DENDROCRONOLOGIAS DE LAS SIERRAS ORIENTALES GALLEGAS: LOS ANCARES Y EL COUREL (ESPAÑA)

A. PEREZ ANTELO
A. FERNANDEZ CANCIO
Area de Selvicultura y Mejora Forestal. CIFOR.-INIA
Ctra. de La Coruña, km. 7. 28040 Madrid. España

RESUMEN

Se presentan los resultados de un estudio dendrocronológico realizado en las Sierras Orientales gallegas (provincia de Lugo): Serra do Courel y Serra dos Ancares. Se han obtenido y sincronizado cuatro cronologías, y se ha comparado su estructura de años característicos. Posteriormente han sido estandarizadas, presentándose las cronologías de índices obtenidas. A partir de la observación de ciertos parámetros significativos se deduce su adecuación para un estudio dendroclimático posterior. La relación de años característicos y la sincronización permiten compararlas con otras series españolas y europeas.

PALABRAS CLAVE: Dendrocronología
Dendroclimatología
Años característicos
Quercus
Castanea sativa

INTRODUCCION

La dendrocronología o estudio de los anillos de crecimiento anuales de los árboles fue concebida ya en la antigüedad, pero se desarrolló durante este siglo en Estados Unidos (Fritts, 1976), y en el Centro y Norte de Europa (Eckstein, Pilcher, 1982), junto con sus derivaciones, dendroclimatología y dendroecología, fundamentalmente. Mientras en nuestro país se ha desarrollado durante las dos últimas décadas, centrándose en las coníferas, especialmente del género *Pinus*, con escasas incursiones en las especies de frondosas tales como *Castanea* y *Fagus* del Montseny (Barcelona) (Génova, Gracia, 1984; Gutiérrez, 1986; Gutiérrez, 1988), y puntualmente en *Quercus* (Pérez Antelo, 1993a; Pérez Antelo, 1993b). Este último género es muy utilizado en el resto de Europa y Estados Unidos (Eckstein, Pilcher, 1982), lo que demuestra su utilidad e interés como material dendrocronológico y dendroclimático. Esto se debe en gran parte a ser un material

Recibido: 22-11-94
Aceptado para su publicación: 20-5-95

histórico abundante, utilizado en la construcción, muebles, pinturas y otras obras de arte, lo que permite extender sus series hacia el pasado, prolongadas incluso por los depósitos de restos subfósiles. La utilización del género *Quercus* en la Península abre las puertas a la datación histórica y arqueológica en diversas zonas que «a posteriori» podrían sincronizarse entre sí.

Dentro del marco de los trabajos dendrocronológicos en nuestro país, Galicia ha sido muy poco estudiada (Pérez Antelo, 1993a, Pérez Antelo, 1993b) debido,en parte, a que no existen masas naturales de coníferas longevas en condiciones limitantes. Su semejanza climática con la Europa Atlántica, especialmente Irlanda y las Islas Británicas, posibilita buscar una correlación con ellas, integrándola en el conjunto de series europeas del roble sincronizadas entre sí, y que ya constituyen cronologías comunes cuya longitud oscila entre los 7.000-9.000 años según las zonas (Scheweingruber, 1989), por lo que se incrementa su interés.

OBJETIVOS

El objetivo de este trabajo es dar a conocer los primeros estudios dendrocronológicos sobre robles en España (Galicia), desarrollando y analizando cuatro cronologías próximas a su límite altitudinal. Se pretende asimismo mostrar su sincronización a nivel de área, y sus posibilidades para un posterior estudio dendroclimático (Pérez Antelo, 1993b), así como su posible inclusión en el contexto europeo.

DESCRIPCION DE LA ZONA DE MUESTREO

Las Sierras Orientales lucenses se encuentran al E de la provincia, lindando con Asturias y León. La toma de muestras se ha realizado en tres puntos de la Serra dos Ancares (Fig. 1): Cabanavella (incluye Grova Fragosa y Deva), Monte de Vilarello (punto 6_1) y el límite entre los municipios de Piornedo (Lugo) y Suarbol (Asturias) (punto 6_3); y, dentro de la Serra do Courel, en la Devesa da Rogueira. Estas sierras presentan numerosas semejanzas entre sí desde el punto de vista geológico, tectónico, edafológico y climático. Están formadas por materiales paleozoicos heterogéneos plegados y fracturados, incluyendo cuarcitas muy duras, lo que unido a las diferencias de altitud y a la erosión fluvial, han dado lugar a una morfología accidentada, con fuertes pendientes que oscilan alrededor del 45 p. 100 (Amigo, 1984). Se alcanzan cotas de unos 2.000 m en la Serra dos Ancares y de unos 1.600 m en la de Courel, habiéndose muestreado en torno a los 1.000 m. Los procesos glaciares crearon anfiteatros de erosión donde se conservan restos de la cobertura arbórea eurosiberiana (Amigo, 1984). Los suelos son, entre otros, de los tipos ranker, cambisol dístrico y úmbrico (Amigo, 1984; Silva-Pando, 1990). En conjunto, estas sierras pertenecen al tipo fitoclimático VI en transición al VIII(VI) (Allue, 1990), existiendo en la Serra do Courel una importante alternancia entre condiciones mediterráneas o no, según la orientación. La vegetación puede definirse como bosques mixtos eurosiberianos, en los cuales aparecen *Quercus petraea, Quercus pyrenaica* y, en mucha menor medida *Quercus robur,* con un

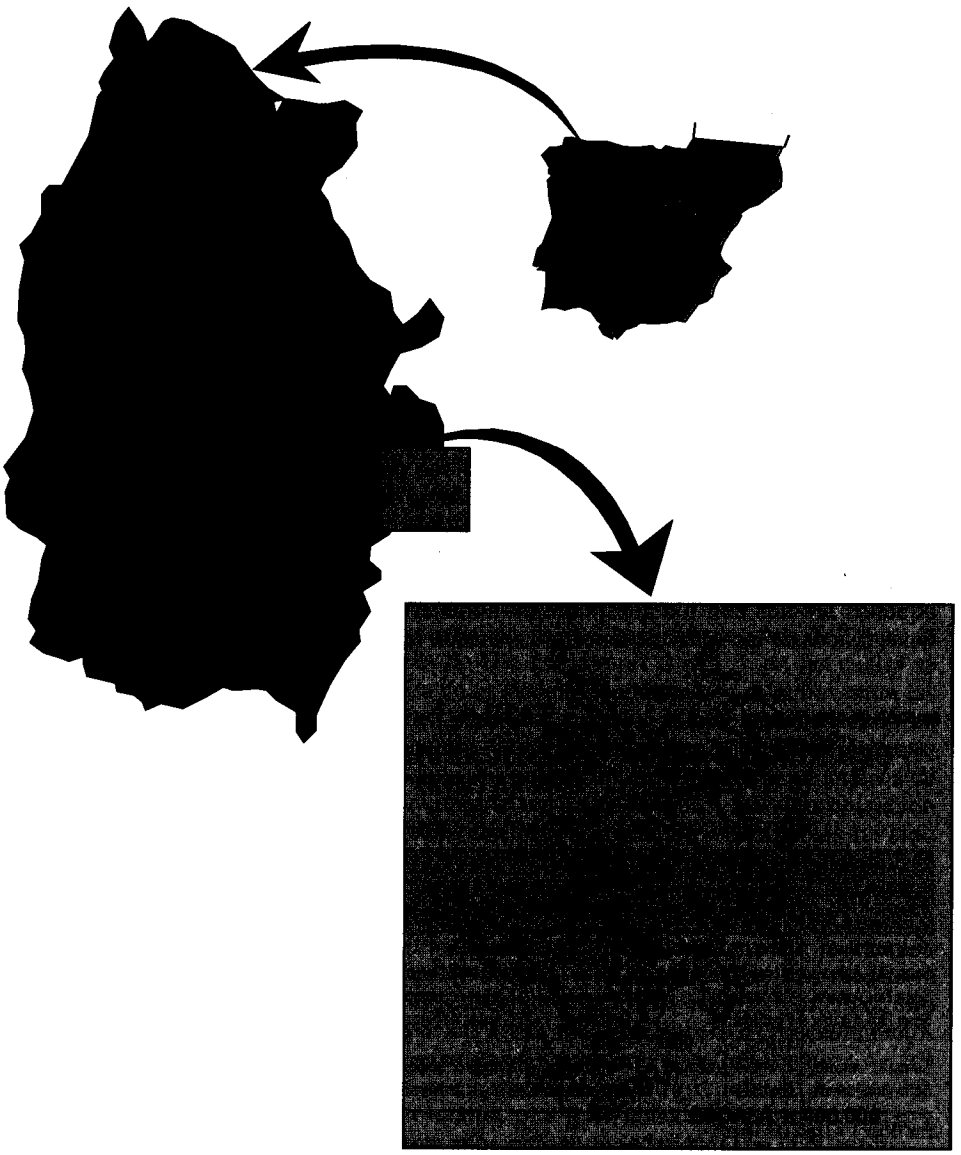


Fig. 1.—Mapa de los distintos puntos de muestreo en las Serras dos Ancares y Courel
Map of the sampling stations of Serras dos Ancares and Courel

elevado grado de hibridación entre ellos. Se ha muestreado fundamentalmente en dominios de las series *Linario triornithophorae-Quercetum petraea* s. y *Linario triornithophorae-Quercetum pyrenaicae* s. (Amigo, 1984; Silva-Pando, 1990).

Las cronologías obtenidas se comparan con una serie de *Castanea sativa* obtenida en Catasós (Lalín), al NE de la provincia de Pontevedra (Pérez Antelo, 1993a). Es una zona más templada, pertenece al tipo fitoclimático VI(V) (Allue, 1990), semillana (pendientes de 0 a 20 p. 100), y de menor altitud (650 m), asentada sobre terrenos precámbricos que han dado lugar a un cambisol húmico. Se trata, en su mayor parte, de una plantación de castaños, con robles en menor cantidad, cuya vegetación climácica potencial corresponde a la serie *Rusco aculeati-Quercetum roboris*. (Rivas-Martínez, 1987), pero muy empobrecida.

METODOLOGIA

Toma de datos

El muestreo se realizó con barrena Pressler a la altura 1,30 m. En general, se tomaron dos muestras por árbol, y cuando fue posible, en dirección pendiente-contrapendiente, para poder valorar la influencia de este factor en el crecimiento. Se tomaron diversos datos con respecto a cada individuo y zona: orientación, pendiente y pedregosidad del substrato, somera descripción de la vegetación, altura y diámetro de cada uno, y el diámetro y distancia a la que se encontraban aquellos árboles con los que pudiesen entablar relaciones de competencia. Los datos físicos de las zonas de muestreo aparecen recogidos en la Tabla 1.

