

Climatología histórica y dendrocronología de *Pinus Uncinata* Ramond

JOSÉ CREUS * y JUAN PUIGDEFÁBREGAS **

INTRODUCCIÓN

En las regiones templadas, casi todos los vegetales leñosos forman cada año una capa de madera bien definida y de forma concéntrica a las capas formadas en años anteriores, denominada anillo de crecimiento. Este anillo es el resultado del funcionamiento de un meristema lateral, o cámbium, situado entre el xilema o madera y el floema o líber. En él suelen distinguirse dos partes: una clara, o madera inicial, constituida por células grandes y otra oscura y densa integrada por células pequeñas más lignificadas y compactas. La primera se debe al crecimiento primaveral y depende mucho de las reservas acumuladas el año anterior, la segunda constituye el crecimiento tardío o estival y depende esencialmente de la fotosíntesis que tiene lugar durante este período (KOZŁOWSKI, T. 1962, MIKOLA, P. 1962).

El espesor de los anillos de crecimiento, es decir, la distancia comprendida entre el límite externo de una madera final y el límite externo de la madera final siguiente, varía de un año a otro. El estudio de esta variación y la investigación de sus causas constituye el objeto de la dendrocronología (FERGUSON, C. W. 1970), ciencia relativamente reciente, iniciada por el astrónomo americano DOUGLAS, A. E. a principios de este siglo.

Se ha comprobado que una parte importante de la variabilidad de los anillos de crecimiento se debe a variaciones climáticas. Por ello se han realizado numerosos trabajos (HUBER, B. 1941, FRITTS, H. C. 1965, SCHULMAN, E. 1956, LUCK, H. B. 1966, PONS, A. 1966, SERRE, F. 1973,

* INSTITUTO DE ESTUDIOS PIRENAICOS. Jaca (Huesca).

** CENTRO PIRENAICO DE BIOLOGÍA EXPERIMENTAL. Jaca (Huesca).

etcétera) intentando establecer la respuesta de distintas especies a las variaciones climáticas y reconstruir la evolución del clima a lo largo del tiempo. Tales investigaciones han dado lugar a una nueva disciplina: la dendroclimatología.

Dada la ausencia de bibliografía española sobre este tema, nuestro trabajo pretende publicar una primera serie dendrocronológica en España, reconstruir en lo posible el clima de los tres últimos siglos en una localidad y estudiar las respuestas a las variaciones climáticas de una especie poco conocida como *Pinus uncinata* Ramond.

OBTENCIÓN DE LAS MUESTRAS Y MEDIDAS EFECTUADAS

Hemos seleccionado la región de Larra, en el alto Roncal (Pirineo Navarro), porque reúne características adecuadas para este tipo de estudios: su naturaleza kárstica y suelos esqueléticos dificultan el desarrollo de capas freáticas superficiales que atenúen los efectos de períodos de sequía. Debido a su altitud, superior a 1.800 m. s/M, las poblaciones arbóreas que alberga constituyen el límite forestal superior. Presentan una distribución dispersa sin llegar a formar bosques cerrados y pueden suponerse sujetas a variaciones importantes de factores climáticos que, como la temperatura, se encuentran en niveles críticos. Estas condiciones de relieve y litología favorecen la persistencia de un ambiente oromediterráneo que permite la existencia de comunidades de *Pinus uncinata* en el límite occidental de su área de distribución. La naturaleza poco accesible del territorio y el escaso valor comercial de los árboles, con fustes tortuosos, han permitido la supervivencia de numerosos ejemplares hasta edades avanzadas, que en ocasiones superan los 300 años.

En la primera quincena de junio de 1975 seleccionamos 11 árboles, situados a 1.800 m. s/M, localizados en crestones o paredes rocosas, alejados de dolinas y depresiones, a fin de conseguir series con la menor inercia posible y poco dependientes de la regulación del sustrato. El número de ejemplares parece suficiente para obtener una muestra representativa, a juzgar por los trabajos de otros autores (FRITTS, H. C. 1965).

