 (Continuación)

**VARIABLES MENSUALES RECONSTRUIDAS
DE TEMPERATURA MEDIA Y PRECIPITACION TOTAL**
Mean temperature and total rainfall reconstructed

1942	10,4	12,8	17,8	16,1	175,4	61,3	17,6	18,9	1965	9,8	12,3	17,7	15,7	147,0	80,8	18,6	18,3
1943	11,3	13,8	18,6	15,2	74,9	66,6	18,3	19,5	1966	9,3	12,3	18,2	16,7	193,4	93,9	19,0	18,6
1944	12,1	13,6	19,5	16,3	33,9	36,8	19,6	19,7	1967	8,9	11,4	16,7	15,6	161,7	87,3	18,3	18,2
1945	12,2	12,8	18,5	17,0	51,4	43,9	18,8	18,9	1968	9,2	11,4	17,1	15,3	147,2	96,8	18,8	18,6
1946	11,8	12,8	18,2	17,0	111,8	40,0	18,4	18,6	1969	9,0	10,9	16,7	15,0	104,1	117,5	18,6	18,6
1947	11,1	12,8	18,3	17,3	199,7	20,1	18,2	18,6	1970	9,2	11,8	16,4	14,2	148,9	80,0	18,0	18,4
1948	10,6	12,3	18,4	17,4	103,9	67,3	18,1	18,7	1971	9,4	11,5	17,6	16,6	126,9	41,8	18,5	18,8
1949	10,8	11,9	18,9	16,3	55,7	93,2	19,3	19,0	1972	8,9	11,1	16,3	14,6	90,0	118,0	17,4	18,1
1950	9,9	12,0	18,1	16,7	173,0	63,7	18,4	18,6	1973	9,0	12,0	18,9	15,5	108,7	96,1	19,8	19,2
1951	9,8	12,7	17,4	16,5	198,1	41,8	17,0	18,6	1974	8,3	11,3	17,7	15,9	178,1	94,0	18,8	18,6
1952	10,2	13,4	18,1	15,8	70,2	71,6	17,4	19,0	1975	8,6	11,7	17,5	14,7	93,1	138,0	18,7	18,7
1953	11,9	13,8	19,3	16,8	104,0	11,6	19,0	19,6	1976	9,4	11,6	18,6	15,3	89,9	111,4	20,6	19,1
1954	10,8	13,6	17,3	16,9	104,9	33,5	16,3	18,3	1977	9,3	10,8	16,8	16,3	109,6	82,0	18,7	18,1
1955	11,8	13,9	19,6	17,3	131,2	17,5	19,0	19,3	1978	9,5	11,2	16,3	15,5	125,0	83,1	17,9	17,9
1956	10,3	13,1	17,9	17,4	158,6	52,2	17,3	18,4	1979	9,3	12,2	17,4	15,9	135,4	79,6	18,2	18,3
1957	11,0	13,2	18,8	17,0	107,4	48,5	18,6	18,9	1980	9,4	12,2	18,2	16,2	115,1	87,6	19,1	18,6
1958	10,7	13,1	18,3	16,8	128,9	62,7	18,2	18,6	1981	9,7	11,4	18,0	17,1	137,9	70,1	19,3	18,4
1959	10,8	12,7	18,3	17,0	116,8	69,9	18,7	18,8	1982	9,2	11,3	16,6	16,3	173,3	78,8	17,9	17,8
1960	10,1	12,9	16,9	15,8	168,0	64,6	17,5	18,2	1983	9,6	12,0	17,8	16,3	75,4	99,3	18,5	18,5
1961	10,2	13,0	18,3	16,8	97,1	63,4	18,7	18,8	1984	10,4	12,4	18,1	16,3	94,7	74,9	19,1	18,5
1962	10,9	11,8	17,6	17,3	93,8	63,6	18,8	18,4	1985	9,8	11,7	17,6	19,0	160,8	5,0	17,9	17,7
1963	9,2	12,2	15,8	15,4	222,8	66,8	16,7	17,5	1986	8,4	11,8	17,1	16,9	224,6	67,4	17,2	17,3
1964	9,8	13,1	18,2	17,9	115,6	31,1	17,9	18,6	1987	9,1	12,0	20,2	19,5	120,8	66,3	19,8	18,7

Abreviaturas: Tem.: temperatura media; Pre.: precipitación total; feb.: mes de febrero; abr.: mes de abril; may.: mes de mayo; ago.: mes de agosto; sep.: mes de septiembre; San.: estación meteorológica de Santiago (Universidad); Cor.: estación meteorológica de A Coruña.