TABLA 1

UBICACION Y CARACTERISTICAS FISICAS DE LAS ZONAS DE MUESTREO

Localization and physical characteristics of muestral zones

					CARACTERISTICAS FISICAS		
				Coord. UTM	Alt. (m)	Orient.	Pendiente (%)
Serra do Caurel	Devesa da Rogueira (L)	Caurel	(3-3) Ponferrada	T29NH8066	800-1.500	N-NO	30-60
Serra Dos Ancares	Monte Vilarello (L)	Cervantes	(3-2) Cangas de Narcea	T29PH7345	950-1.200	N-NO	45
Serra Dos Ancares	Cabanavella (L)	Cervantes	(3-2) Cangas de Narcea	T29PH7143	1.250-1.550	S-SO	10-45
Serra Dos Ancares	Piornedo (L)	Cervantes	(3-2) CAngas de Narcea	T29PH7449	1.100-1.250	NO-NE	10
	Suarbol (O)	Candin					
Serra Dos Ancares	Grova Fragosa (L)	Cervantes	(3-2) Cangas de Narcea	T29PH7336	1.100-1.400	NO	30
Serra Dos Ancares	Deva (L)	Cervantes	(3-2) Cangas de Narcea	T29PH7337	1.400	S	30

Provincias: L = Lugo. O = Oviedo.
Hoja del Mapa Militar de España: 1:200.000

En las zonas muestreadas aparecen las especies *Quercus petraea, Quercus pyrenaica,* y el híbrido de ambas *Quercus x trabutii*; además en la Devesa da

Rogueira aparece en la parte más cercana al río (zona que no ha sido muestreada) *Quercus robur,* por lo cual pueden existir los híbridos *Quercus x andegavensis* y *Quercus x rosacea.* Este grado elevadísimo de hibridación e introgresión existente en las poblaciones muestreadas, y la dificultad para distinguir los distintos híbridos entre sí, hace que se haya considerado a todos los individuos muestreados como pertenecientes a *Quercus* sp. Ello está en consonancia con numerosos estudios dendrocronológicos europeos donde es normal tratar al género como tal (Eckstein, Pilcher, 1982), y sólo como especie cuando su pertenencia es clara. Los resultados evidencian la corrección de esta premisa, puesto que predomina una respuesta común a las condiciones del medio en la elaboración de los anillos, que se detecta en la elevada sincronización observada entre árboles de una misma población.

Elaboración de las cronologías

Los programas utilizados en éste y los siguientes apartados pertenecen en su mayor parte a la Dendrochronology Program Library de Tucson (Holmes, 1992), cuyo empleo se está iniciando en nuestro país (Richter, 1988; Pérez Antelo, 1993a; Pérez Antelo, 1993b, *inter alia*).

La lectura de las muestras se ha realizado con un medidor semiautomático de anillos (Aniol, 1983), y para su sincronización y datación visual se ha utilizado el programa CATRAS (Aniol, 1983, versión de 1991), además del programa COFECHA (Holmes *et al.,* 1986a, versión de 1992).

El primero realiza una representación gráfica logarítmica, muy útil para la sincronización visual. Son ejemplo de ello las Figuras 2, 3 y 4, en las cuales se observa respectivamente la elevada coincidencia en máximos y mínimos entre las cronologías de la Serra dos Ancares, y las altas también, aunque menores, entre las cronologías de Cabanavella y Rogueira, y de ésta última con la de Lalín. Además, realiza un doble análisis: un test de la «t» de Student modificada, y un análisis de concordancias o coincidencias mediante un test de signos. La sincronización obtenida entre las muestras de cada cronología mediante este análisis ha sido verificada (Pérez Antelo, 1993b), y en la Tabla 2 aparecen los valores de la sincronización entre cronologías no existiendo correlaciones significativas entre éstas y la cronología de Lalín.

El programa COFECHA ha sido utilizado para verificar y corregir la datación y la sincronización de las series de anillos y de las cronologías, mediante correlaciones cruzadas entre ellas, buscando segmentos conflictivos. Para ello realiza una transformación previa de las series mediante sucesivos procedimientos (filtrado, modelización autorregresiva y transformación logarítmica de los índices). Posteriormente elabora una cronología maestra reuniendo a todas las series transformadas en otra promedio, que pretende caracterizar la zona, y compara por segmentos de cincuenta años cada serie individual con la maestra.

La correlación por segmentos de las muestras ha sido verificada (Pérez Antelo, 1993b). En las Tablas 3, 4 y 5 aparecen respectivamente las correlaciones entre las series de las Sierras Orientales, entre éstas y la cronología de Lalín, y entre las tres series de mayor longitud (Rogueira, Cabanavella y Lalín).

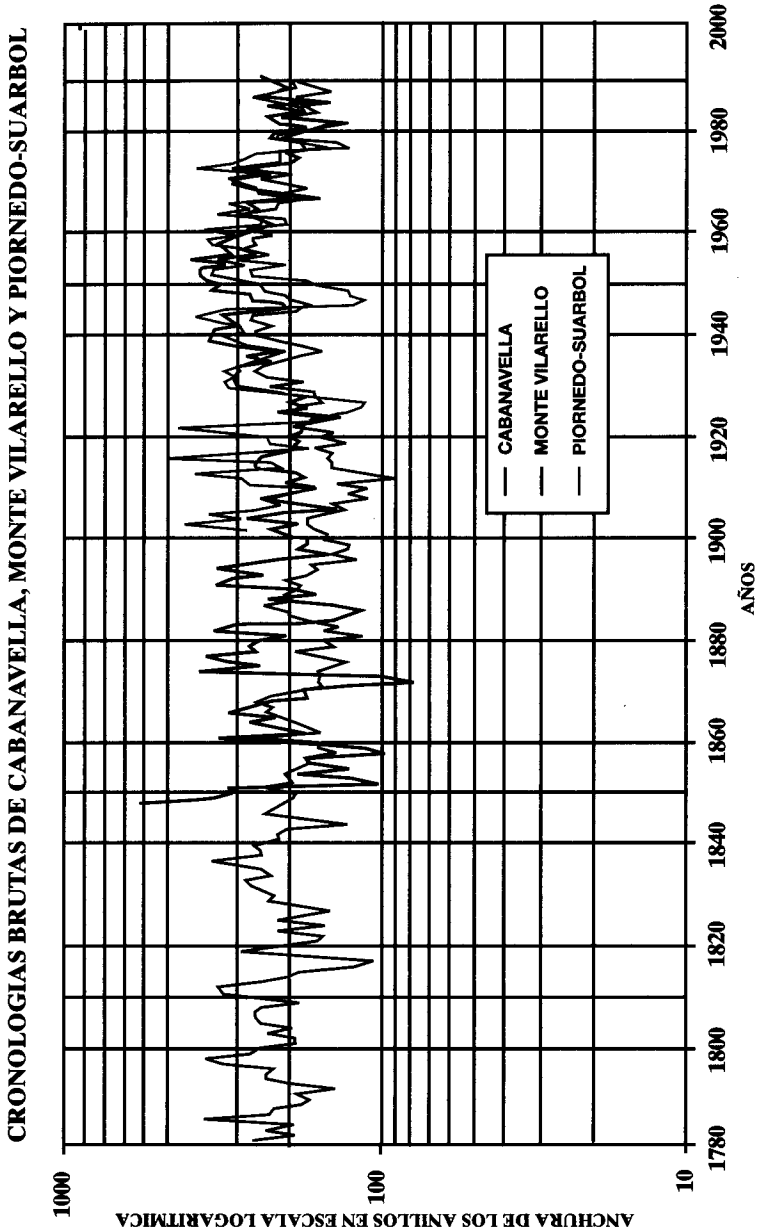


Fig. 2.—Representación gráfica conjunta de las cronologías sin estandarizar de las Sierras Orientales lucenses (Ancares) (escala logarítmica)
Whole graphics display of the Eastern Galician Mountain Ranges chronologies (Ancares) (logarithmic scale)

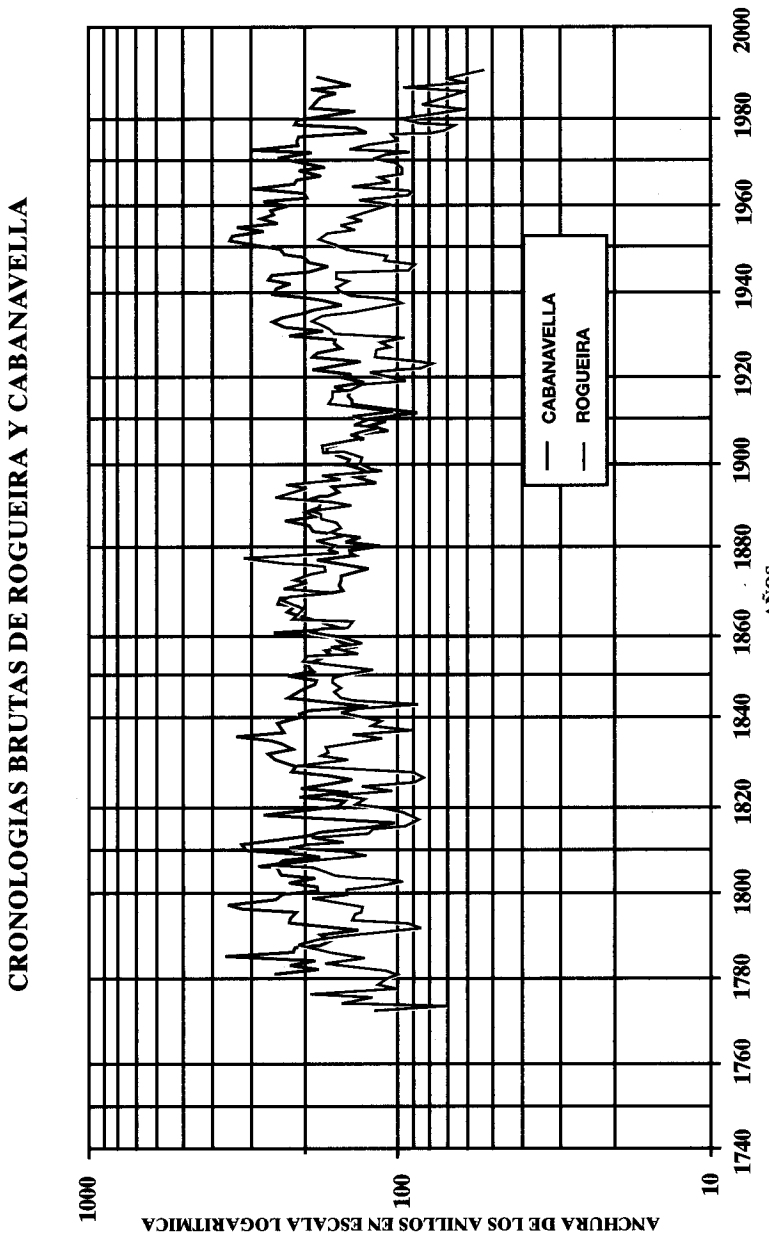


Fig. 3.—Representación gráfica conjunta de las cronologías sin estandarizar de Rogueira y Cabanavella (escala logarítmica)
Graphics display of the Rogueira and Cabanavella chronologies (logarithmic scale)