En cada ejemplar y a 130 cm. del suelo se extrajo, con una barrena Pressler, un rodillo de madera en la cara norte del fuste y otro en la cara sur. Los rodillos colectados se colocaron en soportes especiales de madera, provistos de una hendidura adaptada al diámetro de aquéllos y se dejaron secar al aire. Una vez secos, se pulieron con lijas de grano sucesivamente más fino, hasta conseguir una superficie lo bastante lisa para permitir la observación con lupa binocular.

La datación absoluta de los anillos de cada rodillo no puede hacerse

directamente, ya que pueden existir anillos dobles, múltiples o incluso ausentes. Este fenómeno puede ser debido a una detención momentánea del crecimiento en plena estación vegetativa, seguido de una reanudación del mismo, lo que da lugar a un falso o doble anillo. También puede suceder que un anillo muy delgado, formado casi exclusivamente por madera final, aparezca íntimamente unido a la madera final del año anterior, lo que produce la impresión de un anillo ausente (SCHULMAN, E. 1956).

Para descubrir estas anomalías se realiza una datación relativa mediante la técnica llamada de interdatación (cross dating). La operación consiste en localizar en cada uno de los rodillos de un mismo individuo, y posteriormente de todos los individuos de la muestra, las series de anillos parecidos; es decir, las que presentan con el mismo ritmo las mismas variaciones de espesor en sus anillos. Ello descansa en la hipótesis de que, en un lugar dado, y a lo largo de los años, los individuos de una misma especie reaccionan de modo similar a los mismos factores y manifiestan estas reacciones de la misma forma en sus tejidos (SCHULMAN, E., 1956). Practicada esta datación relativa y descubiertas las anomalías, es posible conseguir una datación absoluta de los anillos de cada rodillo. Una vez datados, se midieron con un aumento de X80 apreciando hasta 0,02 mm.

MÉTODOS ESTADÍSTICOS

Los incrementos radiales anuales de la madera no dependen sólo de factores externos climáticos o edáficos, sino también de factores internos del propio árbol, especialmente de su edad. Para comparar las series obtenidas en los distintos rodillos es pues necesario eliminar la tendencia o variación a largo plazo inducida por la edad. Es de notar que este proceder elimina también las variaciones o tendencias climáticas que operan a lo largo de toda la vida del árbol. Para conseguir este objetivo, hemos obtenido en cada rodillo una ecuación de la forma:

$$Y = a \cdot e^{-b \cdot t} + K$$

donde Y es el incremento radial anual estimado, t es el número de años transcurridos desde el primero al último o más reciente, a, b y K son constantes determinadas por ajuste de mínimos cuadrados a los datos. Esta ecuación, utilizada por otros autores para eliminar tendencias en series dendrocronológicas (STOCKTON, C. W. and FRITTS, H. C. 1971), se emplea para ponderar los incrementos anuales, transformándolos en índices I_i :

$$I_i = \frac{Y_i}{Y_i}$$

siendo Y_i el incremento observado en el año i . Con esta operación se consigue estabilizar la serie alrededor de una media de valor unidad, con una varianza homogénea.

La información que ofrece una serie de crecimientos depende de su variabilidad, siendo nula cuando todos los incrementos son iguales. Existen diversos procedimientos posibles para valorar cuantitativamente esta información vehiculada por las series (índices de diversidad, varianza, etc.). En este caso hemos utilizado el *coeficiente de sensibilidad media* (SM), con amplia tradición en las investigaciones dendrocronológicas (SCHULMAN, E. 1956):

$$SM = \frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^{n-1} \left| \frac{2 (I_{i+1} - I_i)}{(I_{i+1} + I_i)} \right|$$

donde I_i es el índice de crecimiento para el año i , y n es el número de años del período para el cual se calcula el índice.

