

DIEZ SERIES MEDIAS DE ANILLOS DE CRECIMIENTO EN LOS SISTEMAS CARPETANO E IBERICO

M.ª M. GENOVA FUSTER

Escuela de Ingeniería Técnica Forestal. Universidad Politécnica de Madrid
Ciudad Universitaria, 28040 Madrid (España)

A. FERNANDEZ CANCIO

Dpto. de Sistemas Forestales. CIT-INIA
Apdo. 8111 - 28020 Madrid (España)

J. CREUS NOVAU

Instituto Pirenaico de Ecología
CSIC, Jaca - Huesca (España)

RESUMEN

Se presenta un análisis pormenorizado de 10 cronologías elaboradas con series de anillos de crecimiento de los táxones *Pinus nigra* subsp. *salzmanii* (Dunal) Franco y *Pinus sylvestris* L., procedentes de áreas de montaña del Sistema Central español y de la Serranía de Cuenca. Los resultados obtenidos han permitido analizar las secuencias dendrocronológicas conocidas más longevas en estos ámbitos, cuya edad máxima supera los 450 años de edad en ambos casos. Asimismo, los valores de los estimadores estadísticos empleados permiten concluir que cinco de las cronologías elaboradas constituyen muestras adecuadas de la variabilidad poblacional, mientras que cuatro de ellas poseen una señal común significativamente elevada.

PALABRAS CLAVE: Dendrocronología
Anillos de crecimiento
Pinus nigra subsp. *salzmanii* (Dunal) Franco
Pinus sylvestris L.
Sistema Central español
Serranía de Cuenca

INTRODUCCION

La herramienta de trabajo de la Dendrocronología (ciencia que analiza e interpreta los anillos de crecimiento) es la serie media de crecimiento de una población arbórea (cronología), considerando las secuencias datadas de anillos anuales como un registro completo e indirecto de todos los factores ambientales que inciden en el crecimiento secundario de las leñosas. Para ello será necesario, en primer lugar, extraer en lo posible la información requerida mediante diversos métodos matemáticos y estadísticos.

En el proceso de elaboración de las cronologías se requiere una estricta sincronización entre las series individuales de crecimiento, de tal manera que la serie

Recibido: 18-7-93

Aceptado para su publicación: 8-9-93

final sea representativa de las condiciones generales de la localidad, minimizando los factores microambientales y endógenos que puedan causar variabilidad en el crecimiento individual. Básicamente consiste en diferentes tipos de análisis estadístico que estudian la calidad de la sincronización entre las series individuales, transforman dichas series mediante el ajuste a curvas teóricas de crecimiento y, finalmente, estudian la concordancia de la variabilidad de las series ya transformadas para comprobar la fiabilidad de los ajustes junto a la información de carácter general que ofrece cada una de las cronologías.

Las especies y ámbitos muestreados en este trabajo se han elegido en función de los siguientes aspectos:

- Longevidad potencial de las especies y presencia de rodales relativamente extensos con individuos añosos en un área geográfica común.
- Táxones con actividad cambial más o menos constante en el tiempo, regida por la variabilidad climática estacional y con formación de anillos de crecimiento anual bien definidos.
- Áreas con contrastes de tipo climático, orográfico, edáfico e incluso de tratamiento antrópico, que permitiesen un estudio comparativo de los resultados obtenidos.
- Especies cuya amplitud ecológica permita su coexistencia en determinadas situaciones, con el objeto de comparar la calidad del registro ambiental que contienen.

Respondiendo a estas características fueron seleccionados los táxones *Pinus nigra* subsp. *salzmannii* y *Pinus sylvestris*, mientras que en cuanto a las regiones geográficas, el Sistema Central y las estribaciones meridionales del Sistema Ibérico se ajustaban a las prioridades citadas.

MATERIAL Y METODOS

Obtención y sincronización de las secuencias dendrocronológicas

Para la obtención de los datos se ha extraído una muestra o testigo con la barrena de Pressler en dirección aproximada a la de un radio de fuste, la cual constituye una representación de todos los anillos de crecimiento formados desde la corteza hasta el interior del tronco. Para un mayor detalle en cuanto a la metodología de la extracción y preparación de las muestras de ejemplares arbóreos remitimos a los artículos de Polge (1971), Phipps (1985) y Pilcher (1990).

En la preparación de las muestras dendrocronológicas nuestra experiencia aconseja insertar el testigo, inmediatamente tras su extracción, en un marco de madera adecuadamente preparado con una ranura de diámetro próximo al de la muestra, lo cual facilita un correcto secado e impide la deformación o rotura de la muestra. Previamente a la medición se ha realizado un corte longitudinal del cilindro de madera con una cuchilla enmangada, para permitir una mejor visibilidad y lectura del grosor de los anillos de crecimiento. Con esta técnica se consiguen mejores resultados, si se comparan con los obtenidos al lijar con papel de grano no muy fino, donde quedan taponadas por el serrín las traqueidas y el resto de los componentes del xilema secundario.

El equipo empleado para realizar las mediciones ha sido un lector semiautomático de anillos de crecimiento y un soporte informático constituido por el programa CATRAS (Aniol 1983, 1987).

La sincronización permite el establecimiento correcto de la posición en el tiempo de cada uno de los anillos o datación.

Ambas fases del estudio de las series de crecimiento constituyen los pilares sobre los que se asienta la base teórica y práctica de la Dendrocronología y de sus aplicaciones y resultan posibles cuando unos mismos factores han influido en el crecimiento de una población en un área determinada, de manera que la variabilidad en general resulta comparable (Fritts, 1976).

Entre las series de anillos de una misma localidad e, incluso, entre las que pertenecen al mismo individuo, es habitual reconocer diversos patrones de crecimiento, especialmente en lo que se refiere a la variabilidad de media y alta frecuencia. Un gran número de factores actuando diferencialmente pueden explicar esta diversidad en el crecimiento. De acuerdo con distintos autores (Graybill 1982; Fritts, Swetnam, 1986; Cook 1990) es posible elaborar un modelo teórico del incremento anual de los anillos de crecimiento que recoja todos los componentes que afectan a su variabilidad y que considere las secuencias de incrementos anuales como series temporales.

La necesidad de sincronización se ha comprobado ante la frecuente existencia de anillos ausentes o múltiples (incluso en especies con una única medida anual), generalmente relacionados con acontecimientos climáticos o con otros factores más inusuales en la historia del desarrollo de las masas forestales, como incendios, plagas defoliadoras o contaminación (Fritts, Swetnam 1986). Así, una sincronización deficiente puede eliminar o amortiguar parte de la variabilidad de alta frecuencia de la cronología (Creus, Fernández 1992).

La sincronización del conjunto de series dendrocronológicas obtenidas se realiza mediante diferentes métodos, basados en la comparación de las series de crecimiento individuales para conseguir su interdatación («cross-dating») a través de su análisis gráfico (cualitativo) y estadístico (cuantitativo). Ello se realiza entre todas las series pertenecientes a una localidad hasta que todas las secuencias de crecimiento hayan sido adecuadamente identificadas y sincronizadas.

Métodos visuales

1. Comparación directa de muestras pertenecientes a un mismo árbol o a ejemplares de una misma localidad observando las pautas comunes de crecimiento («skeleton plot»). Es el método más clásico y fue ampliamente desarrollado en los inicios de esta ciencia (Fritts, 1976).

2. Comparación de gráficas elaboradas con los datos de crecimiento/año. Las gráficas se construyen con datos reales o con sus logaritmos. Este segundo caso se ha empleado a menudo —especialmente en Europa— para enfatizar la importancia de los anillos estrechos o característicos y cuando la variabilidad entre las series de crecimiento es elevada, sobre todo si se comparan individuos de diferentes edades o cuya heterogeneidad está influida por aspectos microambientales (Aniol, 1983).

La comparación de las gráficas de crecimiento es el método definitivo para identificar los posibles fallos en la medición de los anillos o la existencia de ani-

llos ausentes o múltiples, pero es imprescindible el apoyo de los parámetros estadísticos para asegurar una correcta datación.

Métodos estadísticos

Consisten en el estudio y análisis de los valores de correlación obtenidos entre las diferentes series.

En nuestro trabajo se han utilizado, por una parte, los parámetros estadísticos específicamente diseñados para su uso en el tratamiento de los datos dendrocronológicos que proporciona el programa CATRAS (Aniol, 1983): los coeficientes de Coincidencia (W) y de Correlación (T). Por otra parte, la correlación por segmentos o períodos que realiza el programa COFECHA, que permite la comparación conjunta de numerosas series y proporciona una mayor seguridad en las modificaciones realizadas para mejorar la sincronización (Holmes, 1986).

El empleo de este segundo programa sólo es útil cuando la mayor parte de las series están correctamente datadas pues, en caso contrario, indicará fallos en la sincronización pero sin especificar correctamente su localización.

Si se promedian directamente las secuencias de anillos datadas y sincronizadas para elaborar una cronología local, sin tener en cuenta sus diferencias en los patrones de crecimiento, la serie media resultante mostrará fluctuaciones de media y baja frecuencia que no se corresponden con los aspectos comunes del crecimiento en una localidad, sino con las particularidades de las series individuales que adquieran más peso en el sumatorio, enmascarando la tendencia común.