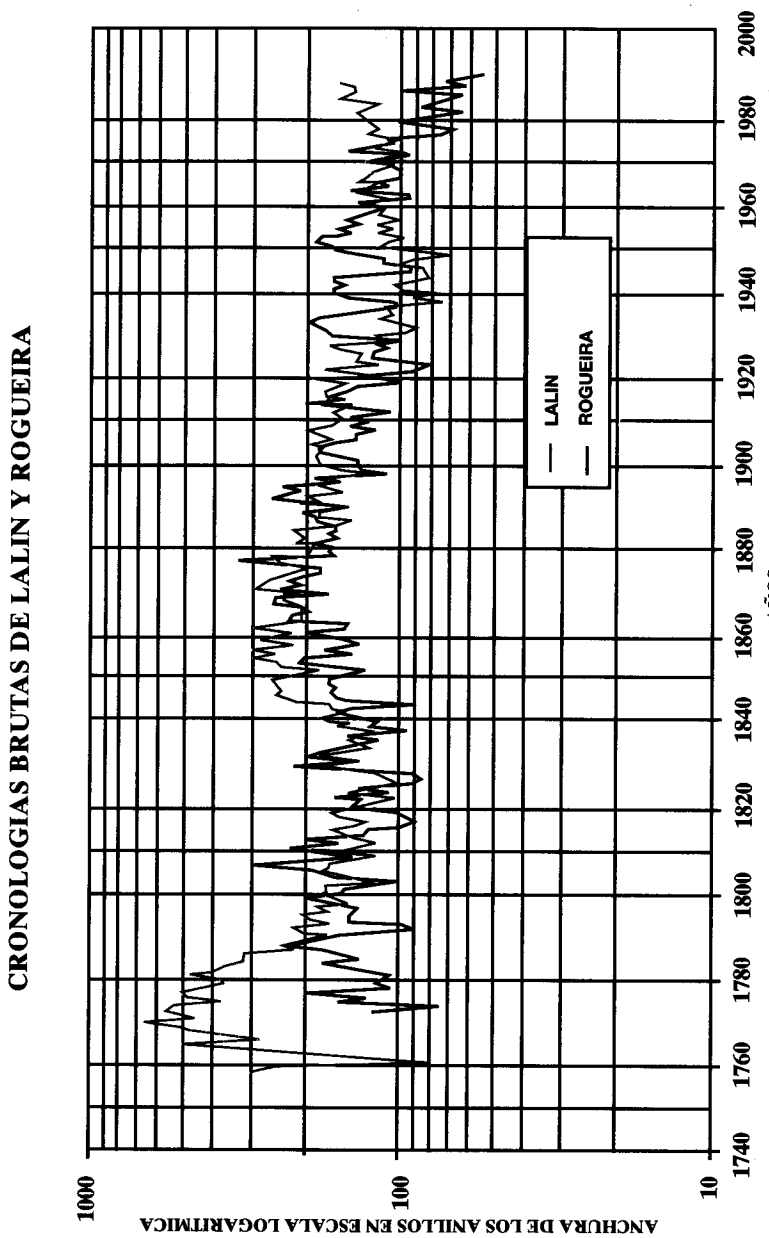


Fig. 4.—Representación gráfica conjunta de las cronologías sin estandarizar de Lalín y Rogueira (escala logarítmica)
Graphics display of the Lalin and Rogueira chronologies (logarithmic scale)

TABLA 2
VALORES DE LAS CORRELACIONES ENTRE LAS SERIES DE LAS SIERRAS ORIENTALES SEGUN EL PROGRAMA CATRAS

Correlations values between the Eastern Mountain Ranges series using CATRAS program

Cronologías comparadas	Período de superposición (años)	t de Student transformada	Tasa de concordancia
Rogueira/Piornedo-Suarbol	90	4,04	64,0#
Rogueira/Cabanavella	210	8,61	72,7*
Rogueira/Vilarello	144	3,69	64,7*
Piornedo-Suarbol/Vilarello	90	2,56	66,9#
Piornedo-Suarbol/Cabanavella	90	3,35	70,8*
Vilarello/Cabanavella	144	7,62	65,4*

Niveles de significación en el test de concordancia: * 99,9 p. 100, # 99 p. 100

Obtención de las cronologías de índices

Las cronologías de índices son las series de crecimiento anual estandarizadas, mediante modelización y reducción de su tendencia no climática. Las principales señales no climáticas que aparecen se deben a la disminución del crecimiento con la edad, la competencia y las perturbaciones. Se intenta minimizar sus efectos en cada cronología, para resaltar la información climática, mediante, entre otros, el ajuste de funciones matemáticas, generalmente splines cúbicos.

Una función spline es un filtro de baja frecuencia, con varias ventajas en su uso, tales como ser su ajuste más natural y su flexibilidad adecuada para reflejar situaciones inconexas o esporádicas (Cook, Peters, 1981). La elección de un cierto spline depende de la respuesta deseada, la cual es relativa al porcentaje de varianza que permanecerá en las series filtradas. Tratándose de robles se han encontrado ajustes óptimos entre los límites de un ciclo cada 30-70 años, pues con una mayor flexibilidad se pierde información climática. Una frecuencia de reducción de la varianza (VRF) del 50 p. 100 de un ciclo cada 60 años suele dar un buen ajuste (Blasing *et al.*, 1986).

El proceso de estandarización se ha realizado mediante el programa ARSTAN (Holmes *et al.*, 1986b, versión de 1992), que obtiene una cronología de índices a partir de un conjunto de series sincronizadas. El efecto de las perturbaciones endógenas de la masa se reduce aplicando en su cálculo un estimador robusto ponderado, y si no es posible, la media aritmética. Obtiene tres versiones de cada cronología de datos brutos, con un máximo de señal común y un mínimo de ruido, de las cuales se elegirá la más adecuada según la información (climática o ecológica) que el estudio requiera. Estas son las versiones:

— Estándar, es la serie de índices hallada ajustando a cada serie una curva que modelice y elimine las tendencias no climáticas.
— Residual, en la cual se ha aplicado como modelo de ajuste un proceso autorregresivo conjunto de las series de anillos, para eliminar, en lo posible, las tendencias de baja frecuencia y resaltar las de alta.

TABLA 3
CORRELACION POR SEGMENTOS DE LAS CRONOLOGIAS DE LAS SIERRAS ORIENTALES SEGUN EL PROGRAMA COFECHA

Segments correlations between Eastern Mountain Ranges chronologies using COFECHA program

Cronología	Duración	1750 1799	1775 1824	1800 1849	1825 1874	1850 1899	1875 1924	1900 1949	1925 1974	1950 1999
Rogueira	1773-1991		0,39	0,56	0,60	0,50	0,50	0,65	0,79	0,74
Cabanavella	1782-1991		0,39	0,56	0,68	0,53	0,41	0,62	0,82	0,79
Vilarello	1848-1991				0,21#	0,21*	0,18*	0,63	0,80	0,73
Piornedo	1902-1991							0,32*	0,65	0,53

Correlación menor que 0,3281, pero máxima como está datada. *Correlation under 0.3281 but highest as dated.*

* Correlación mayor en otra posición que en la datada. *Correlation higher at other than dated position.*

TABLA 4
CORRELACION POR SEGMENTOS DE LAS CRONOLOGIAS DE LAS SIERRAS ORIENTALES Y LALIN SEGUN EL PROGRAMA COFECHA

Segments correlations between Eastern Mountain Ranges and Lalín chronologies using COFECHA program

Cronología	Duración	1750 1799	1775 1824	1800 1849	1825 1874	1850 1899	1875 1924	1900 1949	1925 1974	1950 1999
Lalín	1759-1990	0,04*	0,09*	0,38	0,22*	0,21*	0,41	0,02*	0,03*	0,07*
Rogueira	1773-1991	0,09*	0,17*	0,64	0,73	0,67	0,58	0,59	0,79	0,71
Cabanavella	1782-1991		0,38	0,48	0,51	0,40	0,42	0,61	0,78	0,74
Vilarello	1848-1991				0,15*	0,13*	0,21*	0,53	0,68	0,70
Piornedo	1902-1991							0,29*	0,60	0,44

Correlación menor que 0,3281, pero máxima como está datada. *Correlation under 0.3281 but highest as dated.*

* Correlación mayor en otra posición que en la datada. *Correlation higher at other than dated position.*

TABLA 5
CORRELACION POR SEGMENTOS DE LAS CRONOLOGIAS DE CABANAVELLA, ROGUEIRA Y LALIN SEGUN EL PROGRAMA COFECHA

Segments correlations between Cabanavella, Rogueira and Lalín chronologies using COFECHA program

Cronología	Duración	1750 1799	1775 1824	1800 1849	1825 1874	1850 1899	1875 1924	1900 1949	1925 1974	1950 1999
Cabanavella	1782-1991		0,38	0,48	0,41	0,36	0,47	0,51	0,58	0,47
Rogueira	1773-1991	0,09*	0,17*	0,64	0,77	0,70	0,58	0,44	0,64	0,50
Lalín	1759-1990	0,04*	0,09*	0,37	0,24*	0,29*	0,38	0,06*	0,11*	0,08*

Correlación menor que 0,3281, pero máxima como está datada. *Correlation under 0.3281 but highest as dated.*

* Correlación mayor en otra posición que en la datada. *Correlation higher at other than dated position.*

— Arstan, es una serie formada añadiendo a la versión residual las tendencias de baja frecuencia que permanecen en el modelo conjunto de autorregresión.

En estas series el proceso se ha repetido para ajustes de un ciclo cada 128, 60 y 30 años, y particularizado para cada muestra. Finalmente, se ha elegido un ajuste de un período cada 128 años, pues un spline más flexible elimina tendencias que por ser comunes en todas las series parecen tener una base climática. Se ha considerado la versión estándar como cronología final, pues permite un mayor control de la manipulación de las series, y a veces, conserva mayor cantidad de información climática. Las cronologías de índices estándar aparecen en las Tablas 6a, 6b, 6c y 6d, y su representación gráfica en las Figuras 5a, b, c y d.