De los 11 árboles iniciales, hemos eliminado tres por presentar un coeficiente de sensibilidad más bajo que los demás, o por no alcanzar una edad lo bastante alta. Los 8 árboles retenidos sobrepasaban todos los 150 años, 5 de ellos tenían más de 200 años y 4 superaban los 250 años. Con ellos hemos confeccionado una serie única para la localidad, promediando año por año los índices de crecimiento correspondientes a los rodillos. Esta serie que comienza en 1719 y termina en 1968 se representa en la tabla 1 y en la figura 1.

Los últimos 6 años —que van de 1969 a 1974— no se han incluido porque en ellos dos de los árboles presentaban crecimientos anormalmente elevados. Estos dos árboles se hallan localizados cerca de la carretera que cruza la frontera y puede suponerse que sus anomalías se deben a las alteraciones provocadas por la apertura de la misma, precisamente en esas fechas.

La tabla 2 muestra los valores de los coeficientes de sensibilidad media y los crecimientos anuales brutos (CA) en los distintos radios u orientaciones de cada individuo, de la serie promedia de dos radios por individuo y de la serie final, promedio de todos los rodillos. Puede observarse que el coeficiente de sensibilidad no es muy alto, apenas sobrepasa el valor de 0,3 para algunos rodillos. En otros ambientes más secos alcanza valores entre 0,5 y 0,7 (FRITTS, H. C. 1965), pero cuando la temperatura deviene un factor importante en el control del crecimiento,

como sucede en nuestro caso, la variabilidad interanual de los anillos suele ser menor (SCHULMAN, E. 1956) debido a que ésta es a su vez menos variable que la precipitación.

Puede observarse también que con la edad de los árboles aumenta el coeficiente de sensibilidad y disminuye el espesor del crecimiento anual. La relación entre ambos no es tan fuerte como la indicada por otros autores (SCHULMAN, E. 1956); el coeficiente de correlación alcanza sólo el valor de $-0,376$. En general tanto SM como los incrementos anuales son mayores en la cara norte que en la cara sur del fuste.

Si existen factores generales de tipo regional que controlan los crecimientos radiales, las pautas de las series individuales serán coincidentes y los máximos y mínimos tenderán a ocurrir en los mismos años para todos los rodillos. Si por el contrario el crecimiento es aleatorio, o depende de factores estrictamente locales, las coincidencias serán del mismo orden de las existentes entre series aleatorias.

Un crecimiento para valorar esta coincidencia de pautas y por tanto de la influencia de un complejo de factores externos generales es el llamado «cross dating» o coeficiente de interdatación (CI). Este coeficiente se calcula mediante el cociente entre el promedio de las SM de todos los rodillos y la SM del grupo o serie final promedia. En el caso de series

aleatorias, este cociente es menor de $\frac{1}{\sqrt{n}}$, siendo n el número de series utilizadas (SCHULMAN, E. 1956). En la tabla 2 se presentan los coeficientes de interdatación por períodos de 50 años, mostrando un valor

alrededor de 0,7, bastante estable en el tiempo y superior a $\frac{1}{\sqrt{8}} = 0,35$,

indicando que las series individuales tienden a variar juntas, mostrando pautas comunes que pueden considerarse gobernadas por factores externos.

RELACIÓN ENTRE LOS CRECIMIENTOS RADIALES Y LOS FACTORES CLIMÁTICOS

Hemos intentado buscar relaciones entre los factores climáticos y esas pautas comunes exhibidas por las series. Desgraciadamente no existen observaciones meteorológicas de longitud aceptable en la localidad estudiada. Por ello nos hemos visto obligados a utilizar los datos de la estación de Candanchú, situada a 1.620 m s/M a unos 20 Km. al este de Larra, pero en condiciones bastante similares por su exposición al flujo de aire atlántico. La estación posee datos desde 1952 y, por tanto, para nuestros fines, podemos disponer de una serie de 17 años. A continuación

se presentan los promedios mensuales de precipitación y temperaturas, que pueden dar una idea de las condiciones reinantes en la región estudiada, aunque en ella la oceanidad es sin duda más acentuada.