La variabilidad no común de baja y media frecuencia se denomina conjuntamente «tendencia biológica del crecimiento» y puede expresarse mediante una función basada en los datos empíricos.

Así pues, una vez las secuencias de crecimiento están correctamente sincronizadas y datadas, cada una de ellas se somete a un procedimiento matemático que extrae parte de la variabilidad no común al conjunto de las series y que recibe el nombre de estandarización. Consiste básicamente en la elaboración de un modelo teórico de crecimiento individual para cada serie de anillos expresado en una curva concreta, en torno a la cual fluctúan los datos de crecimiento referentes a cada año. Para conocer con mayor detalle las ventajas y desventajas de las diferentes funciones aplicadas en Dendrocronología recomendamos la lectura del capítulo 3 de «Methods of Dendrochronology» (Cook *et al.*, 1990).

Los modelos estocásticos flexibles parecen expresar mejor —en nuestras regiones— las complejas tendencias del crecimiento individual que los modelos más inflexibles (como, por ejemplo, las curvas exponenciales decrecientes). Por ello, en la mayor parte de los casos, hemos empleado curvas de tipo «spline» cuyo empleo se ha generalizado en las últimas décadas, por su interés en la aplicación a series con tendencias episódicas y heterogéneas (Cook, Peters 1981; Blasing, Duvick 1983; Cook *et al.*, 1990 a).

Finalmente, para estabilizar la media y hacer homogénea la varianza se divide cada incremento anual por su correspondiente valor teórico, de forma que el crecimiento se expresa como un índice, obteniendo una nueva serie estacionaria en el tiempo cuya autocorrelación disminuye considerablemente (Fritts 1976).

Elaboración y tratamiento estadístico de las cronologías

La cronología es, dicho de manera muy simplificada, una serie resumen estandarizada de los crecimientos anuales de los árboles de una determinada localidad, en la que se minimizan los efectos individuales de los ejemplares muestreados y se intentan recoger las fluctuaciones generales, maximizando la variabilidad común.

El análisis de los datos de las secuencias dendrocronológicas sincronizadas y datadas se ha realizado mediante el programa ARSTAN. Este programa, además de analizar las secuencias de anillos de crecimiento y estandarizarlas, elabora cronologías y las interpreta desde el punto de vista estadístico para estimar la fiabilidad del ajuste entre las series y las funciones empleadas (Holmes, Cook, 1986).

Una vez que las secuencias de anillos de crecimiento han sido convenientemente estandarizadas, se suma el conjunto de índices –año a año– de una misma localidad para la elaboración de las cronologías locales. También es posible promediar los resultados obtenidos en diferentes cronologías situadas en una región próxima para elaborar una cronología regional (Graybill, 1982).

Clásicamente el método más común ha sido la obtención de medias aritméticas entre los índices de cada año (Fritts 1976). Sin embargo, la posible existencia de datos extremos en determinadas series de índices puede originar un cierto sesgo en los resultados totales, por lo que resulta aconsejable el uso de medias robustas («biweight mean») que tienden a reducir la incidencia de los valores muy alejados de la media (Cook *et al.*, 1990 b).

En general, se considera que la señal de una cronología representa en media la variabilidad común que interesa respetar en todas las series de una misma localidad, suponiendo que el conjunto de testigos constituye una muestra de una población hipotética, cuya media sería la cronología real. La varianza de las series de índices contiene esta señal maximizada por la estandarización, junto a la variabilidad propia de cada individuo e, incluso, de cada testigo, constituyendo estos dos últimos aspectos el ruido estadístico (Briffa, Jones, 1990).

Estadísticamente se considera que el ruido se verá reducido a medida que se incrementa el número de series que se incluyen en una cronología. Sin embargo, de acuerdo con Guiot *et al.*, (1982), el efecto contrario puede producirse si no se basa el análisis dendrocronológico en una selección estricta de la homogeneidad de las series que intervienen en la elaboración de la cronología local.

Ambas cuestiones se han tratado por diversos métodos; en nuestro caso hemos utilizado los parámetros propuestos y calculados por el programa ARSTAN (Holmes, Cook, 1986) que, en lugar del Análisis de Varianza tradicional (Fritts, 1976), emplea diversos coeficientes basados en la correlación entre las series dendrocronológicas, como alternativa para estimar las fuentes de variación. El análisis de la correlación tiene la ventaja de su aplicación más adecuada en cronologías con desigual número de series por individuo que, además, no son de la misma longitud, y tienden a variar respecto a escalas temporales de décadas o centurias. Por otra parte, es posible elegir el período de análisis, aunque no sea común a todas las series de índices (Briffa, Jones, 1990).

Mediante este último método se pretende analizar la variabilidad de las series que intervienen en una cronología descomponiéndola en tres aspectos:

- El componente común de la variabilidad [$V(Y)$], o señal de una cronología.
- La variabilidad común entre las series de índices de un mismo individuo, pero no compartida con el resto de los árboles del área [$V(YT)$].

- El valor de la variabilidad no común entre las series individuales de cualquier árbol [V (YCT)].

Tras estimar la señal común, se hace necesario cuantificar el peso de ésta en la cronología, una vez se han promediado las series de índices. Así, el coeficiente calculado en el programa ARTAN como «coincidencia poblacional» (CP), permite estimar el número de series necesarias para representar la hipotética cronología de la población, el cual está condicionado por el valor de la señal común y resulta una medida de la representatividad de una cronología elaborada con un cierto número de series en relación a la que se obtendría con un número teórico de series para obtener la máxima señal común (Wigley *et al.*, 1984).

Por otra parte, la tasa señal/ruido (SNR) es otro parámetro que estima la validez estadística de la señal en la serie media y varía en relación al número de series consideradas en cada cronología. Su cuantificación e interpretación de la variabilidad entre diferentes cronologías es menos significativa, dado que depende mucho del número de series y para valores elevados de SNR su incremento sólo muestra mínimos cambios en la coincidencia poblacional (Briffa, Jones, 1990).

CARACTERISTICAS GENERALES DE LA REGIONES Y LOCALIDADES DE MUESTREO

Los datos de nuestra investigación proceden en su mayor parte de árboles vivos, excepto en ciertos casos en que se obtuvieron de ejemplares recién apeados. La extracción de la muestra se ha realizado habitualmente a 1,30 m del suelo y, generalmente, recogiendo dos muestras por individuo en orientaciones opuestas. En aquellos lugares en los que no existe elevada pendiente han sido elegidas las orientaciones Norte y Sur, por recoger en principio la mayor diversidad en el crecimiento. Sin embargo, si la pendiente era suficientemente elevada como para influir en la simetría del fuste, las muestras se han extraído a favor y en contra de la pendiente, por el mismo motivo.

En cada localidad se han muestreado al menos 10 individuos, elegidos por sus condiciones microambientales aparentemente semejantes y su aspecto vetusto. La recogida de muestras se ha completado con la anotación de todos aquellos datos ecológicos y geográficos que se han considerado de interés para interpretar el crecimiento, junto a algunas de las características morfométricas de los individuos muestreados.

A continuación se describen las regiones seleccionadas para la realización del muestreo y las características generales de cada una de las localidades muestreadas (Tabla 1).

La Sierra de Gredos

En las estribaciones más orientales de la Sierra de Gredos, que reciben la denominación general de Sierra del Valle, se localizan en la actualidad una serie de masas relictas de *Pinus sylvestris* y *Pinus nigra* subsp. *salzmanii*, enclavadas principalmente en la vertiente Sur, cuyo aspecto actual es el de rodales separados entre sí, de porte majestuoso y aspecto añoso, pero que hasta el momento no habían sido objeto de investigaciones dendrocronológicas (Génova *et al.*, 1988).