TABLA 6a
CRONOLOGIA DE INDICES DE *QUERCUS* EN LA DEVESA DA ROGUEIRA (LUGO)

Quercus *indices chronologies in the Devesa da Rogueira (Lugo)*

1773				1875 (1)	1087 (1)	1144 (3)	764 (3)	1045 (3)	556 (3)	815 (3)
1780	948 (4)	1081 (4)	879 (4)	1343 (4)	1170 (5)	929 (5)	1032 (5)	1026 (5)	1355 (5)	1048 (5)
1790	1045 (5)	798 (5)	672 (5)	660 (5)	624 (5)	702 (5)	967 (5)	932 (5)	989 (5)	1187 (5)
1800	1016 (5)	1060 (5)	732 (5)	683 (5)	947 (5)	1126 (5)	1116 (5)	1947 (5)	907 (5)	859 (6)
1810	1069 (6)	1473 (6)	902 (6)	1387 (6)	957 (6)	985 (6)	707 (6)	656 (6)	707 (6)	745 (6)
1820	807 (6)	1155 (6)	1025 (6)	1327 (6)	846 (6)	1102 (6)	756 (6)	718 (6)	721 (6)	1235 (6)
1830	1597 (7)	1109 (6)	1360 (8)	1120 (9)	1240 (10)	944 (10)	801 (10)	981 (10)	672 (10)	866 (10)
1840	881 (10)	946 (10)	1142 (11)	961 (11)	634 (11)	1069 (11)	1125 (11)	1121 (13)	975 (13)	1082 (13)
1850	1159 (14)	1023 (14)	793 (14)	1159 (14)	1240 (15)	1125 (16)	830 (17)	960 (17)	768 (17)	750 (17)
1860	862 (17)	1120 (17)	837 (18)	766 (18)	1055 (19)	1068 (19)	1092 (19)	1032 (19)	1243 (20)	1139 (21)
1870	772 (21)	1206 (21)	911 (21)	1119 (21)	1033 (21)	860 (22)	859 (24)	1265 (24)	1581 (24)	818 (24)
1880	859 (25)	855 (25)	827 (26)	765 (26)	849 (26)	818 (26)	826 (26)	929 (26)	976 (26)	1046 (26)
1890	809 (26)	950 (26)	1354 (26)	1239 (26)	1208 (26)	1369 (26)	981 (26)	1049 (26)	745 (26)	796 (26)
1900	883 (27)	854 (27)	983 (27)	1130 (27)	1144 (27)	1145 (27)	973 (27)	948 (27)	825 (27)	1016 (27)
1910	935 (27)	1041 (27)	746 (27)	955 (27)	1271 (27)	1273 (27)	1282 (27)	1100 (27)	1124 (27)	803 (27)
1920	904 (27)	1031 (27)	674 (27)	689 (27)	890 (27)	927 (28)	934 (28)	812 (28)	886 (28)	750 (28)
1930	1233 (28)	1239 (28)	1351 (28)	1395 (28)	1283 (28)	997 (28)	844 (28)	717 (28)	775 (28)	1054 (28)
1940	1107 (28)	1153 (28)	1037 (28)	1112 (28)	1058 (29)	637 (29)	681 (29)	826 (29)	827 (29)	998 (29)
1950	1152 (29)	1190 (29)	1343 (29)	1311 (29)	1018 (29)	1150 (29)	962 (29)	1107 (29)	985 (29)	939 (29)
1960	861 (29)	1076 (29)	736 (29)	772 (29)	1246 (29)	921 (29)	991 (29)	863 (29)	881 (29)	922 (29)
1970	988 (29)	1157 (29)	891 (29)	1444 (29)	1271 (29)	1062 (29)	1132 (29)	776 (29)	758 (29)	1015 (29)
1980	1077 (29)	885 (29)	748 (29)	1051 (29)	975 (29)	872 (29)	878 (29)	1411 (29)	891 (29)	1083 (29)
1990	1016 (24)	1275 (19)								

A continuación de cada índice aparecen entre paréntesis el número de muestras que han intervenido en su realización. *Next to every index appeared in brackets the number of samples included*

TABLA 6b
CRONOLOGIA DE INDICES DE *QUERCUS* EN MONTE VILARELLO (LUGO)

Quercus *indices chronologies in Monte Vilarello (Lugo)*

1848									2721 (1)	1581 (1)
1850	1405 (1)	1418 (1)	494 (1)	575 (1)	870 (1)	605 (1)	795 (1)	815 (1)	475 (1)	548 (1)
1860	834 (1)	1575 (1)	829 (1)	999 (1)	1266 (1)	1026 (1)	1499 (1)	1272 (1)	1104 (1)	838 (1)
1870	858 (1)	637 (1)	440 (2)	522 (2)	2285 (2)	1362 (2)	1631 (3)	1686 (3)	1062 (4)	950 (4)
1880	1043 (4)	827 (4)	1202 (5)	749 (5)	511 (5)	562 (6)	573 (6)	752 (6)	807 (7)	853 (7)
1890	1019 (7)	1678 (8)	1604 (8)	1234 (8)	1723 (10)	1273 (10)	1083 (10)	695 (10)	793 (11)	688 (11)
1900	773 (11)	733 (11)	859 (11)	782 (12)	1038 (12)	884 (12)	424 (13)	762 (15)	926 (15)	775 (16)
1910	663 (16)	819 (17)	691 (17)	700 (17)	973 (17)	1060 (18)	1032 (18)	855 (18)	820 (18)	711 (18)
1920	818 (18)	790 (18)	784 (18)	774 (18)	733 (18)	972 (18)	689 (18)	830 (18)	751 (19)	899 (21)
1930	1168 (21)	1179 (21)	1233 (21)	1144 (21)	1193 (21)	882 (21)	1046 (22)	808 (22)	1070 (22)	1307 (22)
1940	1240 (22)	1151 (22)	1067 (22)	1111 (22)	1175 (22)	850 (22)	740 (22)	992 (22)	1050 (22)	1270 (23)
1950	1197 (23)	1245 (24)	1284 (24)	1339 (24)	1114 (24)	1521 (24)	1116 (24)	1168 (24)	1220 (24)	1129 (24)
1960	1039 (24)	1244 (24)	860 (24)	917 (24)	1277 (24)	1021 (24)	1112 (24)	658 (24)	850 (24)	1020 (24)
1970	1205 (24)	1160 (24)	838 (24)	1152 (24)	862 (24)	810 (24)	911 (24)	803 (24)	836 (24)	1020 (24)
1980	995 (24)	745 (24)	1014 (24)	1075 (24)	848 (24)	1107 (24)	800 (24)	1275 (24)	1144 (24)	1040 (24)
1990	1094 (24)	297 (12)								

A continuación de cada índice aparecen entre paréntesis el número de muestras que han intervenido en su realización. *Next to every index appeared in brackets the number of samples included*

TABLA 6c
CRONOLOGIA DE INDICES DE *QUERCUS* EN CABANAVELLA (LUGO)

Quercus *indices chronologies in Cabanavella (Lugo)*

1782			1073 (1)	784 (1)	981 (1)	805 (1)	1574 (1)	964 (1)	951 (1)	769 (1)
1790	731 (1)	852 (2)	639 (2)	896 (2)	1133 (2)	1065 (3)	904 (3)	1377 (3)	1548 (3)	1189 (3)
1800	974 (3)	904 (3)	887 (3)	1385 (3)	856 (3)	1109 (3)	1162 (3)	1186 (3)	1043 (3)	867 (3)
1810	979 (3)	1533 (3)	1366 (4)	1175 (4)	928 (4)	778 (4)	494 (4)	442 (4)	931 (5)	1004 (5)
1820	901 (6)	811 (8)	701 (9)	984 (9)	669 (9)	896 (9)	807 (9)	683 (9)	794 (9)	1046 (9)
1830	1038 (9)	1154 (9)	1268 (9)	1292 (9)	1113 (9)	1144 (9)	1325 (9)	1737 (9)	1227 (9)	1135 (9)
1840	1249 (9)	1059 (9)	1102 (9)	1024 (9)	665 (9)	842 (9)	1208 (9)	1150 (9)	978 (9)	857 (9)
1850	926 (9)	1089 (10)	1106 (11)	1042 (12)	1078 (12)	1020 (12)	916 (12)	885 (12)	703 (12)	821 (12)
1860	760 (12)	1217 (12)	861 (13)	947 (13)	1064 (13)	1210 (13)	1322 (13)	1256 (13)	1483 (13)	1343 (13)
1870	1018 (13)	891 (13)	944 (13)	976 (13)	971 (14)	819 (14)	830 (14)	957 (14)	1171 (14)	761 (15)
1880	927 (15)	716 (15)	859 (16)	777 (17)	951 (17)	1152 (17)	979 (18)	1291 (18)	1087 (18)	1124 (18)
1890	1020 (18)	1069 (18)	1199 (18)	1073 (18)	1027 (19)	1052 (19)	789 (19)	955 (19)	835 (19)	829 (19)
1900	947 (19)	956 (19)	903 (19)	1049 (19)	1084 (19)	1007 (19)	856 (19)	916 (19)	672 (19)	829 (19)
1910	722 (19)	893 (19)	553 (19)	679 (19)	864 (19)	917 (19)	948 (19)	925 (19)	1055 (19)	756 (19)
1920	938 (19)	918 (19)	1178 (19)	911 (20)	755 (20)	1055 (20)	1019 (21)	817 (21)	857 (21)	829 (21)
1930	976 (22)	843 (22)	1085 (23)	1155 (23)	1112 (23)	970 (23)	864 (23)	709 (23)	828 (23)	973 (23)
1940	1121 (23)	1259 (23)	1055 (23)	1345 (23)	1262 (23)	897 (24)	810 (24)	970 (24)	988 (24)	1027 (24)
1950	1064 (24)	1261 (24)	1428 (25)	1558 (25)	1179 (25)	1533 (25)	1102 (25)	1220 (25)	1108 (25)	1132 (25)
1960	1019 (25)	1240 (25)	895 (25)	900 (25)	1368 (25)	1056 (25)	1059 (25)	838 (25)	975 (25)	872 (25)
1970	1050 (25)	1224 (25)	954 (25)	1464 (25)	1032 (25)	1087 (25)	1080 (25)	697 (25)	743 (25)	1105 (25)
1980	1084 (25)	879 (25)	729 (25)	965 (25)	1035 (25)	1008 (25)	923 (25)	1076 (25)	734 (24)	877 (24)
1990	977 (20)	220 (12)								

A continuación de cada índice aparecen entre paréntesis el número de muestras que han intervenido en su realización. *Next to every index appeared in brackets the number of samples included*

TABLA 6d
CRONOLOGIA DE INDICES DE *QUERCUS* EN PIORNEDO-SUARBOL (LUGO)