Valores medios de P (precipitación), T (temperatura media), M (media de las máximas) y m (media de las mínimas) en Candanchú

	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Anual
P	148	135	115	157	176	162	103	117	167	176	176	190	: 1.823
T	-1,5	-2,0	1,1	2,9	6,8	10,0	13,7	13,5	10,8	6,9	3,2	-0,6	: 5,4
M	2,0	1,4	4,6	6,6	10,8	14,5	18,6	18,5	15,1	10,7	5,2	2,4	: 9,2
m	-5,0	-5,5	-2,4	-0,8	2,8	5,6	8,8	8,5	6,6	3,1	1,2	-3,6	: 1,6

Al disponer de una serie tan corta, proveniente de una estación relativamente alejada, hemos creído suficiente examinar las relaciones entre las variables climáticas y los índices de crecimiento de la serie promedio mediante correlaciones simples. La tabla 3 presenta los coeficientes de correlación de precipitaciones y temperaturas que tienen lugar en varios período del año con los índices de crecimiento correspondientes. Puede observarse que la influencia de la temperatura queda muy desdibujada si sólo se consideran las temperaturas medias (índices de correlación bajos), revelándose mejor el papel del régimen térmico cuando se consideran las temperaturas extremas.

Las únicas variables relacionadas significativamente con el crecimiento son: la precipitación en Julio, la temperatura mínima primaveral (Abril-Mayo) y la temperatura máxima del verano tardío (Agosto-Septiembre), esta última mostrando una correlación negativa. Es de notar la correlación relativamente elevada que presentan estas variables cuando ocurren en el año anterior al crecimiento, sobre todo las que se refieren a la época estival. Esto es debido a que a finales de verano se ha realizado ya la mayor parte del crecimiento, y por tanto los fenómenos climáticos que ocurran en este período tendrán más influencia en el crecimiento del año siguiente que en el actual.

Para valorar la importancia relativa de cada una de estas tres variables interviniendo juntas en la determinación del crecimiento, hemos realizado una correlación múltiple, calculando los coeficientes de correlación parciales que se indican en la tabla 3. La precipitación en julio y la temperatura máxima estival tienen una importancia similar, mientras que la temperatura mínima primaveral se sitúa en tercer lugar. Las tres variables juntas explican un 75 % de la varianza exhibida por los crecimientos.

La importancia de la precipitación en julio se justifica porque, precisamente en este mes, suele producirse la única punta de sequía en los ambientes cantábricos. La temperatura máxima estival excesivamente elevada afecta de forma negativa a la producción de madera, probablemente por favorecer más a la respiración que a la fotosíntesis, sobre todo a una especie como al pino negro adaptada a la alta montaña. La temperatura mínima primaveral no excesivamente baja favorece la pronta iniciación de la actividad vegetativa, y por tanto contribuye positivamente a la mayor producción anual neta.

Las condiciones de tipo oceánico durante la época vegetativa (veranos frescos y húmedos con primaveras templadas) parecen pues asociadas a crecimientos fuertes. Por el contrario, las condiciones de tipo continental (veranos cálidos y secos con primaveras frías) se asocian a crecimientos mínimos.

Cabe destacar por último la correlación elevada que existe entre los crecimientos actuales y los de uno, dos y tres años anteriores. La tabla 2 muestra, sin embargo, que esta correlación es máxima al principio y final de la serie, pero desciende mucho en el período intermedio sin que sea posible, a partir de los datos existentes, ni siquiera aventurar ninguna hipótesis para explicar este fenómeno.