CONCLUSIONES

Se ha reconstruido un conjunto de variables climáticas mensuales de temperatura media y precipitación total, y se han analizado las desviaciones de sus valores respecto a la media. Así mismo, se han comparado con otras fuentes de información climática. Los distintos datos climáticos disponibles y los que han sido reconstruidos muestran una imagen semejante de lo sucedido durante aproximadamente los dos últimos siglos, lo cual parece avalar las reconstrucciones realizadas. El análisis conjunto de los datos disponibles delimita una serie de fases sucesivas con alternancia de distintas características climáticas.

La fase cálida de 1790-1829 está caracterizada por inviernos suaves y veranos calurosos, con algunas excepciones en ambas estaciones en que son frías. Esta fase aparece refle-

jada en las temperaturas reconstruidas para agosto en las tres estaciones. Las precipitaciones fueron relativamente más abundantes en el norte que en el resto de la Península, siendo elevadas parte de las reconstruidas para los meses de febrero y septiembre del período 1820-1828.

Se desarrolla una fase fría invernal y otra cálida estival, que aparecen en las desviaciones con respecto a la media móvil de las temperaturas reconstruidas en las tres estaciones meteorológicas, y que parece afectar también al período primaveral (temperaturas de abril y mayo de Lugo). Los veranos especialmente calurosos del último lustro pueden verse reflejados claramente en la estación de A Coruña y parcialmente en Santiago. Las abundantes lluvias primaverales entre 1829 y 1840, puede que estén relacionadas con los máximos que presentan las precipitaciones de febrero de Lugo.

A continuación, existe una fase cálida entre 1840-1880, aunque con olas de frío cortas, pero importantes. Los veranos muy calurosos que menciona Font Tullot (1988) no aparecen recogidos en las reconstrucciones, pues en agosto las desviaciones para las tres estaciones están por debajo de la media, y tan sólo en la reconstrucción del mes de septiembre de 1860-1880 las temperaturas son elevadas. Existen temporales de lluvia frecuentes en este período, algunos de los cuales aparecen reflejados en los datos reconstruidos para los meses de septiembre, octubre y principalmente, febrero.

La fase fría acontecida entre 1880-1895 aparece tanto en las temperaturas de agosto de las tres estaciones reconstruidas, como en la temperatura de septiembre de Lugo. El mínimo de temperatura peninsular entre 1886-1890 está reflejado parcialmente en todas las variables de temperatura reconstruidas. Las primaveras y veranos muy lluviosos del último lustro que menciona Font Tullot (1988) pueden estar relacionados con algunos años de elevadas precipitaciones durante el mes de febrero en Lugo, mientras las tormentas, abundantes según dicho autor, pueden vincularse con algunos años muy lluviosos en Lugo durante septiembre y octubre.

Durante el siglo XX se inicia una fase de calentamiento general peninsular, aunque subdividida en períodos con distintas oscilaciones. En cuanto a las precipitaciones, las sequías son menos frecuentes, pero de mayor intensidad y abundan los temporales en la zona norte. Dada la longitud de las series meteorológicas, las estimaciones para A Coruña y Santiago pueden ser comparadas con los registros meteorológicos a partir de 1900, y en el caso de Lugo a partir de 1936.

Las primeras décadas del siglo fueron frías, con numerosos mínimos en los registros meteorológicos disponibles, pudiéndose observar un descenso en todas las temperaturas reconstruidas en las tres estaciones. En los años treinta se produce un cambio en esta tendencia para las temperaturas del mes de agosto de A Coruña y Lugo y en la temperatura de septiembre de Lugo.