Quercus *indices chronologies in Piornedo-Suarbol (Lugo)*

1902			825 (1)	1341 (1)	938 (1)	1224 (1)	1496 (2)	1112 (2)	1146 (2)	811 (3)
1910	539 (3)	800 (3)	749 (3)	1593 (3)	1082 (4)	1133 (4)	1829 (5)	720 (5)	742 (6)	941 (6)
1920	1027 (6)	1411 (6)	1733 (6)	415 (6)	274 (6)	474 (6)	462 (6)	479 (6)	679 (6)	887 (6)
1930	1213 (6)	1305 (6)	1219 (6)	1335 (6)	1205 (6)	1087 (6)	900 (6)	797 (6)	1106 (6)	995 (6)
1940	1235 (6)	1087 (6)	1164 (6)	1392 (6)	1714 (6)	1321 (6)	515 (6)	457 (6)	271 (6)	322 (6)
1950	665 (6)	597 (6)	998 (6)	1085 (6)	797 (6)	1099 (6)	929 (6)	1073 (6)	1374 (6)	1350 (6)
1960	1062 (6)	1340 (6)	877 (6)	886 (6)	1260 (6)	961 (6)	1116 (6)	689 (6)	916 (6)	942 (6)
1970	1079 (6)	1157 (6)	939 (6)	1578 (6)	1261 (6)	1140 (6)	1101 (6)	664 (6)	912 (6)	1004 (6)
1980	910 (6)	736 (6)	634 (6)	1053 (6)	787 (6)	893 (6)	735 (6)	1351 (6)	1142 (6)	1015 (6)
1990	1044 (6)	1351 (6)								

A continuación de cada índice aparecen entre paréntesis el número de muestras que han intervenido en su realización. *Next to every index appeared in brackets the number of samples included*

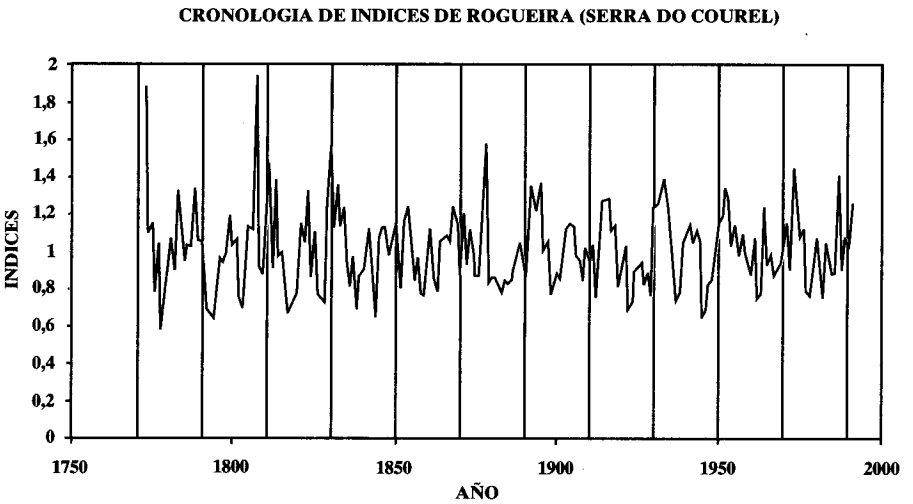
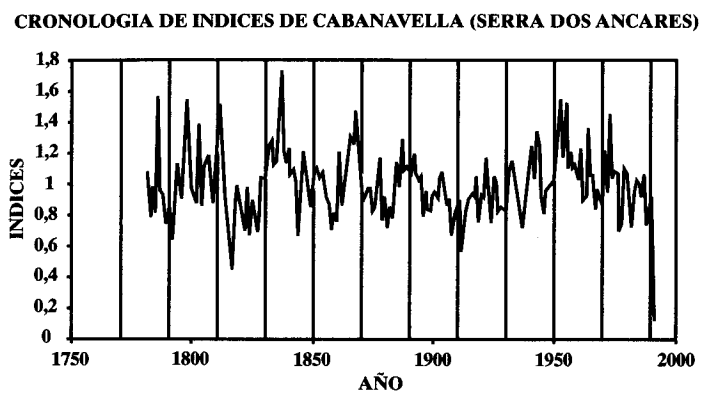
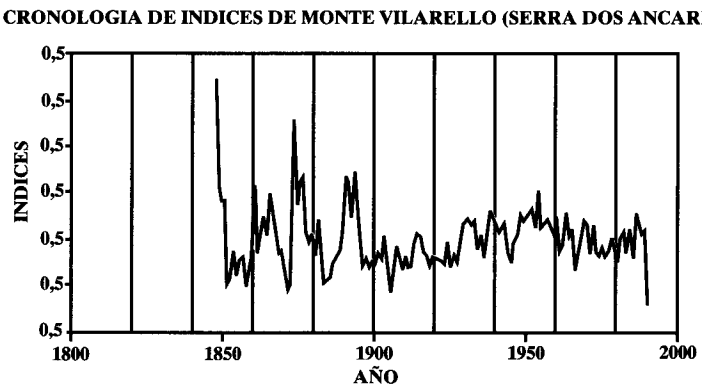


Fig. 5a.—Representación gráfica de las cronologías de las Sierras Orientales lucenses
Graphics display of the Eastern Galician Mountain Ranges chronologies





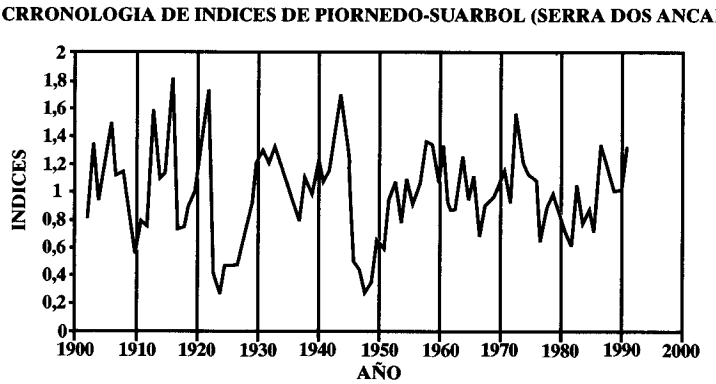


Fig. 5b, 5c y 5d.—Representación gráfica de las cronologías de las Sierras Orientales lucenses
Graphics display of the Eastern Galician Mountain Ranges chronologies

RESULTADOS Y DISCUSION

Años característicos

Son indicadores de la sincronización entre las series. Los años característicos (pointer years) muestran una misma tendencia, estadísticamente significativa, basada en la manifestación de factores limitantes que afectan al conjunto de los árboles provocando una respuesta común (Aniol, Schmidt, 1982). El criterio seleccionado para su determinación es el que considera como tales aquellos de mínimo crecimiento que superan un cierto número de concordancias especificado (ver Fritts, 1976), y en los que el cambio en grosor entre años sucesivos excede el 20 p. 100 de su media, según el programa LRM (PROGLIB).

La relación de años característicos obtenidos aparece en la Tabla 7. Siendo especialmente reseñables, por aparecer en varias cronologías, los siguientes: 1838, 1844, 1912, 1919, 1954, 1962, 1967, 1972 y 1988.

TABLA 7

RELACION DE AÑOS CARACTERISTICOS DE LAS CRONOLOGIAS Y DEL NUMERO DE ARBOLES CONSIDERADOS

Pointer years list and number of trees

Cronología	Años característicos	Número de árboles
Rogueira	**1838*, 1844***, 1856, 1870, 1890, 1896, 1898,**1912, 1919,** 1945, **1954, 1962,** 1965, **1972,** 1975, **1988**	10, 11, 17, 21, 26, 26, 26, 27 27, 29, 29, 29, 29, 29, 29, 29
Cabanavella	**1838*, 1844***, 1862*, 1879*, 1908*, **1912, 1919 1954, 1962*, 1967, 1972,** 1974, 1982*, **1988**	9, 9, 13, 15, 19, 19, 19, 25, 25, 25, 25, 25, 25, 24
Vilarello	1935, 1956*, **1962, 1967, 1972**@, 1981	21, 24, 24, 24, 24, 24
Piornedo-Suarbol	**1967,** 1977	6, 6

Niveles de significación de los años marcados: (@) 100 p. 100, () 99 p. 100, (*) 95 p. 100.
Los años en negrilla son años característicos para varias cronologías.
Signification level of the tasked years: (@) 100 p. 100, () 99 p. 100, (*) 95 p. 100. The years in black are pointer years for several chronologies.

La comparación realizada (Pérez Antelo, 1993b) de este registro con los años mencionados en las recopilaciones histórico-climáticas de Fontana Tarrats (1977) y Font Tullot (1988), y con el registro de años singularmente fríos en Estados Unidos (Gutiérrez, 1986) debido a erupciones volcánicas, muestra ciertas coincidencias recopiladas en la Tabla 8.

Parece existir una respuesta frente a los años caracterizados por elevadas precipitaciones y fuertes vientos (temporales), que pueden relacionarse con crecimientos especialmente estrechos, y en menor medida con los años de sequía, sobre todo si ésta alterna con lluvias torrenciales.

TABLA 8

REFERENCIAS CLIMATICAS DE CIERTOS AÑOS CARACTERISTICOS

Climatic references to some pointer years

Años	Datos climáticos
1838	1837, erupción del volcán Avachinskaya Sopka. Período 1835-1837, se sucedieron varias olas de frío invernales. 1838, año de abundantes precipitaciones en Galicia.
1844	1843, temporal de lluvias actúa sobre toda la Península, y se produjeron inundaciones en Ourense al desbordarse el río Miño.
1856	Agosto 1855-enero 1856, se sucedieron los temporales de lluvia generalizados.
1879	Período 1872-1879, se produjeron sequías. Interrumpidas en el invierno de 1879-1880 por temporales de lluvias en la vertiente atlántica.
1890	Intervalo 1883-1891, sequías cortas generalizadas. Período noviembre 1890-enero 1891, muy frío.
1896	Primaveras y veranos de los años 1891-1895 muy lluviosos. Temporales de lluvia entre enero 1895-febrero 1896, en abril, mayo (afectaron especialmente a la zona norte) y octubre de 1896.
1898	Enero de 1897 se inician los temporales generalizados que se suceden hasta 1899.
1908	Período de fuerte irregularidad climática. Años precedentes secos en la estación de A Coruña, febrero y mayo de dicho años extremadamente secos y noviembre muy caluroso para dicha estación. Año anterior muy lluvioso en la estación de Santiago de Compostela.
1912	1912, erupción del volcán Katmai (Alaska). En la estación de A Coruña, mínimo de precipitación en abril; máximo de temperatura en mayo, y mínimo en julio y agosto. En la de Santiago, mínimo de precipitación en abril, y máximo en julio y agosto; máximo de temperatura en mayo, y mínimo en julio y agosto. 15 de agosto, galerna en el norte.
1919	En la estación de Santiago de Compostela, mes de febrero de 1919 extremadamente lluvioso y caluroso, sequía en junio.
1935	Intervalo 1921-1935, se suceden los temporales en Galicia y la vertiente cantábrica. Ola de frío del noroeste.
1945	Período febrero 1944-1954, sucesivas sequías a nivel general que afectan a Galicia. En 1945, ola de frío del noroeste.
1954	Julio de 1954 muy seco en la estación de Santiago, y mayo muy lluvioso en la de Lugo.
1956	Febrero de 1956, ola de frío general. En marzo, temporales del noroeste, con inundaciones que afectan a varios puntos de Galicia.
1962	Otoño de 1961, lluvias torrenciales que desembocan en inundaciones durante el mes de diciembre, afectando a varios puntos de la provincia de Lugo.
1965	1963, erupción del volcán Agung (Indonesia). Durante el año 1965 los temporales atlánticos afectan al oeste y suroeste peninsular.
1967	Durante los años 1965-1966 los temporales atlánticos afectan al oeste y suroeste peninsular.
1972	1971, sucesivas sequías. El 5 de febrero de 1972, temporales con fuertes vientos en Galicia.
1974	Intervalo 1973-1976, sucesivas sequías cortas en la mayor parte de la Península.
1975	Intervalo 1973-1976, sucesivas sequías cortas en la mayor parte de la Península.
1977	Intervalo 1973-1976, sucesivas sequías cortas en la mayor parte de la Península. En febrero de 1977, una fuerte sequía a nivel peninsular.
1981	1980, erupción del volcán St. Helens (Estados Unidos). Enero de 1981, extremadamente lluvioso en la estación de Santiago. En Lugo fue un mes muy frío, mientras julio, agosto y noviembre fueron muy lluviosos, y diciembre muy seco. En A Coruña agosto y noviembre anormalmente secos, y además este segundo cálido.
1982	En noviembre de 1982, lluvias torrenciales en Galicia.
1988	1-7 de febrero 1987, temporales de viento, nieve y frío en las costas gallega y cantábrica.