ANÁLISIS DENDROCLIMÁTICO DE LOS ÚLTIMOS 250 AÑOS

Para examinar las anomalías en la serie de índices de crecimiento hemos dividido ésta en períodos de 10 años, que comienzan los años 1.º y 6.º a partir de 1719. Debido al retraso en la respuesta del crecimiento frente al clima, pensamos que el intervalo de crecimientos que comienzan en los años 1.º y 6.º corresponde al clima de los decenios que comienzan los años 0 y 5.º. Para cada decenio así obtenido, solapándose en 5 años con el anterior y el posterior, se han calculado índices relativos de desviación a partir de la media del decenio menos la media general de la serie, dividiendo esta diferencia por la desviación típica de aquélla. En la tabla 4 presentamos estos índices, así como el número de años de cada decenio cuyos crecimientos se sitúan por encima de la media más la desviación o por debajo de la media menos la desviación.

El examen de la tabla muestra que los años favorables y desfavorables tienden a agruparse, de modo que, en base a las relaciones con el clima estudiadas en el anterior apartado pueden caracterizarse los siguientes períodos por orden de mayor a menor intensidad:

	Intervalo	Período de máxima intensidad
Tipo continental: veranos secos y cálidos con primaveras frías (desfavorables al crecimiento)	1874-1923	1894-1903
	1784-1867	1814-1823
	1934-1967	1959-1967
Tipo oceánico: veranos húmedos y frescos con primaveras suaves (favorables al crecimiento)	1719-1788	1729-1738
	1919-1939	1924-1933
	1859-1878	1864-1873

Aunque en principio no existen razones para suponer la existencia de tales períodos en una región mucho más extensa que el Pirineo occidental, cabe señalar la coincidencia de los principales intervalos desfavorables, alrededor de 1820 y de 1900, con los presentados por otras series europeas (HUBER, B. und TRARANDT, I. A. 1941 y LAMARCHE, C. V. and FRITTS, H. C. 1971).

Las épocas en que las altas presiones tendieron a desbordarse por el occidente europeo, bloqueando el paso de los ciclones atlánticos y favoreciendo las condiciones continentales, fueron: 1725-1750, 1810-1820, 1860-1870, 1890-1910 y 1930-1950 (LAMB, H. H. 1963 y 1969). Las tres épocas subrayadas también coinciden bastante con las detectadas en nuestra región.

El período favorable 1924-1933, observado en Larra, coincide también con el predominio en Europa de condiciones oceánicas que tuvo lugar desde principios de siglo hasta 1930 (STEINHAUSER, F. 1960 y VERYARD, R. 1963).

CONCLUSIONES

En este trabajo presentamos la primera serie dendrocronológica española. Posee una longitud de 250 años y, aunque su coeficiente de sensibilidad no es muy elevado, su coeficiente de interdatación es suficiente para suponer una respuesta uniforme de los individuos que la integran frente a factores climáticos. De éstos, los más asociados a crecimientos mínimos son: la escasez de lluvias en el mes de julio, las temperaturas máximas elevadas en la última parte del verano anterior al crecimiento y las temperaturas mínimas bajas en la primavera temprana. Tales resultados aportan una evidencia sobre el distinto comportamiento

de los árboles en el límite altitudinal del bosque a latitudes medias, respecto a los del borde septentrional de la taiga: en este último caso, las temperaturas bajas durante la época vegetativa y la escasa duración de éstos son los principales factores que limitan el crecimiento radial de la madera (MIKOLA, P. 1956 y 1962).

Los resultados obtenidos sólo permiten detectar factores climáticos relacionados con el crecimiento cuando éstos ocurren durante la época vegetativa, sin que por el momento sea posible poner de manifiesto la influencia del clima invernal. Aquellos factores pueden asociarse a un predominio de condiciones oceánicas o continentales que influyen positiva o negativamente en el crecimiento de los árboles.