Se trata de un período seco en la Península a excepción de Galicia y Cantabria. Los temporales más intensos suceden en otoño e invierno, lo cual se refleja en las precipitaciones de febrero, y especialmente, de septiembre y octubre en Lugo, en las cuales existen años muy lluviosos, aunque la tónica general es de gran variabilidad, con varios mínimos en los registros durante los años treinta. En Santiago y A Coruña también la variabilidad es muy alta, siendo en general más bien lluviosa en la primera y seco en la segunda.

La tendencia común observable entre los valores reales y los estimados de las precipitaciones de febrero de Lugo es ascendente desde finales de los años cuarenta, con un máximo durante los años sesenta y principios de los setenta, descendiendo levemente después para volver a incrementarse en los años ochenta y principios de los noventa. En el caso de

las precipitaciones de septiembre, puede apreciarse una fase de extrema variabilidad en los años sesenta y setenta, donde se concentran los valores máximos. Las precipitaciones de octubre de Lugo muestran una tendencia ascendente, más clara que en las de septiembre, y con una variabilidad más repartida, con un descenso marcado en los años cincuenta y setenta junto a un ascenso en los ochenta.

Las temperaturas de abril y mayo de Lugo muestran un ascenso entre los años cuarenta y cincuenta, llegando a su mínimo en los años sesenta y setenta, y recuperándose en los ochenta. La temperatura de agosto en Lugo experimenta un progresivo descenso, con una caída en los años sesenta y, en menor medida, en los ochenta, al que sigue una ligera recuperación. La temperatura de septiembre asciende entre los años cuarenta y cincuenta, descendiendo en la década de los sesenta y setenta, y aumentando fuertemente en los ochenta.

Con respecto a las temperaturas de agosto de A Coruña, ascienden hasta los años cuarenta, para ir descendiendo continuamente después, pero de un modo contenido. Las temperaturas de Santiago muestran una constante tendencia descendente hasta los años setenta, para irse recuperando posteriormente. Las semejanzas presentes siempre son mayores si se consideran las tendencias de los conjuntos de datos, pues los valores reconstruidos muestran una menor variabilidad que las mediciones meteorológicas, siendo incapaces de reflejar los mínimos y máximos en toda su dimensión. Así se ha visto al comparar los valores de los datos extremos y el rango entre los valores reales y las desviaciones respecto a la media. Esto es también observable en las gráficas de los valores reconstruidos.

La comparación con reconstrucciones realizadas para la estación de A Coruña, pero con una metodología diferente (Fernández Cancio, Manrique Menéndez, 1996) y empleando series realizadas con otras especies y en otros puntos de la Península, muestran una correlación elevada (de aproximadamente 0,30-0,40 según la versión de las cronologías elegida) con las aquí presentadas, lo que también corrobora su validez.

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo ha sido financiado por el proyecto FOR89-0866 de la CYCIT y realizado en el INIA (CIFOR, Área de Selvicultura y Mejora Forestal). Los datos de las estaciones meteorológicas han sido suministrados por el Instituto Meteorológico Nacional.

SUMMARY

Dendroclimatological reconstructions in Galicia (Spain) since the last years of the XVIII century

This paper analyzes three monthly total rainfalls and six monthly mean temperatures of the Santiago de Compostela (University), Lugo and La Coruña meteorological stations. The data were reconstructed using four *Quercus* and *Castanea sativa* chronologies carried out in Lugo, Pontevedra and La Coruña provinces. Variable reconstructions and information about mean deviations are presented. Similar results are obtained when the reconstructions were compared each other and with climatic information. During the past two centuries, temperature and rainfall variables are characterized by a gradual heating, with some cold periods, and progressive irregular rainfall. Both, temperature and rainfall, appear to be rising at the reconstructed stations for the two last decades.