TABLA 1
CARACTERÍSTICAS GENERALES DE LAS LOCALIDADES DE MUESTREO
General characteristics of the sampling stations

SIERRA DE GREDOS				
Características	Peñahorcada	Cercelas	Andrinal	
Localización:				
Término municipal	Piedralaves	Casavieja	El Arenal	
Coordenadas UTM	30TUK56	30TUK46-56	30TUK26	
Altitud	1.400-1.500	1.300-1.400	1.400-1.600	
Pendiente	10-40	15-50	20-30	
Orientación	S	SO	SE-SO	
Sustrato	Granito, litosuelo	Granito, suelos pardos	Granito, litosuelos	
Especie	<i>Pinus nigra</i> - <i>Pinus sylvestris</i>	<i>Pinus nigra</i> - <i>Pinus sylvestris</i>	<i>Pinus nigra</i>	
N.º individuos	14	12	10	
Edad máxima	322	238	303	
Edad media	212	172	221	
Edad mínima	114	133	144	
Situación de la población	Masa de escasa densidad.	Pies aislados entre masa de <i>P. pinaster</i> .	Masa de escasa densidad.	
	Cercana al límite forestal.	A unos 200 m del límite forestal.	Límite forestal.	
Fecha de muestreo	Junio 1988 Junio 1989	Abril 1988 Noviembre 1991	Marzo 1990	

SIERRA DE GUADARRAMA				
Características	Riscopol	Siete Picos	Pedrizá	
Localización:				
Término municipal	Guadarrama-Peguerinos	S. Ildefonso-La Granja	Manzanares el Real	
Coordenadas UTM	30TVL00	30TVL11	30TVL21	
Altitud	1.600	1.900-2.000	1.550-1.750	
Pendiente	10	10-30	10-20	
Orientación		N-NE	S	
Sustrato	Granito, litosuelo	Granito, suelos pardos	Granito, pedregoso	
Especie	<i>Pinus nigra</i>	<i>Pinus sylvestris</i>	<i>Pinus sylvestris</i>	
N.º individuos	16	14	12	
Edad máxima	466	462	274	
Edad media	325	329	188	
Edad mínima	64	159	93	
Situación de la población	Pies aislados.	Masa densa.	Pies aislados entre repoblado artificial joven.	
	Límite forestal y orográfico.	A 200 m del límite forestal y orográfico.	Cercanos al límite forestal.	
Fecha de muestreo	Octubre-Noviembre 1988 Febrero 1990	Abril 1989	Abril-Junio 1988 Marzo 1990	

SERRANIA DE CUENCA				
Características	Tierramuerta	Boquerón	Torretón	Tajo
Localización:				
Término municipal	Cuenca	Cuenca	Cuenca	Cuenca
Coordenadas UTM	30TWK93	30TWK94	30TWK95/06	30TWK98
Altitud	1.300-1.400	1.200-1.300	1.200-1.700	1.700-1.800
Pendiente		0-10	20-40	5-30
Orientación			S-SE	E
Sustrato	Calizo, litosuelo	Calizo, suelos pardos	Calizo, pedregoso	Calizo, pedregoso
Especie	<i>Pinus nigra</i>	<i>Pinus nigra</i>	<i>Pinus nigra</i>	<i>Pinus nigra</i>
N.º individuos	10	6	15	13
Edad máxima	374	301	504	379
Edad media	221	237	404	204
Edad mínima	140	204	359	126
Situación de la población ..	Masa de escasa densidad.	Masa densa.	Pies aislados.	Pies aislados en una masa de <i>P. sylvestris</i> .
	Meseta.	Meseta.	Cercanos al límite forestal.	Cercanos al límite forestal.
Fecha de muestreo	Octubre 1988 Julio 1989	Octubre 1988 Julio 1989	Julio 1989	Julio 1989