Se ha procedido a comparar (Tabla 9) las coincidencias con los años característicos de otras series españolas realizadas sobre frondosas: *Castanea sativa* de Lalín (Pérez Antelo, 1993a) y del Montseny (Génova, Gracia 1984), *Fagus sylvatica* del Montseny y Prepirineo (Gutiérrez, 1986). Siendo la de castaños del Montseny la única con la cual no se obtiene ninguna coincidencia, quizás debido a su limitada longitud. También se ha procedido a la comparación con años característicos disponibles en la bibliografía de otras series europeas del género *Quercus* (Tabla 9). Se incluyen series de Francia: Depresión de Los Vosgos (Guibal, 1991), Nancy (Nieminen, 1988, en Guibal, 1991) y L'Oise-París (Trenard, Duchateau, 1985); de Irlanda: Antrim, Castle Coole, Pomeroy y Saintfield (Baillie, 1973); y de Italia, en Padua (Nola, 1988). Obteniéndose un resultado negativo con las cronologías británicas de Winchester (Barefoot *et al.*, 1974) y Maentwrong (Legget *et al.*, 1978).

TABLA 9

RELACION DE AÑOS CARACTERISTICOS DE LAS CRONOLOGIAS EUROPEAS CON LAS QUE SE COMPARAN

Pointer years list of european compared chronologies

Cronologías	Años característicos
Lalín (Galicia, España)	1870*, 1898, 1972*
Montseny y Preprinineo (Cataluña, España)	1919, 1935, 1945, 1954, 1956, 1965 1967, 1972, 1975, 1981, 1982
Cuatro cronologías de la depresión de los Vosgos (Francia)	1862, 1870 (3), 1879 (2), 1919 (2), 1945 (3) 1956 (2), 1962, 1981 (3), 1988 (2)
L'Oise-París (Francia)	1856, 1896, 1898
Nancy (Francia)	1870
Antrim, Castle Coole, Pomeroy y Saintfield (Irlanda)	1898
Padua (Italia)	1912, 1954, 1972

Niveles de significación de los años marcados: (@) 100 p. 100, () 99 p. 100, (*) 95 p. 100.
Los años en negrilla son años característicos para varias cronologías.
Signification level of the tasked years: (@) 100 p. 100, () 99 p. 100, (*) 95 p. 100. The years in black are pointer years for several chronologies.

Algunas de las coincidencias con otras cronologías peninsulares pueden responder a situaciones generales, por ejemplo, los temporales y borrascas peninsulares del año 1967 (Tabla 8), y en el caso de la cronología de Lalín, reflejaría situaciones macroclimáticas a nivel de gran parte de Galicia.

Esta explicación puede aplicarse también a las cronologías europeas, por ejemplo el mínimo de 1912 es coincidente con la cronología de robles de Padua (Nola, 1988), y su razón común puede ser el efecto de una erupción volcánica. Los

mínimos coincidentes con zonas tan alejadas como Irlanda (Baillie, 1973), Italia (Nola, 1988) o el Norte de Francia (Trenard, Douchateau, 1985), solamente pueden explicarse como perturbaciones macroclimáticas que hayan afectado a gran parte de la Europa atlántica. Otros autores como Trenard y Douchateau (1985) han encontrado anillos característicos comunes para zonas extensas tales como Francia, Inglaterra y Alemania.

Análisis de los parámetros de las cronologías

Los parámetros de sensibilidad media, desviación estándar y autocorrelación de primer orden de las series obtenidos mediante el programa ARSTAN (Tabla 10) pueden compararse con los de otras cronologías de roble europeas.

TABLA 10
ANALISIS DE LAS CRONOLOGIAS REALIZADAS POR EL PROGRAMA ARSTAN

Analysis of the chronologies realized using ARSTAN program

Cronología	Parámetros	Cronología estándar	Cronología residual	Cronología ARSTAN
Rogueira	Sensibilidad media	0,1801	0,2037	0,1742
Intervalo: 1773-1900	Desviación estándar	0,2172	0,1940	0,2201
Arboles: 15. Radios: 29	Autocorrelación de orden 1	0,3070	0,0579	0,3918
Cabanavella	Sensibilidad media	0,1746	0,2010	0,1697
Intervalo: 1782-1991	Desviación estándar	0,2146	0,1850	0,2008
Arboles: 12. Radios: 25	Autocorrelación de orden 1	0,4383	-0,0420	0,3526
Vilarello	Sensibilidad media	0,2186	0,2555	0,2125
Intervalo: 1759-1990	Desviación estándar	0,3318	0,2481	0,3066
Arboles: 13. Radios: 24	Autocorrelación de orden 1	0,4220	-0,0214	0,3549
Piornedo-Suarbol	Sensibilidad media	0,2608	0,2784	0,2509
Intervalo: 1902-1991	Desviación estándar	0,3268	0,2696	0,3148
Arboles: 3. Radios: 6	Autocorrelación de orden 1	0,4417	0,1152	0,5192

Dicha comparación se realiza con un grupo de catorce cronologías británicas (Glenluce, Raehills, Lockwood, Bathoaks, Ludlowood, Blicking, Scorton y Oxford) e irlandesas (Ardara, Killarney, Lough Doon, Eniscorthy, Glen of Downs y Cappoquin) (Pilcher, Baillie, 1980a, 1980b), y una italiana (Siro) Negri (Nola, 1988). Los resultados obtenidos son los siguientes:

— Sensibilidad media: es un indicador de la variabilidad interanual, y por tanto, de la respuesta ante los factores limitantes, los valores bajos indican una pequeña influencia de los factores exógenos. Los valores mayores corresponden a las series de Monte Vilarello, y Piornedo-Suarbol, y los menores a Cabanavella y Rogueira. Su media es semejante a la de las series europeas, en su mayor parte en

torno a 0,200, aunque la sensibilidad es mayor, ya que oscila entre 0,261 y 0,174 (en las series europeas elegidas oscila entre 0,235 y 0,135).

— Desviación estándar: indica la desviación de los distintos valores que toman los anillos con respecto al valor medio, e indica el grado de variación, especialmente de alta frecuencia. Oscila en las series gallegas entre 0,215 y 0,332, y en las cronologías europeas con las que se comparan varía entre un máximo de 1,168 y un mínimo de 0,530-0,180. Por tanto, existe un menor rango de desviaciones con respecto a la media, y estas desviaciones también son menores.

— Autocorrelación de primer orden: indica el efecto del crecimiento de los años anteriores sobre el actual, y es un indicador de la fluctuación de baja frecuencia. En este caso, la autocorrelación es, en general, baja, con su media en torno a 0,400 (Cabanavella, Monte Vilarello y Piornedo-Suarbol), mientras en las series europeas se encuentra sobre 0,600. Los extremos, en el primer caso, son 0,442 (Piornedo-Suarbol) y 0,307 (Rogueira), mientras en el segundo abarcan de 0,866 a 0,439. Es menor en los puntos de las sierras, climáticamente más extremados, y posiblemente se relaciona con una mayor importancia de esta componente ambiental, más irregular.

Análisis de la correlación de las cronologías de índices

Se realiza a partir de los parámetros obtenidos para las series estándar (con tendencia parcialmente reducida) y residual (ruido blanco) por el programa ARSTAN, dentro de una submuestra en el intervalo común dentro de cada cronología. Incluye tres tipos de correlación: entre todos los radios, entre árboles y dentro de los árboles. Los valores obtenidos aparecen en la Tabla 11.

La correlación entre todos los radios representa la correlación común dentro del punto de muestreo, y es un índice de la semejanza entre ellos. Oscila para las cronologías presentadas entre valores próximos a 0,4 (Piornedo-Suarbol y Rogueira) y próximos a 0,2 (Cabanavella y Monte de Vilarello).

La correlación entre los árboles es un indicativo de la homogeneidad del sitio, pues los cambios de microhábitat, incluidos los microclimáticos, generan diferencias en el comportamiento de cada individuo como una unidad independiente. También influyen aquellos factores que, a veces, afectan a un árbol, pero no a los demás como son la competencia, podas, enfermedades... Es máxima en Rogueira y Piornedo-Suarbol donde se aproxima a 0,4, y disminuye en Cabanavella y Monte Vilarello en los cuales se aproxima a 0,2. Ello indica la homogeneidad del microhábitat para los individuos elegidos en los dos primeros puntos, todos ellos relativamente próximos entre sí, y una mayor heterogeneidad en los dos segundos.

Por último, la correlación dentro de los árboles valora la semejanza entre el comportamiento de las distintas orientaciones para cada individuo, y por tanto, las diferencias debidas a éstas. Es máxima en Piornedo-Suarbol, situándose en torno a 0,7, mientras las demás oscilan entre 0,5 y 0,4. En el primer punto las influencias son menores, pues se trata de una zona con pendiente suave y orientación homogénea, mientras son máximas en Cabanavella y Monte Vilarello que no obedecen a estas características.