KEY WORDS: Dendrochronology
Dendroclimatology
Quercus
Castanea sativa

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALLUE ANDRADE J.L., 1990. Atlas Fitoclimático de España. Taxonomías. Colección Monografías INIA, n.º 69. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación, Madrid, 221 p.
- BEORLEGUI ZOZAYA M., CREUS NOVAU J., FERNANDEZ CANCIO A., 1995. Cambio climático en Galicia. Reconstrucción climática de las últimas centurias. Serie Monografías. Gabinete de Planificación e Desenvolvemento Territorial, Xunta d Galicia, 184 p.
- BRIFFA K.R., JONES P.D., WIGLEY T.M.L., PILCHER J.R., BAILLIE M.G.L., 1983. Climate reconstruction from tree rings: part 2: spatial reconstruction of summer mean sea-level pressure patterns over Great Britain. *Journal of climatology*, 6: 1-15.
- FERNANDEZ CANCIO A., MANRIQUE MENENDEZ E., 1996. Nuevas aportaciones metodológicas a la investigación sobre la evolución del clima y del fitoclima en el último milenio. II Reunión del Grupo de Trabajo de Fitoclimatología y Cambio climático. EUITF de Madrid, noviembre de 1996.
- FONTANA TARRATS J.M., 1977. Historia del clima del Finis-Terrae gallego, 127 p. (inédito).
- FONT TULLOT I., 1988. Historia del clima de España. Instituto Nacional de Meteorología. Ministerio de Transportes, Turismo y Comunicaciones, Madrid, 297 p.
- FRITTS H.C., 1976. Tree Rings and climate. Academic Press, London, 567 p.
- FRITTS H.C., 1993. PRECON.DOC precon file for user manual "Quick help for PRECON now called PRECONK, Versión 3.0" International Tree Ring Data Bank, Tucson (Arizona).
- FRITTS H.C., LOUGH J.H., 1985. An estimate of average annual temperature variations for North America. *Climate Change*, 7: 203-224.
- GORDON G.A., GRAY B.M., PILCHER J.R., 1982. Verification of dendroclimatic reconstructions. In: *Climate from tree-rings*. Hughes M.K., Kelly P.M., Pilcher, J.R., LaMarche V.C. Jr. eds., Cambridge University Press, Cambridge, pp. 58-61.
- HOLMES R.L., ADAMS R.K., FRITTS H.C., 1986. Users Manual for Program ARSTAN. In *Tree-Ring Chronologies of Western North America: California, eastern Oregon and northern Great Basin*. Laboratory of Tree-Ring Research, University of Arizona, Tucson, pp. 50-65.
- HOLMES R.L., 1992. Dendrocronology Program Library: Installation and Program Manual. Laboratory of Tree-Ring Research, University of Arizona, Tucson, 65 p.
- LAMB H.H., 1972. *Climate present, past and future*. Vol. I: Fundamentals and climate now. Methve, London, 613 pp.
- LOUGH J.M., FRITTS H.C., 1985. The southern oscillation and tree ring: 1600-1961. *Journal of Climate and Applied Meteorology*, 24(9): 952-966.
- PEREZ ANTELO A., 1993. Dendrocronología de *Quercus petraea* (Mattuschka) Liebl., *Q. pyrenaica* Willd., *Q. robur* L., sus nothotaxones y *Castanea sativa* Miller en Galicia (España). Tesis doctoral, Facultad de Ciencias, Universidad Autónoma de Madrid, 483 p.
- PEREZ ANTELO A., 1994. Nota de revisión de los estudios dendrocronológicos en España. *Invest. Agr. Sist. Recurs. For.*, vol. 3 (2): 221-236.
- PEREZ ANTELO A., FERNANDEZ CANCIO A., 1995. Dendrocronologías de las Sierras Orientales gallegas: Los Ancares y El Courel (Lugo). *Invest. Agr. Sist. Recurs. For.*, vol. 4(1): 5-32.
- PEREZ ANTELO A., 1995. Dendrocronología de *Quercus petraea* (Mattuschka) Liebl., *Q. pyrenaica* Willd., *Q. robur* L., sus nothotaxones y *Castanea sativa* Miller en Galicia (España). Ediciones de la Universidad Autónoma de Madrid. ETD Micropublicaciones, S.L., Madrid.
- SCHWEINGRUBER F.H., BRIFFA K.R., JONES P.D., 1991. Yearly maps of summer temperatures in Western Europe from A.D. 1750 to 1975 and Western North America from 1600 to 1982: Results of a radiodensitometrical study on tree rings. *Vegetatio*, 92: 5-71.