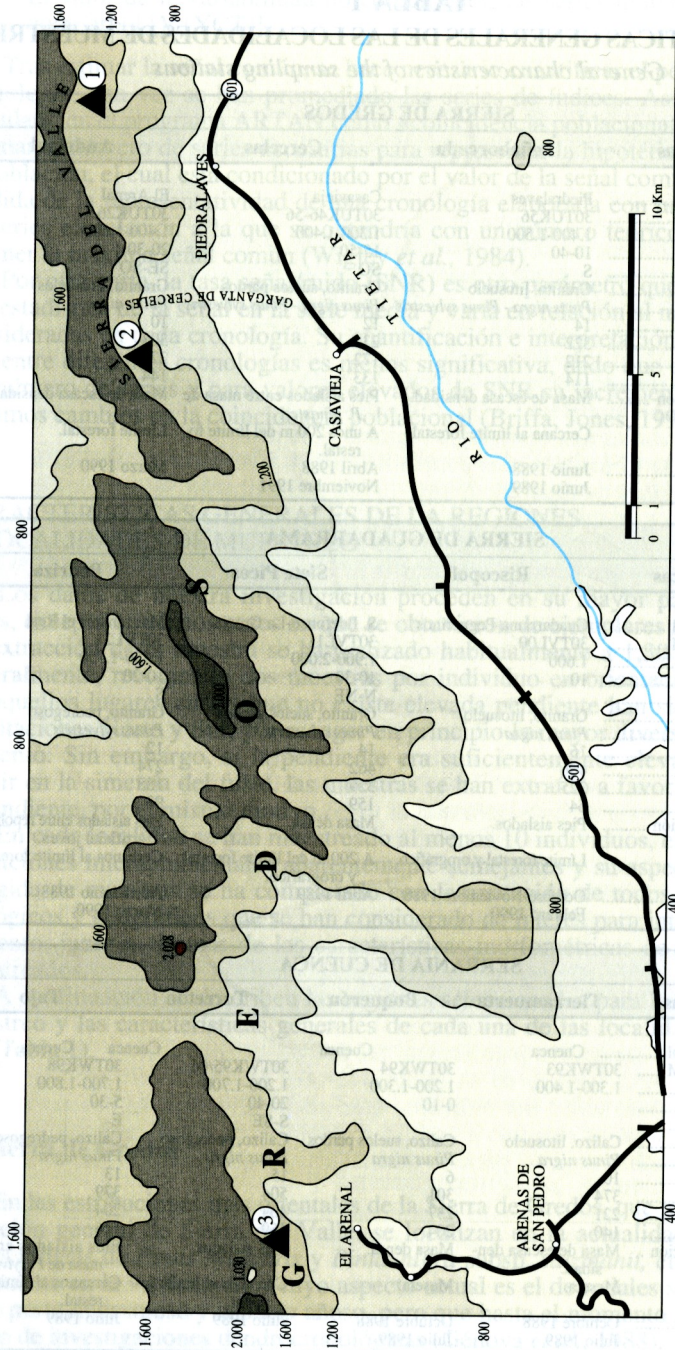


Fig. 1.-Sierra de Gredos: Localidades de muestreo

- 1. Peñahorcada
- 2. Cercelas
- 3. Andrinal

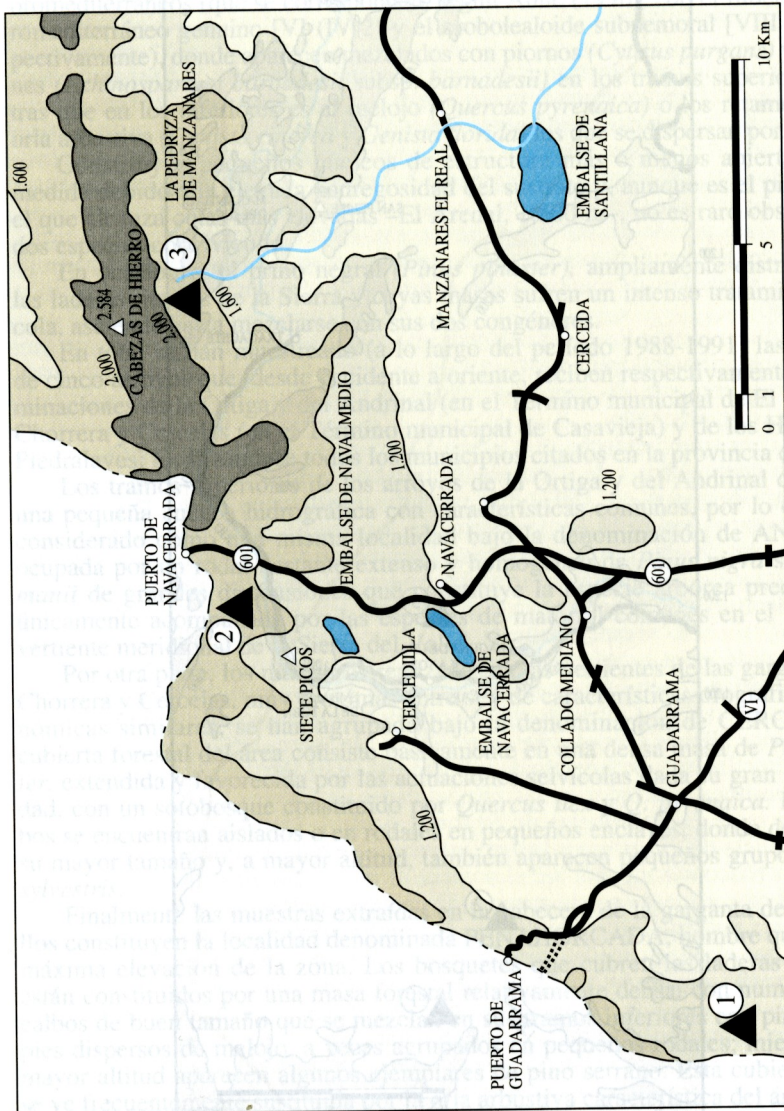


Fig. 2.—Sierra de Guadarrama: Localidades de muestreo

1. Riscopol
2. Siete Picos
3. Pedriza

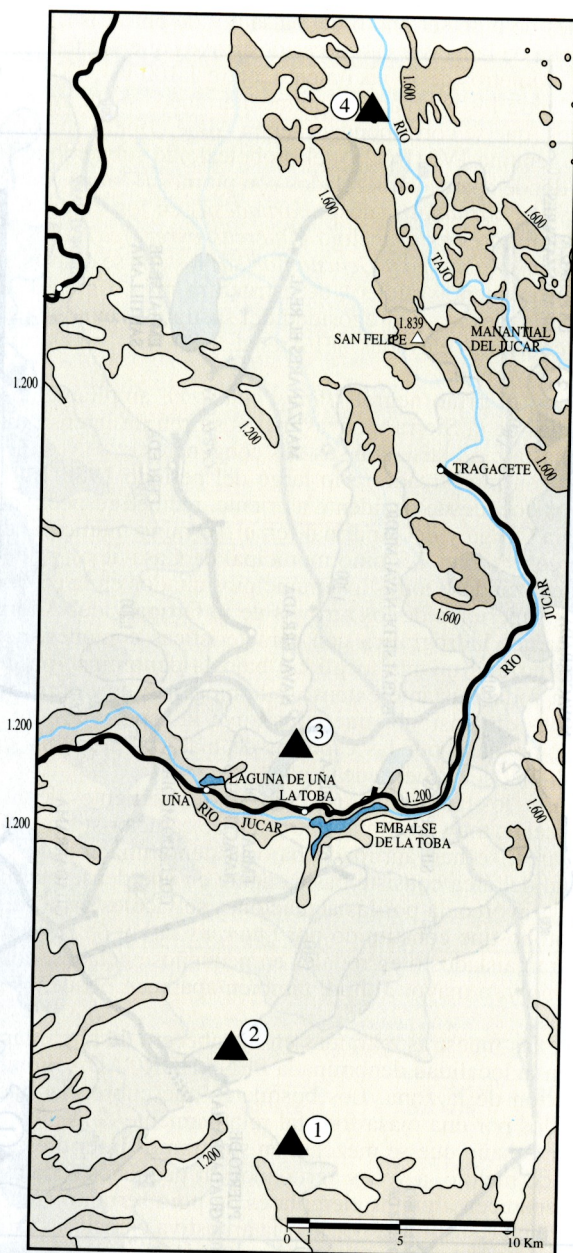


Fig. 3.—Serranía de Cuenca: Localidades de muestreo

1. Tierramuerta
2. Boquerón
3. Torretón
4. Tajo

Estos rodales de pino serrano o de Valsaín y de pino cascalbo, se sitúan en las zonas media y alta de laderas y cabeceras de arroyos que vierten directamente al río Tiétar a pocos kilómetros de su nacimiento, entre 1.100 y 1.700 metros. Ocupan una área intermedia entre los melojares supramediterráneos subhúmedos y los piornales oromediterráneos (que se corresponden, según Allué (1990), con el fitoclima nemo-romediterráneo genuino [VI (IV)2] y el orobolealoide subnemoral [VIII (VI)], respectivamente), donde aparecen mezclados con piornos (*Cytisus purgans*) y cambrios (*Echinopartum barnadesii* subsp. *barnadesii*) en los tramos superiores, mientras que en los inferiores es el melojo (*Quercus pyrenaica*) o los retamones de su orla arbustiva (*Genista cinerea* y *Genista florida*) los que se dispersan por los claros.

Constituyen pequeños núcleos de estructura más o menos abierta, en gran medida debido a la elevada pedregosidad del sustrato y, aunque es el pino serrano el que alcanza cotas más elevadas —El Arenal, 1.800 m—, no es raro observar a las dos especies conviviendo.

En ocasiones, el pino negral (*Pinus pinaster*), ampliamente distribuido por las laderas medias de la Sierra y cuyas masas sufren un intenso tratamiento selvícola, asciende hasta mezclarse con sus dos congéneres.

En total se han muestreado (a lo largo del período 1988-1991) las cabeceras de cinco arroyos que, desde occidente a oriente, reciben respectivamente las denominaciones de la Ortiga y del Andrinal (en el Término municipal de El Arenal), la Chorrera y Cercelas (en el Término municipal de Casavieja) y de los Hornillos en Piedralaves; localizándose todos los municipios citados en la provincia de Avila.

Los tramos superiores de los arroyos de la Ortiga y del Andrinal constituyen una pequeña cuenca hidrográfica con características comunes, por lo que se han considerado como una misma localidad bajo la denominación de ANDRINAL, ocupada por un rodal bastante extenso y homogéneo de *Pinus nigra* subsp. *salzmannii* de grandes dimensiones que constituye la especie arbórea predominante, únicamente acompañada por las especies de matorral comunes en el resto de la vertiente meridional de la Sierra del Valle.

Por otra parte, los muestreos realizados en las vertientes de las gargantas de la Chorrera y Cercelas, muy próximas entre sí y de características orográficas y fisiológicas similares, se han agrupado bajo la denominación de CERCELAS. La cubierta forestal del área consiste básicamente en una densa masa de *Pinus pinaster*, extendida y favorecida por las actuaciones selvícolas dada su gran productividad, con un sotobosque constituido por *Quercus ilex* y *Q. pyrenaica*. Los cascalbos se encuentran aislados o en rodales en pequeños enclaves, donde destacan por su mayor tamaño y, a mayor altitud, también aparecen pequeños grupos de *Pinus sylvestris*.

Finalmente las muestras extraídas en la cabecera de la garganta de los Hornillos constituyen la localidad denominada PEÑAHORCADA, hombre que recibe la máxima elevación de la zona. Los bosquetes que cubren las laderas del arroyo están constituidos por una masa forestal relativamente densa, con numerosos cascalbos de buen tamaño que se mezclan en sus tramos inferiores con pino negral y pies dispersos de melojo, a veces agrupados en pequeños rodales; mientras que a mayor altitud aparecen algunos ejemplares de pino serrano. Esta cubierta forestal se ve frecuentemente sustituida por la orla arbustiva característica del área.

La máxima altura del fuste registrada hasta el momento en estos pinares es de 30 m, siendo frecuentes medidas cercanas a ésta entre los individuos localizados en cotas entre 1.100 y 1.300 m; mientras que en la franja superior unas condiciones más adversas, tanto ambientales como de aprovechamiento antrópico, provocan una modificación del porte, con alturas que rondan los 15 m y diámetros de copa muy

superiores (hasta 20 m) probablemente debido a su aislamiento y bajo las cuales busca refugio el ganado. No son raros los fustes de diámetro cercano a los 120 cm e incluso se han hallado ciertos ejemplares de hasta 170 cm (Regato *et al.*, 1992).

La Sierra de Guadarrama

Esta es una de las comarcas forestales más importantes de la España mediterráneo-continental con un claro dominio, sobre todo a partir de los 1.000 m de altitud, de una de las mejores representaciones ibéricas de *Pinus sylvestris*, cuyo amplio uso social de esparcimiento y recreo (dada la proximidad del área metropolitana de Madrid), así como su importancia hidrológica, han constituido las bases de su actual estado de conservación. No hay que olvidar, sin embargo, que hasta finales del siglo pasado-inicios del presente, casi toda la vertiente sur del Guadarrama se encontraba prácticamente deforestada y que, por tanto, la mayor parte de los pinares proceden de sucesivas repoblaciones efectuadas en este período (Bauer, 1980).

Teniendo en cuenta los trabajos dendrocronológicos ya realizados por Richter (1988), se seleccionaron tres localidades de muestreo –entre los restos de la masa forestal primigenia, que aún conserva individuos muy añosos–, con el propósito de completar el estudio citado.

En un caso (proximidades de Cabeza Lijar), ya poseíamos referencias de su importancia geobotánica y dendrocronológica a través de otros estudios realizados previamente (Regato *et al.*, 1992). Las otras dos localidades fueron elegidas después de una prospección de los territorios en los que se conocía la existencia de rodales con pies de gran tamaño, gracias a las diversas comunicaciones personales de su localización que nos aportaron diferentes personas del medio científico-forestal, seleccionándose finalmente la umbría de Siete Picos y el valle alto del río Manzanares, situadas respectivamente en la provincia de Segovia y de Madrid. Las tres localidades se encuentran ubicadas en el piso oromediterráneo, cuya vegetación característica –en esta parte del Sistema Central– está constituida básicamente por piornales de *Cytisus purgans* con enebros (*Juniperus communis* subsp. *alpina*) y pinos albares (*Pinus sylvestris*) (Rivas-Martínez, 1987) y se enclavan en el subtipo fitoclimático oroborealoide subnemoral [VIII (VI)] (Allué, 1990).

Los muestreos realizados en las proximidades de Cabeza Lijar (1.824 m) –en la confluencia de las provincias de Segovia, Avila y Madrid–, que alberga una población relictica de *Pinus nigra* subsp. *salzmanii*, se han agrupado en la localidad denominada Riscopolanco, por ser el nombre de una de las elevaciones más cercanas al rodal más extenso de esta especie. El enorme interés fitoecológico y geobotánico de esta población ha sido puesto de manifiesto especialmente al localizar ejemplares que alcanzan edades superiores a los 400 años (Regato *et al.*, 1992).

Esta mancha guadarrámica de pino pudo localizarse en determinando collados y cuerdas en torno a los 1.500 m. Los matorrales procedentes del piornal –enebral de altura con *Arctostaphylos uva-ursi* son los que constituyen la vegetación acompañante, mientras que, a medida que se desciende en altitud, comienza a ser más abundante el pino silvestre. La fisonomía de esta población difiere ostensiblemente de las gredenses, siendo los rodales mucho más claros con individuos de menor tamaño y que presentan copas pequeñas y tabulares, posiblemente a causa de las condiciones más adversas que sufren. El perímetro basal medio de los individuos muestreados se sitúa en torno a los 70 cm, mientras que la altura media se aproxima a los 12 m.