El hecho de que *Pinus uncinata* Ramond sea un árbol adaptado a la alta montaña mediterránea continental y que su crecimiento se vea limitado por los factores climáticos que predominan precisamente en estos ambientes puede parecer contradictorio. Aunque podría crecer mejor en ambientes menos hostiles, el pino negro se halla relegado a las áreas donde puede competir con otras especies. Es otro ejemplo de que las especies, en el seno del ecosistema, no tienden a maximizar su producción, sino su supervivencia en el conjunto de relaciones competitivas con las demás que integran la comunidad.

El Pirineo centro occidental, área de conflicto entre las influencias cantábricas y mediterráneas continentales, constituye una región climáticamente individualizada como subcantábrica (MONTSERRAT, P. 1971) y caracterizada por la sucesión en el tiempo de períodos de una u otra influencia. Esta circunstancia produce un mosaico de vegetación con elementos ligados a cada una de ellas, que se expanden o contraen según su respectivo predominio (MONTSERRAT, P. 1971). Es de notar que las observaciones geobotánicas de este último autor en la citada publicación le indujeron a suponer un predominio oceánico entre los años 1958-1962, predominio que se reproduce en los ascensos de los índices de crecimiento (figura 1 y tabla 1). Nuestros resultados constituyen pues una aportación para mejor interpretar la dinámica de la vegetación en estos ambientes de clima fluctuante.

Cabe, por último, sugerir que los factores climáticos detectados como favorables para el crecimiento de estos pinos (veranos frescos y húmedos con primavera suaves), lo sean también para la producción de pastos estivales de montaña. Caso de confirmarse tal suposición, la serie de índices de crecimiento reproduciría de algún modo las oscilaciones en la producción forrajera de los puertos de verano.

SUMMARY

The authors present a 250 years long dendrochronology on *Pinus uncinata* Ramond in the West Pyrenees. The growth minima are associated with drought in July, high maximum temperature in the last half of summer and low minimum temperature in the early printemps. The main periods with these characteristics are shown to be 1874-1903, 1814-1923, 1959-1967. The oscillations in the growth index series are interpreted in terms of fluctuations between oceanic and continental conditions.

BIBLIOGRAFIA

- FERGUSON, C. W., 1970.—Concepts and techniques of dendrochronology. *Scientific methods in medieval archaeology*. Tucson, pp. 183-200.
- FRITS, H. C., 1965.—Tree-ring evidence for climatic changes in western North America. *Monthly Weather Review*, vol. 93, n.º 7, Washington, pp. 421-443.
- HUBER, B. und TRARANDT, I. S., 1941.—Aufbau einer mitteleuropäischen Jahrrin Chronologie. *Mitt. d. Akademie d. deutsch. Fortwiss* (1), pp. 109-125.
- KOZŁOWSKI, T. T., 1962.—Photosynthesis, climate, and tree growth. *Tree Growth*, 442 páginas, New York, pp. 149-164.
- LAMARCHE, V. C. and FRITTS, H. C., 1971.—Tree rings, glacial advance, and climate in the Alps. *Zeitschrift für Gletscherkunde und Glazialgeologie*. Bd VII, Heft 1-2, pp. 125-131.
- LAMB, H. H., 1963.—On the nature of certain climatic epochs which differed the modern (1900-39) normal. *Changes of climate*, 488 pp., U.N.E.S.C.O., París, páginas 125-146.
- LAMB, H. H., 1969.—Climatic fluctuations. *General climatology* (2), 263 pp., Amsterdam, pp. 173-244.
- MIKOLA, P., 1962.—Temperature and tree growth near the Northern Timber line. *Tree Growth*, 442 pp. New York, pp. 165-174.
- MONTERRAT, P., 1971.—El clima subcantábrico en el Pirineo occidental español. *Pirineos*, n.º 102, Jaca, pp. 5-19.
- SCHULMAN, E., 1956.—*Dendroclimatic changes in semiarid America*. Tucson, 142 pp.
- SERRE, F., LUCK, H. B. et PONS, A., 1966.—Premières recherches sur les relations entre les variations des anneaux ligneux chez *Pinus halepensis* Mill, et les variations annuelles du climat. *Ecol. Planta*, París, pp. 117-136.
- SERRE, F., 1973.—*Contribution a l'étude dendroclimatologique du Pin d'Alep (Pinus halepensis Mill)*. Thèse. Université D'Aix-Marseille, III, 244 pp.
- STEINHAUSER, F., 1960.—Sulle oscillazione climatiche in Europa. *Boll. Soc. Ital. Geof. Met.*, vol. VIII, n.º 5-6, Génova, pp. 111-122.