En conjunto, aparece una zona homogénea, Piornedo-Suarbol, donde la orientación y otros factores puntuales tienen poca importancia; y en el extremo

TABLA 11
ANALISIS DE LAS CORRELACIONES Y PARAMETROS OBTENIDOS PARA EL INTERVALO COMUN DE CADA CRONOLOGIA POR EL PROGRAMA ARSTAN

Analysis of parameters and correlations obtained for everyone chronology common period using ARSTAN program

Cronología	Parámetros	Cronología estándar	Cronología residual
Rogueira	Correlaciones medias:		
Intervalo común: 1883-1989	— Entre todos los radios	0,394	0,375
Arboles: 15	— Entre árboles (varianza Y)	0,389	0,370
Radios: 26	— Dentro de los árboles	0,553	0,527
	Cociente señal-ruido	9,541	8,812
	Concordancia con la cronología poblacional	0,905	0,898
Cabanavella	Correlaciones medias:		
Intervalo común: 1888-1987	— Entre todos los radios	0,258	0,289
Arboles: 9	— Entre árboles (varianza Y)	0,244	0,276
Radios: 18	— Dentro de los árboles	0,492	0,482
	Cociente señal-ruido	2,899	3,438
	Concordancia con la cronología poblacional	0,744	0,775
Vilarello	Correlaciones medias:		
Intervalo común: 1917-1990	— Entre todos los radios	0,202	0,294
Arboles: 11	— Entre árboles (varianza Y)	0,194	0,288
Radios: 18	— Dentro de los árboles	0,380	0,431
	Cociente señal-ruido	2,646	4,446
	Concordancia con la cronología poblacional	0,726	0,816
Piornedo-Suarbol	Correlaciones medias:		
Intervalo común: 1919-1991	— Entre todos los radios	0,499	0,391
Arboles: 3	— Entre árboles (varianza Y)	0,378	0,312
Radios: 6	— Dentro de los árboles	0,736	0,708
	Cociente señal-ruido	1,820	1,362
	Concordancia con la cronología poblacional	0,645	0,577

contrario Cabanavella y Monte Vilarello, zonas heterogéneas, de fuertes pendientes, que, sobre suelos poco desarrollados, generan notables diferencias de humedad e insolación. En Rogueira las diferencias causadas por la exposición no van acompañadas de otras debidas a la localización de los árboles, todos ellos muy próximos entre sí.

El cociente señal-ruido es un indicador de la señal o información climática que existe en relación con la no climática, pero depende fuertemente del número de árboles, lo cual se refleja en los resultados. Es muy alta en la cronología de la Rogueira, donde alcanza un valor superior a nueve, mientras en los casos de Cabanavella y Monte Vilarello es próximo a tres, descendiendo aún más en Piornedo-Suarbol (aproximadamente dos). Estos resultados podrán valorarse al compararlos con los obtenidos al realizar las funciones respuesta, y comprobar que son series con mayor contenido climático (Pérez Antelo, 1993b).

Estos parámetros se han medido sobre un subconjunto de muestras tomado de

cada cronología, por lo que aparece el parámetro de concordancia con la cronología de la población total, para conocer si el muestreo es representativo de la población total. Valores próximos a 0,85 ya se consideran aceptables.

En conjunto, la imagen global obtenida sobre la información que contienen las series de índices es suficiente para su utilización dendroclimática.

Sincronización con otras series de frondosas

Sólo existen otros dos conjuntos de series sobre frondosas peninsulares con las cuales es posible establecer una comparación. El primero es la cronología realizada para ejemplares de castaño del Montseny (Génova, Gracia, 1984), que por su corta longitud (veinticinco años) hace poco fiable o imposible dicha comparación. El segundo está formado por las dos series que obtuvo Gutiérrez (1986) para hayedos del Montseny y del Prepirineo. En este caso, la dificultad estriba en tratarse de otra especie, y hallarse en el otro extremo norte Peninsular, sometidas a un régimen climático muy distinto (especialmente de las precipitaciones). Esta autora incluye en su tesis dos tipos de cronologías de índices (series A y B), según el tipo de ajuste, por lo que se realizó una doble comparación, sin éxito con el programa CATRAS, por lo que se descartó aplicar el programa COFECHA. La falta de sincronización con dichas series es bastante lógica dada la importancia del régimen de precipitaciones en el caso de los hayedos (Gutiérrez, 1988), y las grandes diferencias en cuanto a éste entre Galicia y Cataluña.

Se ha realizado otra comparación, incluyendo también la cronología de Lalín, mediante los mismos programas con un conjunto de cronologías europeas de robles. Estas han sido seleccionadas en función de la coincidencia de género, su distribución temporal, disponibilidad bibliográfica de las cronologías, y la proximidad geográfica, dentro de una cierta variabilidad. Partiendo de un conjunto inicial más amplio se hizo una selección previa, eligiendo un subgrupo homogéneo en cuanto a sincronización (Pérez Antelo, 1993b). Este se encuentra formado por un conjunto de cronologías de Inglaterra (Scorton, Oxford, Blicking, Ludlowood y Bathoaks), Escocia (Glenluce, Raehills, Loockwood), Gales (Maentwrong) e Irlanda (Eniscorthy). Las características de dichas cronologías aparecen en la Tabla 12. Se ha procedido a su comparación con las series presentadas y la de Lalín, obteniendo las correlaciones que se muestran en las tablas siguientes: Tabla 13, aplicando el programa CATRAS (valores de sincronización en que la «t» es superior a 2), y Tabla 14, aplicando el programa COFECHA. Existen mejores resultados en la sincronización interna para los distintos grupos de series entre sí aplicando el programa CATRAS que COFECHA, lo cual sucede también en la sincronización de las cronologías gallegas entre sí. Las causas pueden ser varias, en primer lugar ninguna de las series europeas en la versión disponible había sido sometida al segundo de estos programas, mientras varias habían superado el primero. Podría existir alguna otra razón relativa a la adecuación del programa COFECHA para el análisis de unas series obtenidas en frondosas de zonas templadas e interior del bosque, ya que algunas de sus exigencias resultan difíciles de cumplir en este tipo de especies, tal como la alta precisión en las mediciones necesaria para que la sincronización sea óptima (Gutiérrez, com. pers.). En todo caso, se podrá valorar según vaya siendo

TABLA 12

CARACTERISTICAS DE LAS CRONOLOGIAS EXTRANJERAS SELECCIONADAS

Characteristics of alien selected chronologies

Localidad	SP	Fecha	Núm. anill.	Núm. muestras	Desviac. estándar	Autocorr. 1er orden	Sensib. media	Publicación
Glenluce	QR	1798-1978	181	14	21,9	0,467	0,177	Pilcher, Baillie, 1980b
Raehills	QR	1824-1975	152	20	26,3	0,608	0,185	Pilcher, Baillie, 1980b
Loockwood	QR	1571-1975	405	16	24,4	0,603	0,170	Pilcher, Baillie, 1980b
Scorton	QR	1813-1978	166	15	29,5	0,682	0,206	Pilcher, Baillie, 1980b
Oxford	Q	1781-1978	198	16	22,7	0,359	0,214	Pilcher, Baillie, 1980b
Blicking	Q	1717-1979	263	13	26,7	0,627	0,180	Pilcher, Baillie, 1980b
Ludlowood	Q	1825-1978	154	15	22,0	0,439	0,194	Pilcher, Baillie, 1980b
Bathoaks	QP	1754-1979	226	14	32,1	0,491	0,235	Pilcher, Baillie, 1980b
Maentwrong	QP	1710-1974	265	70	23,6	0,579	0,175	Legget *et al.*, 1978
Eniscorthy	QP	1811-1978	168	13	23,8	0,563	0,180	Pilcher, Baillie, 1980a

Encabezamientos abreviados: especie, núm. de anillos, núm. de muestras, desviación estándar con respecto a la media, autocorrelación de primer orden, sensibilidad media, publicación de la cual se ha tomado la cronología.

Abbreviated headlines: specie, rings number, sample number, standard deviation, first orden autocorrelation, paper containing the chronology.

TABLA 13

VALORES DE LAS CORRELACIONES ENTRE LAS SERIES EXTRANJERAS SELECCIONADAS Y LAS DE LALIN, ROGUEIRA Y CABANAVELLA, SEGUN EL PROGRAMA CATRAS

Correlations between alien selected chronologies and Lalín, Rogueira, and Cabanavella chronologies using CATRAS program

Cronologías comparadas	Período de superposición (años)	t de Student (test/Baillie)	Test de concordancia
Lalín/Glenluce	181	2,68#	58,6$
Lalín/Bathoaks	221	3,03#	58,9#
Lalín/Ludlowood	154	2,88#	60,5#
Lalín/Blicking	221	2,18$	59,5#
Lalín/Oxford	198	3,46*	57,9$
Lalín/Eniscorthy	168	3,90$	62,6#
Lalín/Maentwrong	216	2,24#	60,5#
Rogueira/Ludlowood	154	2,65#	63,4*
Rogueira/Eniscorthy	168	2,82#	59,3$
Cabanavella/Raehills	152	3,04#	59,3$
Cabanavella/Ludlowood	154	2,86#	59,5$

Niveles de significación en el test de concordancia y t de Student: (*) 99,9 p. 100. (#) 99 p. 100. ($) 95 p. 100. *Signification level of concordance test and Student's t test: (*) 99,9 p. 100. (#) 99 p. 100. ($) 95 p. 100*

utilizado progresivamente, y a raíz de ello la exactitud de los resultados obtenidos en las series realizadas en Galicia, entre ellas, y con respecto a las europeas.

Si se observan los resultados obtenidos con el programa CATRAS aparecen correlaciones o concordancias entre las series de Lalín, Rogueira y Cabanavella con las cronologías europeas seleccionadas; que a veces se aproximan a las que éstas muestran entre sí (Pérez Antelo, 1993b), y en cualquier caso son bastante elevadas teniendo en cuenta la distancia entre ellas. Estos resultados se confirman sólo para ciertos segmentos de las muestras y a través de los resultados del programa COFECHA (Tabla 14). Mejorar estos últimos resultados implica cambios importantes (alteraciones de ciertos anillos) que no parecen tener sentido a la luz de la naturaleza y sincronización de las muestras (Pérez Antelo, 1993b). Es por tanto más lógico pensar en influencias propias de la zona, o a unos períodos de mayor o menor semejanza macroclimática.