La siguiente localidad seleccionada (Siete Picos), se localiza en la umbría de las cumbres así denominadas, en un rodal de *Pinus sylvestris* próximo al límite altitudinal orográfico y de la especie en la zona, que destaca del resto del extenso pinar del entorno por su aspecto vetusto.

Con respecto al resto de las localidades del Sistema Central se diferencia por una serie de características ambientales, entre las que cabe citar su orientación (básicamente Norte) y la localización de los individuos en el interior de una densa masa boscosa. En cuanto a la altura y diámetro basal de tronco no son muy destacables en general (con medias próximas a 15 m y 85 cm respectivamente); siendo la copa generalmente de forma tabular, mientras que sólo algunos individuos poseen el típico porte en bandera.

Finalmente, en el valle alto del río Manzanares se ha muestreado una extensa área, situada al Sur de Cabezas de Hierro, que recibe la denominación general de Sierra del Francés. En esta Sierra y entre los 1.600 y 1.750 m de altitud se localizan numerosos ejemplares añosos de *Pinus sylvestris*, que se distribuyen de manera preferente por los valles o cercanías de los arroyos. Esta localidad se ha denominado Pedriza, por ubicarse en los tramos superiores del valle que configura esta característica formación geológica y orográfica.

En general dominan en el paisaje las recientes repoblaciones efectuadas con esta misma especie, junto a comunidades de sustitución con *Cytisus purgans*, *Juniperus communis* subsp. *alpina*, *Arctostaphylos uva-ursi* y *Cistus laurifolius*.

Los datos procedentes de las mediciones dendrométricas en los ejemplares muestreados revelan un diámetro basal de gran tamaño, cuya media -110 cm- y máxima -139 cm- superan al resto de las localidades de la Sierra de Guadarrama, aunque no son destacables en cuanto a la edad, dado que la media se sitúa próxima a los 200 años. La altura de los individuos oscila entre los 10 y 15 m. Por otra parte, a causa de su aislamiento y exposición continuada a las ventiscas, muchos ejemplares y especialmente los situados en las áreas más elevadas, presentan el característico porte «en bandera».

El muestreo en las tres localidades, se ha realizado desde los últimos meses del año 1988 hasta abril de 1989, por lo que la longitud de las series de crecimiento es, en principio, homogénea en todas ellas. Sin embargo, a causa de la discontinua actividad cambial en los ejemplares muy longevos, no todas las secuencias individuales cubren los últimos períodos de crecimiento.

La Serranía de Cuenca

Distintas formaciones forestales ocupan las áreas más elevadas de la Serranía, aunque son los pinares de *Pinus nigra* subsp. *salzmanii* -distribuidos especialmente en el piso supramediterráneo-, quienes ostentan su máxima representación, pues su extensión se ha visto favorecida, en parte, por la acción antrópica, dado que constituyen bosques de gran importancia en cuanto a su aprovechamiento. En parameras y laderas expuestas, entre 1.000 y 1.400 m, aparecen masas mixtas de este taxon con sabinas de *Juniperus thurifera* (que a veces constituye la especie dominante en las condiciones más limitantes), en formaciones aclaradas (Bellot *et al.*, 1982); mientras que las cumbres o umbrías están ocupadas por pequeñas extensiones de *Pinus sylvestris*.

De los pinares del Sistema Ibérico meridional ya existen datos dendrocronológicos elaborados por Richter (1988). Sin embargo, informaciones proporcionadas por el Servicio forestal de Cuenca, nos hicieron suponer que aún quedaban algunas

zonas en la Serranía que, desde el punto de vista dendrocronológico, podían tener suficiente interés como para realizar un nuevo muestreo. Así, fueron localizados numerosos individuos que superaban ampliamente (en varios casos hasta en 150 años) la edad máxima de los ejemplares muestreados por el citado investigador.

El muestreo fue realizado en dos etapas, una primera prospección realizada en noviembre de 1988, donde se recogieron un pequeño conjunto de muestras, y una segunda en julio de 1989, cuando se extrajeron testigos de los 47 ejemplares más longevos localizados. En su mayor parte proceden de individuos de *Pinus nigra* subsp. *salzmanii* (denominado pino negral en la zona), mientras que sólo se muestrearon cinco pies de *Pinus sylvestris*, razón por la cual únicamente se han elaborado los datos de las secuencias de crecimiento de la primera especie. Estas se han agrupado en cuatro localidades (todas ellas incluidas en el término municipal de Cuenca), en función de su proximidad geográfica y semejantes condiciones ambientales.

Las tres primeras localidades (Boquerón, Tierramuerta y Torretón) se ubican en el piso fitoclimático nemoromediterráneo genuino [VI (IV)2], mientras que Tajo, con predominio de las formaciones de *Pinus sylvestris*, se sitúa en el oroborealide subnemoral [VIII (VI)] (Allué, 1990).

En la gran plataforma caliza que recibe la denominación general de Los Palancares se ha muestreado en dos áreas diferentes, situadas ambas en la serie supramediterránea mastracense y celtibérico-alcarreña de la sabina albar (Rivas-Martínez, 1987).

En primer lugar, en las masas forestales de pino negral que, junto a otras especies (fundamentalmente sabina albar), constituye formaciones abiertas entre 1.200-1.400 m, en gran medida a causa del carácter limitante del sustrato. En la primera prospección de campo se localizó un rodal de avanzada edad en la localidad de Tierramuerta; aunque muchos individuos hoy en día ya han desaparecido al realizarse una corta en dicho lugar unos meses antes de nuestra segunda etapa de muestreo. Los individuos aún en pie presentaban portes bastante regulares y perímetro normal medio en torno los 3 m, junto a una altura significativamente homogénea, cuya media se sitúa próxima a los 20 m. Tres de los ejemplares muestreados se seleccionaron entre los recientemente apeados, pues su grosor hacía presuponer una mayor edad que la del resto de los individuos.

La siguiente localidad seleccionada: Boquerón, se ubica en las cercanías del curso de agua no permanente con esa misma denominación, donde se localizó otro rodal suficientemente añoso para nuestros intereses. En un principio se pensó aunar las muestras extraídas en este lugar con las de la localidad anterior en la elaboración de una única cronología local, dada su proximidad geográfica. Sin embargo, sus condiciones ambientales diferenciales (que también fueron expresadas durante el proceso de sincronización de las secuencias de crecimiento) nos decidieron a considerarla una única localidad, a pesar del relativamente escaso número de muestras extraídas. Fundamentalmente, las características del sustrato —con suelos bastante profundos y frescos— y la elevada densidad de pies, junto a una buena regeneración, constituyen los aspectos en los que se observa una marcada diferencia con los observados en la localidad anterior. En cuanto a la dendrometría de los individuos, ésta resulta bastante homogénea, con un diámetro medio de fuste próximo a los 90 cm y altura media que se sitúa en torno a los 20 m.

Por otra parte, los muestreos realizados en los pinares aclarados que, junto a otras especies (*Juniperus thurifera*, *Quercus faginea*, *Buxus sempervirens*, *Aemilanchier vulgaris* o *Berberis hispanica*), que sitúan en elevadas pendientes de orientación Sur o Sureste, con suelo casi esquelético, tanto en las laderas que vierten al Júcar (en las proximidades del pantano de la Toba), como en las de otros

afluentes subsidiarios que discurren por las sierras de la Madera y del Agua, se han agrupado en la localidad de Torreton. A pesar de sus diferencias altitudinales y la relativa distancia que separa las distintas zonas muestreadas, todos los individuos se ubican en el área que ocupa la serie supra-mesomediterránea castellano-alcarreño-manchega basófila del quejigo (Rivas-Martínez, 1987).

Las mediciones dendrométricas efectuadas ofrecen datos heterogéneos, con DBH entre 40 y 100 cm y media próxima a 75 cm, mientras que la altura resulta más elevada en aquellos pies que se sitúan a menor altitud –cercana a 20 m–, y mucho menor –10 m– entre los que constituyen el límite altitudinal superior de la masa forestal; dicha heterogeneidad también queda reflejada en los portes, que van desde los muy regulares hasta los achaparrados y «en bandera».

En el área se han localizado los pies de pino negral más longevos del conjunto de las localidades muestreadas, cuya edad media supera los 400 años. Entre otras razones, posiblemente las dificultades de acceso (pues se sitúan generalmente en pendientes muy pronunciadas) hayan permitido la supervivencia de estos ejemplares de avanzada edad, cuyo aspecto además es bastante saludable.

Finalmente, en la localidad denominada Tajo, se han incluido las muestras procedentes de diversas áreas muy próximas entre sí y que tienen como denominador común su ubicación en los tramos superiores de las vertientes orientales conguenses del río Tajo, entre 1.700-1.800 m y cerca del límite con la provincia de Guadalajara. En el área la especie dominante es el pino silvestre, mientras que el negral ocupa los enclaves más rocosos. Según Rivas-Martínez (1987) el área se incluiría en el piso oromediterráneo, ocupado por la serie oromediterránea maestracense basófila de la sabina rastrera.