CLIMATOLOGÍA Y DENDROCRONOLOGÍA

STOCKTON, CH. W. and FRITTS, H., 1971.—Conditional probability of occurrence for variations in climate based on width of annual tree-rings in Arizona. *Tree-Ring Bulletin*, vol. 31, Tucson, pp. 3-24.

VERYARD, R. G., 1963.—Aperçu des études relatives aux variations climatiques intéressant la période pour laquelle on dispose d'observations météorologiques. *Changes of climate*, 488 pp., U.N.E.S.C.O., París, pp. 17-36.

Tabla 1.- Serie de índices relativos de crecimiento anual.

(1719) 0,823	(1769) 1,019	(1819) 0,925	(1869) 1,036	(1919) 0,718
0,825	0,854	0,822	0,912	0,772
0,940	0,861	0,743	1,024	0,811
0,833	1,023	0,732	0,849	0,860
0,722	0,978	0,919	0,860	0,789
0,708	0,952	0,634	0,981	0,984
0,815	1,060	0,998	1,067	1,307
0,988	1,014	0,959	0,673	1,268
1,204	1,256	1,152	0,997	1,337
1,388	0,979	1,295	1,339	1,197
<hr/>	<hr/>	<hr/>	<hr/>	<hr/>
1,002	0,925	1,062	0,814	1,147
1,347	1,077	0,882	0,669	1,388
1,118	1,063	1,063	0,778	1,305
1,334	0,677	0,704	0,911	1,297
1,289	0,936	0,827	0,823	0,961
1,272	1,144	1,053	0,836	0,811
1,111	0,879	0,820	0,859	0,651
1,364	1,086	0,612	1,064	0,845
1,486	1,046	1,029	1,028	0,871
1,330	0,850	0,996	0,812	0,776
<hr/>	<hr/>	<hr/>	<hr/>	<hr/>
1,201	0,956	0,799	1,020	0,914
1,437	0,977	0,937	0,818	0,884
1,252	1,136	1,088	0,732	0,593
1,323	0,926	1,044	0,915	0,776
0,997	0,611	0,902	1,129	0,748
1,053	0,761	0,766	0,848	0,989
1,127	0,837	0,868	0,925	0,629
1,041	0,840	1,271	0,831	0,880
1,288	0,789	0,885	0,582	0,733
1,155	0,898	0,837	0,695	0,985
<hr/>	<hr/>	<hr/>	<hr/>	<hr/>
1,040	0,823	0,735	0,601	1,040
1,075	0,919	0,856	0,723	0,715
1,052	0,953	0,733	0,712	0,874
1,101	0,969	0,912	0,638	1,187
1,104	0,670	0,909	0,679	0,976
1,209	0,766	1,039	0,794	0,800
1,021	0,873	1,021	0,929	0,964
1,158	0,899	0,853	0,665	0,728
1,266	1,126	0,851	0,826	0,653
1,112	0,858	0,799	1,017	0,911
<hr/>	<hr/>	<hr/>	<hr/>	<hr/>
1,062	0,717	0,826	1,803	0,939
0,989	0,738	0,771	0,667	0,933
0,913	0,953	0,929	0,595	1,150
1,156	0,841	0,898	0,631	0,768
0,953	0,808	0,862	0,766	0,656
0,959	0,748	1,071	0,945	0,848
0,996	0,756	1,294	0,855	0,682
0,932	0,573	1,070	0,777	0,781
1,132	0,731	1,210	0,964	0,851
(1768) 1,068	(1818) 0,854	(1868) 1,059	(1918) 0,751	(1968) 1,209

Tabla 2.- Características estadísticas de la cronología. Coeficiente de sensibilidad (SM), crecimientos anuales (CA), y coeficiente de interdatación (CI).