TABLA 14

CORRELACON POR SEGMENTOS DE LAS CRONOLOGIAS EXTRANJERAS SELECCIONADAS Y LAS SERIES OBTENIDAS SEGUN EL PROGRAMA COFECHA

Segments correlations between alien selected chronologies and the obtained series using COFECHA program

Cronologías	Correlación por segmentos de las cronologías										
	1700 1749	1725 1774	1750 1799	1775 1824	1800 1849	1825 1874	1850 1899	1875 1924	1900 1949	1925 1974	1950 1999
Lalín			0,12*	0,18*	0,42	0,41	0,34*	0,35*	0,42	0,39	0,19*
Rogueira			0,30*	0,33*	0,69	0,60	0,23*	0,21*	0,06*	0,04*	0,10*
Cabanavella				0,40	0,59	0,39	0,10*	0,16*	0,05*	0,10*	0,11*
Glenluce				0,36	0,35	0,34	0,40	0,42	0,47	0,42	0,54
Raehills					0,45	0,46	0,30#	0,21*	0,19*	0,36	0,35
Scorton					0,46	0,45	0,33*	0,32#	0,29*	0,33	0,36
Oxford				0,30#	0,36	0,48	0,48	0,58	0,32#	0,25*	0,32#
Blicking	0,15*	0,15*	0,22#	0,13*	0,54	0,63	0,35	0,31#	0,40	0,52	0,39
Ludlowood						0,56	0,53	0,49	0,36*	0,45	0,47
Bathoaks			0,15*	0,15*	0,50	0,74	0,58	0,47	0,46	0,54	0,51
Maentwrong	0,11*	0,09*	0,23*	0,39	0,34	0,38	0,35	0,33	0,32#	0,24#	
Eniscorthy					0,61	0,55	0,36	0,57	0,58	0,43	0,43

(#) Correlación menor que 0,3281, pero mayor como está datada. (*) correlación mayor en otra que en la posición datada. *(#) Correlation under 0,3281 but highest as dated. (*) Correlation higher at other than dated postiion.*

CONCLUSIONES

Los robles estudiados presentan interés para su análisis dendroclimático y dendroecológico, a pesar de hallarse en condiciones climáticas poco limitantes y a la importancia de la señal ecológica contenida al vivir en masas densas y parcialmente autorreguladas. Esto se demuestra en sus valores de sensibilidad, desviación estándar, autocorrelación y varianza debida al clima. Su datación parece correcta dado lo elevado de las correlaciones alcanzadas en la sincronización, y se deben a una homogeneidad altitudinal, a una proximidad física y climática, así como a formar un conjunto de híbridos y especies e híbridos. La cronología de Lalín presenta correlaciones menores, probablemente debidas a que los castaños presentan una respuesta distinta ante la temperatura y precipitación, y a la suavidad del clima de la zona. Además se ha intentado su sincronización con otras cronologías españolas de *Castanea sativa* (Génova, Gracia, 1984), y *Fagus sylvatica* (Gutiérrez, 1986), sin éxito.

La sincronización obtenida entre las cronologías de Rogueira, Lalín y Cabanavella, y un conjunto de series realizadas por diversos autores en Inglaterra, Gales, Escocia e Irlanda; así como las concordancias en la relación de años característicos con series europeas irlandesas, británicas, italianas y francesas, sugieren una componente macroclimática común, que podría ser debida al régimen de borrascas del oeste que afecta a toda la zona. De verificarse este hecho, Galicia podría ser incluida en el conjunto de cronologías regionales europeas existentes.

La comparación entre algunos datos histórico-climáticos y los años característicos sugiere una explicación para cierto número de estos últimos, pues aparecen unos crecimientos reducidos en años de precipitación muy abundante y con fuertes vientos. También existe una respuesta negativa ante las situaciones de sequía, en especial si va seguida de temporales. Los efectos de las erupciones volcánicas en el crecimiento no son claros. Es probable que los efectos de la actuación humana hayan acentuado o causado tales pertubaciones del crecimiento, aunque no pueda afirmarse que actuaron directamente sobre las poblaciones estudiadas. Los procesos de fuerte presión demográfica, agrícola y ganadera acontecidos en los siglos XVIII y XIX fueron especialmente relevantes; tal como refleja la legislación de la época y diversas fuentes históricas que señalan la escasez de arbolado en los montes del norte peninsular causada por los incendios, cortas, rozas y carboneo, muy grave en los robledales gallegos (Muñoz Goyanes, 1983).

AGRADECIMIENTOS

Queremos expresar nuestro agradecimiento a los ingenieros del Servicio Forestal de la Consellería de Agricultura, Ganadería e Montes de la Xunta de Galicia, don Santos Arenas y don Federico Fernández, que nos han ofrecido toda clase de facilidades para la toma de muestras, así como al personal adscrito a los montes estudiados; a don José Antonio Rodríguez Pena, que ha colaborado en el muestreo; y a don Jesús de Miguel, autor del mapa incluido en el texto. Este trabajo ha sido financiado por el proyecto FOR89-0866 de la CYCIT.

SUMMARY

Dendrochronologies of the Eastern Galician Mountain Ranges: Ancares and Courel (Lugo, Spain)

This paper presents the first results of a dendrochronological study carried out in the Eastern Galician Mountain Ranges: Serra do Courel and Serra dos Ancares. Four chronologies were obtained and synchronized, their pointer years were compared among them as well as with those from other European chronologies are presented. The analysis of some of their major variables show the possibility to include them in other Spanish and European chronologies and allows us to start a futher dendroclimatological study.

KEY WORDS: Dendrochronology
Dendroclimatology
Pointer-years
Quercus
Castanea sativa

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

ALLUE ANDRADE J. L., 1990. Atlas Fitoclimático de España. Taxonomías. Colección Monografías INIA, núm. 69. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. Madrid.

AMIGO J., 1984. Estudio de los matorrales y bosques de la Sierra del Caurel (Lugo). Tesis doctoral. Facultad de Farmacia, Santiago de Compostela (inédito).

ANIOL R. W., 1983. Tree-ring analysis using CATRAS. Dendrochronologia, 1, 45-53.

ANIOL R. W., SCHMIDT B., 1982. Data acquisition and preparation. Comment. En: Ed. Hughes M. K. *et al.*, Tree Rings and Climate. Cambtidge University Press, 30-31.

BAILLIE M. G. L., 1973. A recently developement irish tree-ring chronology. Tree-ring Bulletin, 33: 15-27.

BAREFOOT A. C., WOODHOUSE L. B., HAFLEY W. L., WILSON E. H., 1974. Developing a dendrochronology for Winchester, England. Journal of the Institute of Wood Science, 65: 34-40.

BLASING T. J., DUVICK D. N., COOK E. R., 1983. Filtering the effects of competition from ring width series. Tree-ring Bulletin, 43, 19-30.

COOK E. R., PETERS K., 1981. The smoothing spline: a new approach to standarizing forest interior tree-ring width series for dendroclimatic studies. Tree-ring Bulletin, 41, 45-54.

ECKSTEIN D., PILCHER J. R., 1982. Northern hemisphere. En: Ed. Hughes, M. K., *et al.*, Climate from tree-rings. Cambirdge University Press, 142-149.

FONTANA TARRATS J. M., 1977. Historia del clima del Finis-Terrae gallego. 127 pp. (inédito).

FONT TULLOT I., 1988. Historia del clima de España. Instituto Nacional de Meteorología. Ministerio de Transportes, Turismo y Comunicaciones. Madrid, 297 pp.

FRITTS H. C., 1976. Tree Rings and Climate. Academic Press.

GENOVA R., GRACIA C., 1984. Análisis dendroclimatológico del castaño (*Castanea sativa*) en el Macizo del Montseny. Mediterránea, Series biológicas, 7, 67-82.

GUIBAL F., 1991. Analyse dendroécologique de quatre populations de chêne sessile de la dépression périvosgienne. Revue du CUER, 9: 1-7.

GUTIERREZ M., 1986. Dendrocronología de *Fagus sylvatica, Pinus uncinata* y *Pinus sylvestris* en Catalunya. Tesis doctoral. Fac. Biología, U. B., Barcelona (inédito).

GUTIERREZ M., 1988. Dendroecological study of *Fagus sylvatica* L. in the Montseny Mountains (Spain). Acta Oecologica. Oecologia Plantarum, 9, 3, pp. 301-309.

HOMES R. L., 1992. Dendrocronology Program Library: Installation and Program Manual. Laboratory of Tree-Ring Research. University of Arizona.

HOLMES R. L., ADAMS R. K., FRITTS H. C., 1986a. Quality Control of Crossdating and Measuring, a Users Manual for Program COFECHA. *In:* Tree-Ring Chronologies of Western North America: California, eastern Oregon and norhern Great Basin. Laboratory of Tree-Ring Research, University of Arizona, 41-49. Tucson.

HOLMES R. L., ADAMS R. K., FRITTS H. C., 1986b. Users Manual for Program ARSTAN. *In:* Tree-Ring Chronologies of Western North America: California, eastern Oregon and norhern Great Basin. Laboratory of Tree-Ring Research, University of Arizona, 50-65. Tucson.

LEGGETT P., HUGHES M. K., HIBBERT F. A., 1978. A modern oak chronology from North Wales and its interpretation. *In:* FLETCHER J. M. (ed.), Dendrochronology in Europe. British Archaeological Reports, International Series, 51: 187-194.

MUÑOZ GOYANES G., 1983. Crónica sobre Bosques y Montes de la Península Hispánica. Fundación Conde del Valle de Salazar. ETSI Montes. Madrid, 453 pp.

NOLA P., 1988. Dendrocronologia della quercia nella Pianura Padana. Dendrochronologia, 6: 179-192.

PEREZ ANTELO A., 1993a. Análisis de una cronología de *Castanea sativa* Mill. obtenida en la Finca de Val de Fernando (Lalín, Pontevedra). Comparación con otras cronologías gallegas de *Quercus* sp. Ponencias y comunicaciones del I Congreso Forestal Español. Lourizán, Pontevedra, tomo I, 111-116.

PEREZ ANTELO A., 1993b. 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. Univ. Autónoma de Madrid. 483 pp. (inédito).

PILCHER J. R., BAILLIE M. G. L., 1980a. Six modern oak chronologies from Ireland. Tree-ring Bulletin, 40: 23-34.

PILCHER J. R., BAILLIE M. G. L., 1980b. Eight modern oak chronologies from England and Scotland. Tree-ring Bulletin, 40: 45-58.

RICHTER K., 1988. Dendrochronologische und dendroklimatologische untersuchungen and kiefern (*Pinus sp.*) in Spanien. Tesis doctoral. Universidad de Hamburgo. 298 pp. (inédito).

RIVAS-MARTINEZ S., 1987. Memoria del Mapa de Series de Vegetación de España. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. ICONA. Madrid.

SCHWEINGRUBER F. H., 1989. Tree-Rings. Basics and applications of dendrochronology. Kluwer Academic Publishers. Dordrecht (Holland). 276 pp.

SILVA-PANDO F. J., 1990. La flora y vegetación de la Sierra de Ancares: base para la planificación y ordenación forestal. Tesis doctoral. Univ. de Santiago de Compostela (inédito).

TRENARD Y., DUCHATEU J. J., 1985. Dendrochronologie du chêne dans la region de París. Dendrochronologia, III; 9-23.