Los ejemplares muestreados son homogéneos en cuanto a su perímetro basal, cuya media se acerca a los 70 cm; siendo por el contrario más diversos en altura y porte, que van desde mínimas de 5 m y portes achaparrados, a máximas de 18 m y conformación de la copa relativamente regular.

RESULTADOS Y DISCUSION

Se han elaborado un total de 10 cronologías en tres ámbitos geográficos; de uno de ellos –ubicado en la vertiente meridional de la Sierra del Valle– no existía hasta el momento información de carácter dendrocronológico, mientras que en las otras dos áreas se han superado ampliamente las longitudes de las cronologías regionales publicadas hasta la fecha (Richter, 1988), especialmente en la Serranía de Cuenca, cuya máxima longitud supera los 500 años de edad. Sólo conocemos cronologías más largas de la península Ibérica en la Sierra de Cazorla y en Pirineos (Creus *et al.*, 1992). En las Figuras 4, 5 y 6 se han representado gráficamente las cronologías de cada una de las localidades, aunque para facilitar su comparación visual sólo incluyen el período común que cubren en cada uno de los ámbitos.

Los parámetros estadísticos que comúnmente se aplican a las series de crecimiento individuales (sensibilidad media, desviación estándar y autocorrelación de primer orden) pueden emplearse también para analizar las cronologías o series medias por localidad, con el objeto de interpretar las características más generales de las fluctuaciones del crecimiento, una vez eliminadas las tendencias por causa de la edad y la variabilidad individual de carácter microambiental o endógena. Los valores de dichos parámetros para cada una de las cronologías locales se presentan conjuntamente en la Tabla 2, además del período que cubre cada cronología y el número de series e individuos que la integran.

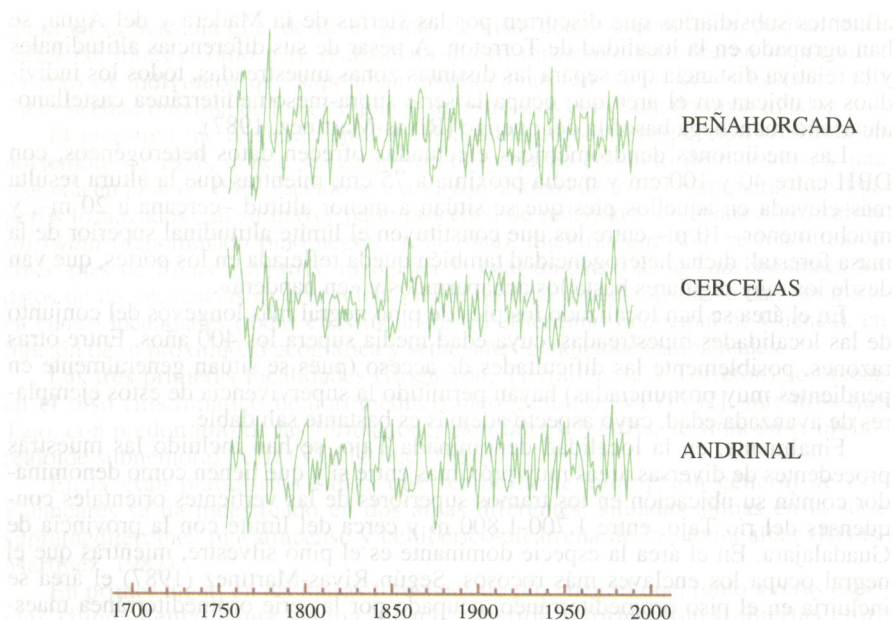


Fig. 4.—Representación gráfica de las cronologías de la Sierra de Gredos (1754-1988)
Graphics display of the Sierra de Gredos chronologies (1754-1988)

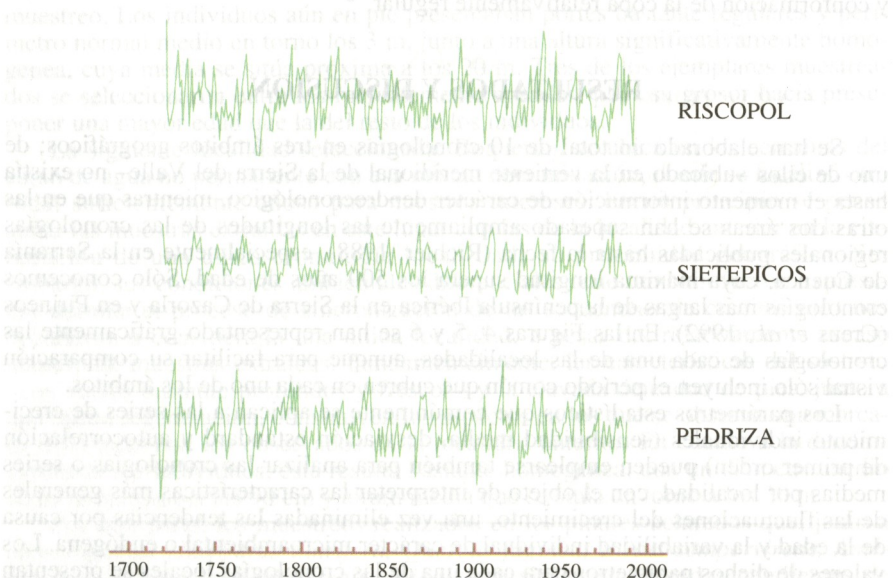


Fig. 5.—Representación gráfica de las cronologías de la Sierra de Guadarrama (1715-1988)
Graphics display of the Sierra de Guadarrama chronologies (1715-1988)

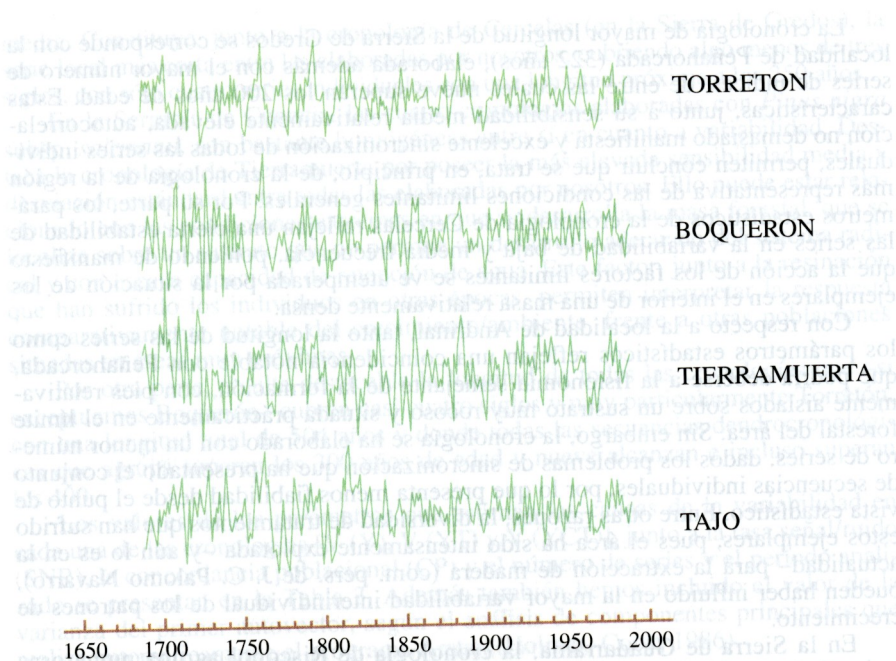


Fig. 6.—Representación gráfica de las cronologías de la Serranía de Cuenca (1688-1988)
Graphics display of the Serranía de Cuenca chronologies (1688-1988)

TABLA 2
CARACTERÍSTICAS GENERALES DE LAS CRONOLOGÍAS
General characteristics of the chronologies

Localidad	Período	N _i	N _s	SM	DS	AU
Peñahorcada	1667-1988	9	17	0,222	0,257	0,440
Cercelas	1754-1991	7	14	0,181	0,226	0,542
Andrinal	1687-1989	6	12	0,221	0,260	0,472
Riscopól	1523-1988	12	24	0,207	0,229	0,353
Pedriza	1715-1988	7	14	0,186	0,205	0,373
Siete Picos	1527-1988	11	22	0,139	0,154	0,250
Torretón	1485-1988	9	17	0,194	0,260	0,483
Boquerón	1688-1988	6	12	0,210	0,245	0,429
Tierramuerta	1615-1988	9	17	0,233	0,285	0,500
Tajo	1610-1988	9	16	0,191	0,246	0,546

N_i = Número de individuos.

N_s = Número de series dendrocronológicas.

SM = Sensibilidad media.

DS = Desviación estándar.

AU = Autocorrelación.

La cronología de mayor longitud de la Sierra de Gredos se corresponde con la localidad de Peñahorcada (322 años), elaborada además con el mayor número de series de índices, de entre las cuales nueve superan los 200 años de edad. Estas características, junto a su sensibilidad media relativamente elevada, autocorrelación no demasiado manifiesta y excelente sincronización de todas las series individuales, permiten concluir que se trata, en principio, de la cronología de la región más representativa de las condiciones limitantes generales. Por su parte, los parámetros estadísticos de la cronología de Cercelas reflejan una cierta estabilidad de las series en la variabilidad de baja y media frecuencia, poniendo de manifiesto que la acción de los factores limitantes se ve atemperada por la situación de los ejemplares en el interior de una masa relativamente densa.

Con respecto a la localidad de Andrinal, tanto la longitud de las series como los parámetros estadísticos reflejan una coincidencia notable con Peñahorcada, que podría deberse a la fisionomía semejante de la formación, con pies relativamente aislados sobre un sustrato muy rocoso y situada prácticamente en el límite forestal del área. Sin embargo, la cronología se ha elaborado con un menor número de series, dados los problemas de sincronización que ha presentado el conjunto de secuencias individuales, por lo que presenta menos fiabilidad desde el punto de vista estadístico. Entre otras razones, la diversidad de tratamientos que han sufrido estos ejemplares, pues el área ha sido intensamente explotada –y aún lo es en la actualidad– para la extracción de madera (com. pers. de J. C. Palomo Navarro), pueden haber influido en la mayor variabilidad interindividual de los patrones de crecimiento.

En la Sierra de Guadarrama, la cronología de Riscopopol agrupa numerosas series de longevidad media, aunque dos individuos superan los 350 años de edad, lo cual ha permitido extenderlas entre 1523-1988. En general, se ha observado una vitalidad muy reducida (especialmente a partir de la década de los 50 del presente siglo) en gran parte de los ejemplares muestreados, sobre todo en los más añosos. En varios casos no se ha completado el crecimiento en todo el perímetro basal del tronco (anillos discontinuos), anomalía característica de individuos mucho más longevos o sometidos a condiciones ambientales excesivamente limitantes. Hasta el momento no tenemos una interpretación determinante para este hecho que, en cualquier caso, no se corresponde del todo con el declive causado por la edad de los individuos, pues *Pinus nigra* subsp. *salzmanii* puede alcanzar, al menos en la península Ibérica, hasta 900 años de edad (Creus *et al.*, 1992). Posiblemente el reducido volumen de la copa (no causado por competencia actual, pues los pies se encuentran muy separados unos de otros, y si quizás por los intensos vientos característicos del área en que habitan), pueda contribuir al escaso y desigual crecimiento en grosor observado en los últimos períodos de este siglo.

La cronología de Siete Picos se sitúa entre las de mayor longitud, en las zonas estudiadas por nosotros, y resulta hasta el momento la más larga de nuestro país para *Pinus sylvestris*. Más de la mitad de las secuencias dendrocronológicas superan los 300 años de edad y 5 alcanzan edades superiores a los 400. Por otra parte, los parámetros MS y DS presentan valores mínimos, hecho relacionado con la escasa variabilidad general y común de las secuencias dendrocronológicas individuales y su problemática sincronización, aspecto que se ha puesto de manifiesto especialmente a través de la aplicación del programa COFECHA, donde se observa la menor intercorrelación de todas las localidades muestreadas, aunque en cualquier caso supera ampliamente el nivel crítico.

La cronología de Pedriza representa también una población con escasa variabilidad común y los parámetros estadísticos muestran valores algo menores que la

media. Constituye, junto a la cronología de Cercelas (en la Sierra de Gredos), la serie local más corta entre las elaboradas por nosotros, cubriendo algo menos de tres siglos, con sólo cuatro series individuales con una longitud próxima a los 250 años.

En la Serranía de Cuencia, las cuatro cronologías elaboradas con *Pinus nigra* subsp. *salzmanii*, son bastante homogéneas entre sí en cuanto a variabilidad. Destaca la cronología de Tierramuerta por poseer la más elevada sensibilidad media y desviación estándar entre todas las elaboradas por nosotros. Ello puede estar relacionado con las condiciones extremas en que se desarrolla la masa forestal, que se localiza sobre un sustrato que no permite un desarrollo adecuado del sistema radical y con escasa capacidad de retención de agua. Este factor, junto a la resinación que han sufrido los individuos en otras épocas, permiten interpretar la respuesta comparativamente notable del crecimiento/ambiente, frente a otras poblaciones situadas en áreas muy próximas.

Por otra parte, resulta destacable la longitud de todas las cronologías que —si exceptuamos Boquerón— cubren casi cuatro siglos y muy particularmente Torretón, con una longitud total de 504 años y donde todas las secuencias dendrocronológicas que agrupa superan los 300 años de edad y nueve alcanzan e incluso superan los 400.

Los valores de los parámetros que estiman las causas de la variabilidad en cada una de las cronologías [$V(Y)$, $V(YT)$ y $V(YCT)$], junto a la tasa señal/ruido (SNR), la concordancia poblacional (CP) y el número de series y el período analizado se presentan en la Tabla 3. Además también hemos incluido el valor de la varianza del primer autovector, según el análisis de componentes principales que realiza automáticamente el programa Arstan (Holmes, Cook, 1986).

TABLA 3
ESTIMACION DE LA VARIABILIDAD EN LAS CRONOLOGIAS
Estimation of the variability in the chronologies

Localidad	Período	N	V [Y]	V [YT]	V [YCT]	SNR	CP	Varianza 1. ^{er} autovector
Riscopól	1800-1947	19	0,408	0,427	0,663	6,201	0,861	47,03%
Siete Picos	1852-1950	22	0,362	0,373	0,609	6,230	0,862	41,12%
Pedrizá	1837-1988	10	0,317	0,337	0,537	2,785	0,736	40,86%
Peñahorcada	1881-1987	17	0,410	0,419	0,561	6,250	0,862	45,57%
Cercelas	1863-1986	14	0,361	0,377	0,567	3,955	0,798	42,48%
Andrinal	1830-1989	12	0,335	0,363	0,641	3,023	0,751	42,47%
Tierramuerta	1833-1986	15	0,464	0,472	0,590	6,920	0,874	51,32%
Boquerón	1789-1988	12	0,404	0,416	0,536	4,065	0,803	47,38%
Torretón	1633-1985	16	0,374	0,388	0,609	5,377	0,843	42,81%
Tajo	1847-1988	15	0,360	0,373	0,554	4,504	0,818	41,80%

N = Número de series.

V [Y] = Componente común de variabilidad entre todas las series.

V [YT] = Variabilidad común entre series de índices de un mismo individuo.

V [YCT] = Variabilidad de las series individuales.

SNR = Tasa señal/ruido.

CP = Concordancia poblacional.

La señal común de las cronologías [V (Y)] presenta valores que oscilan entre 0,317 para Pedriza y 0,464 en Tierramuerta, cronologías que poseen, respectivamente, la menor y mayor variabilidad en común en el conjunto de las series. Estos datos confirman los resultados obtenidos en el análisis de la sincronización de las series individuales.

Junto a Tierramuerta, otras tres cronologías (Peñahorcada, Riscopól y Boqueron) poseen una señal común significativamente alta y presentan, asimismo, una elevada varianza del primer autovector, indicando una clara correspondencia entre las fluctuaciones de los índices dendrocronológicos y un determinado factor, posiblemente de carácter macroclimático.

Por otra parte, los coeficientes SNR y CP, relacionados tanto con el valor de la señal común como con el número de secuencias dendrocronológicas individuales analizadas, indican que las cronologías citadas anteriormente —a las que se puede sumar Siete Picos—, están elaboradas con el número suficiente de series para ser estimadores muy adecuados de la población en el período considerado. Nuestros resultados no se han podido comparar con los obtenidos por otros autores en España, pues la metodología de análisis empleada es la primera vez que se aplica en este país.

Finalmente queremos destacar la elevada coincidencia estadística y gráfica entre las diferentes cronologías locales de *Pinus nigra* subsp. *salzmanii* situadas en el Sistema Central y en la Serranía de Cuenca; los valores medios de T, W y Correlación se exponen a continuación:

	T	W	Correlación
Sistema Central	9,70	68,26	0,44
Serranía Cuenca	9,93	69,20	0,57

Sin embargo, en nuestras cronologías de *Pinus sylvestris* los valores son menos significativos y ponen de manifiesto las diferencias de respuesta en el crecimiento entre dos especies forestales frente al mismo macroclima general. En el caso concreto de Siete Picos es imprescindible señalar que las características de la población, que se ubica en la vertiente septentrional y constituye masas densas, inciden en que el crecimiento se encuentre en menor medida limitado por el clima, gracias a la amortiguación creada por las condiciones nemorales.

En cuanto al coeficiente de coincidencia, nuestras cronologías de *Pinus nigra* subsp. *salzmanii* superan ampliamente los datos ofrecidos sobre *Pinus uncinata* por Bräker y Schweingruber en 1984 para los Pirineos (62,2) y por Génova en 1988 para el Pirineo y el Sistema Ibérico septentrional (67,3); este último autor presenta un valor medio de T = 6 para la misma área. Por su parte, Richter en 1988 obtiene resultados semejantes a los nuestros en la Sierra de Guadarrama con *Pinus sylvestris* (T = 9,05 y W = 68,6) e inferiores en la Serranía de Cuenca (T = 7,8 y W = 65,9) con *Pinus nigra* subsp. *salzmanii*.

Desafortunadamente, la fuente básica de datos dendrocronológicos, ejemplarizada en estos gigantescos y —sobre todo— vetustos ejemplares arbóreos, es cada vez más escasa en nuestros montes por razones de todos conocidas. Por ello, no queremos finalizar este trabajo sin aportar nuestro grano de arena en favor de la conservación y protección, no sólo de determinados individuos en función de su valía científica, sino también de su entorno ecológico. Razones de otra índole relacionadas, por ejemplo, con la diversidad de los ecosistemas por los numerosos nichos que crean o mantienen o simplemente de carácter estético constituyen otros argumentos para su conservación.

¿Cuántos edificios históricos, obras de arte e, incluso, objetos de uso cotidiano con menor edad que estos ejemplares son apreciados y protegidos para evitar su destrucción? Quizás sea conveniente plantear razones de este calibre a nuestros gestores, ya que su relativa rentabilidad directa u otro tipo de acciones de protección del monte (en enclaves de mínimas superficies y con escasa incidencia general) han finalizado con la vida de algunos de estos verdaderos monumentos de la vida vegetal y del patrimonio natural español.

CONCLUSIONES

La sincronización es el proceso fundamental en los estudios dendrocronológicos y requiere un estudio en profundidad de las secuencias de anillos de crecimiento a través de distintos métodos cualitativos y cuantitativos empleados simultáneamente, aunque el análisis gráfico resulta siempre el más decisivo.

Se ha comprobado una elevada sincronización (y, por tanto, coincidencia en la variabilidad anual) entre las cronologías de *Pinus nigra* subsp. *salzmanii*, incluso entre las procedentes de localidades muy alejadas, mientras que las series de crecimiento de *Pinus sylvestris* son mucho más heterogéneas. Así, al menos en las localidades muestreadas, se han puesto de manifiesto diferencias en la respuesta de ambos táxones frente al mismo macroclima general, que aunque pueden estar causadas por factores microambientales, también podrían deberse a factores de origen endógeno.

Finalmente, tras la aplicación de los métodos estadísticos más modernos al análisis de las cronologías, se estima que cuatro de ellas poseen una señal común significativamente elevada y que además resultan representativas del total de la población.

AGRADECIMIENTOS

- A Almudena Pérez Antelo, por su ayuda en la recolección de las muestras.
- A Inmaculada Bonilla y a Javier Gómez Limón por sus indicaciones en cuanto a la localización de ejemplares añosos.
- Al Servicio Forestal de la provincia de Cuenca y, muy especialmente, a los agentes forestales que nos acompañaron y ayudaron en la recogida de muestras.
- A Fernando Gómez Manzanque, por la elaboración de las tablas.

SUMMARY

Analysis of ten tree-ring chronology in the Iberian Mediterranean Area

A detailed study of ten chronologies elaborated from tree-rings of *Pinus nigra* subsp. *salzmanii* (Dunal) Franco and *Pinus sylvestris* L. from the Spanish Sistema Central and Serranía de Cuenca is presented. The results have permitted the analysis of the oldest tree-rings in these areas, with longevity over 450 years. From the statistical values used we can conclude that five chronologies are adequate samples of forest population; whereas four of them have a high common signal.

KEY WORDS:

Dendrochronology
Tree-rings
Pinus nigra subsp. *salzmanii* (Dunal) Franco
Pinus sylvestris L.
Spanish Sistema Central
Serranía de Cuenca

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- ALLUE ANDRADE J. L., 1990. Atlas Fitoclimático de España. Taxonomías. MAPA. INIA. Colección Monografías INIA, n.º 69. Madrid.
- ANIOL R., 1983. Tree-ring Analysis using Catras. *Dendrochronologia*, 1: 45-53.
- ANIOL R., 1987. A New Device of Computer Assisted Measurements of Tree-Ring Widths. *Dendrochronologia*, 5: 135-141.
- BAUER E., 1980. Los Montes de España en la Historia. Ministerio de Agricultura. Madrid.
- BELLOT F. *et al.*, 1982. Mapa de vegetación de la provincia de Cuenca. Excmo. Diputación Provincial de Cuenca.
- BLASING T., DUVICK D., 1983. Filtering the Effects of Competition from Ring-Width Series. *Tree-Ring Bulletin*, 43: 19-30.
- BRAKER O., SCHWEINGRUBER F., 1984. Standors chronologies. Teil 1: Iberische Halbinse. Publikation der Eidg. Forstl. Vers. Anst. Birmensdorf.
- BRIFFA K., JONES P., 1990. Basic Chronology Statistics and Assesment en Methods of Dendrochronology, Cook E. y Kairiukstis L. (eds.). Kluwer Academic Publishers. Dordrecht, Boston, London.
- COOK E., PETERS K., 1981. The smoothing spline: A new approach to standardizing forest interior tree-ring width series for dendroclimatic studies. *Tree-Ring Bulletin* 41: 45-54.
- COOK E., 1990. A Conceptual Linear Aggregate Model for Tree Rings en Methods of Dendrochronology, Cook E. y Kairiukstis L. (eds.). Kluwer Academic Publishers. Dordrecht, Boston, London.
- COOK E., BRIFFA K., SHIYATOV S., MAZEPA V., 1990 a. Tree-Ring Standardization and Growth-Trend Estimation en Methods of Dendrochronology, Cook E. y Kairiukstis L. (eds.). Kluwer Academic Publishers. Dordrecht, Boston, London.
- COOK E., SHIYATOV S., MAZEPA V., 1990 b. Estimation of the Mean Chronology en Methods of Dendrochronology, Cook E. y Kairiukstis L. (eds.). Kluwer Academic Publishers. Dordrecht, Boston, London.
- CREUS J., GENOVA M. M., FERNANDEZ CANCIO A., PEREZ ANTELO A., 1992. New dendrochronologies for Spanish Mediterranean Zone. *Lundqua Report* 34: 76-78.
- CREUS J., FERNANDEZ CANCIO A., 1992. Cuantificación del clima del pasado a partir de series dendrocronológicas. Síntesis metodológica. *Actas del 5.º Coloquio de Geografía Cuantitativa*: 393-407. Universidad de Zaragoza.
- FRITTS H., 1976. *Tree Rings and Climate*. Academic Press. London, New York, San Francisco.
- FRITTS H., SWETNAM T., 1986. *Dendroecology: A Tool for Evaluating Variations in Past and Present Forest Environments*. Laboratory of Tree-Ring Research. Tucson, Arizona, USA.
- GENOVA M. M., GOMEZ MANZANEQUE F., REGATO P., 1988. Sobre los pinares relictos de la Sierra de Gredos (Ávila). *Actes del Simposi Internacional de Botànica Pius Font i Quer*. Vol. II. *Fanerogàmia*: 439-442.
- GENOVA R., 1988. Comparación de tres series dendrocronológicas del Valle de Conangles (Pirineo Central). *Orsis* 3: 105-120.
- GRAYBILL D., 1982. *Chronology Development and Analysis en Climate from Tree-Rings*, Hughes M., Kelly P., Pilcher J., Lamarche V. (eds.). Cambridge University Press. Cambridge.
- GUIOT J., BERGER A., MUNAUT A., TILL C., 1982. Some new mathematical procedures in dendroclimatology with examples from Switzerland and Morocco. *Tree-Ring Bulletin* 42: 33-48.
- HOLMES R., 1986. *Dendrochronology Program Library. Guide for computer program COFECHA*. Laboratory of Tree-Ring Research, University of Arizona, USA.
- HOLMES R., COOK E., 1986. *Dendrochronology Program Library. Guide for computer program ARSTAN*. Laboratory of Tree-Ring Research, University of Arizona, USA.
- PHIPPS R., 1985. *Collecting, Preparing, Crossdating, and Measuring Tree Increment Cores*. U.S. Geological Survey. Washington DC, USA.
- PILCHER J., 1990. Sample Preparation, Cross-dating and Measurement en Methods of Dendrochronology, Cook E. y Kairiukstis L. (eds.). Kluwer Academic Publishers. Dordrecht, Boston, London.
- POLGE H., 1971. Quelques conseils pratiques pour l'entretien et l'utilisation des Tarières de Pressler. *Revue Forestière Française*, 23 (2): 251-261.
- REGATO P., GENOVA M. M., GOMEZ MANZANEQUE F., 1992. Las representaciones relictas de *Pinus nigra* Arnold. en el Sistema Central Español. *Bol. R. Soc. Esp. Hist. Nat. (Sec. Biol.)*, 88 (1-4), 63-71.
- RICHTER C., 1988. Dendrochronologische und dendroklimatologische untersuchungen an keifern (*Pinus* sp.) in Spanien. *Fachbe Reichsbiologie der Unigversität Hamburg*.
- RIVAS-MARTINEZ S., 1987. Memoria del Mapa de Series de Vegetación de España. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. Madrid.
- WIGLEY T., BRIFFA K., JONES P., 1984. On the Average Value of Correlated Time Series, with Applications in Dendroclimatology and Hydrometeorology. *Journal of Climate and Applied Meteorology*, 23: 201-213.