Nº	Edad	Cara	1719-1768		1769-1818		1819-1868		1869-1918		1919-1986	
			SM	CA	SM	CA	SM	CA	SM	CA	SM	CA
2	181	N			0,290	130,6	0,312	108,5	0,269	99,2	0,273	63,7
7	183	N			0,208	92,6	0,146	176,2	0,216	102,0	0,194	98,8
1	194	N			0,183	116,3	0,175	99,7	0,194	80,0	0,242	67,6
5	232	N	0,182	100,0	0,187	82,9	0,237	64,6	0,239	40,8	0,339	29,1
3	250	N	0,177	157,6	0,252	55,8	0,252	49,8	0,303	23,7	0,206	46,8
11	253	N	0,212	105,2	0,184	88,0	0,230	65,3	0,221	48,5	0,282	37,5
4	286	N	0,156	49,4	0,219	28,6	0,302	20,1	0,230	22,5	0,202	20,0
6	303	N	0,139	80,8	0,263	55,9	0,252	48,5	0,255	38,8	0,277	35,9
2		S			0,167	67,8	0,139	60,9	0,184	49,2	0,225	33,7
7		S			0,183	107,0	0,140	97,4	0,219	70,7	0,206	52,6
1		S			0,194	144,0	0,210	110,0	0,213	60,2	0,247	31,8
5		S	0,190	69,0	0,202	57,2	0,186	46,4	0,218	28,5	0,258	20,7
3		S	0,155	173,6	0,171	82,7	0,212	69,0	0,291	36,4	0,285	50,5
11		S	0,151	73,5	0,154	61,6	0,205	45,3	0,165	31,7	0,187	26,2
4		S	0,143	41,8	0,216	34,4	0,236	22,6	0,235	19,8	0,225	25,5
6		S	0,162	44,6	0,215	25,7	0,281	22,2	0,260	20,6	0,313	16,9
2		N+S			0,224	99,2	0,201	84,7	0,221	74,2	0,237	48,7
7		N+S			0,185	101,6	0,138	136,8	0,197	86,3	0,190	75,7
1		N+S			0,181	130,1	0,186	104,8	0,200	70,1	0,239	49,7
5		N+S	0,185	84,5	0,190	70,0	0,204	55,5	0,224	34,6	0,277	24,9
3		N+S	0,171	165,6	0,209	69,2	0,228	59,4	0,278	30,0	0,216	48,6
11		N+S	0,181	89,3	0,167	74,8	0,217	55,3	0,189	40,1	0,249	31,8
4		N+S	0,138	45,6	0,210	31,5	0,260	21,3	0,220	21,1	0,200	22,7
6		N+S	0,148	62,7	0,233	40,8	0,265	35,3	0,241	29,7	0,287	26,4
Total cara N			0,173	98,6	0,223	81,8	0,238	79,0	0,240	56,9	0,252	49,9
Total cara S			0,160	80,5	0,187	72,5	0,201	59,2	0,223	39,6	0,243	32,2
Total N+S			0,164	89,5	0,200	77,1	0,212	69,1	0,221	48,2	0,236	41,0
CI cara N			0,75		0,71		0,76		0,78		0,75	
CI cara S			0,69		0,73		0,77		0,75		0,77	
CI cara N+S			0,71		0,73		0,78		0,79		0,76	
<u>Autocorrelaciones</u>												
Desfase 1 N+S			0,62		0,37		0,32		0,32		0,57	
Desfase 2 N+S			0,56		0,07		0,08		0,00		0,38	
Desfase 3 N+S			0,42		0,24		0,11		0,23		0,29	

Tabla 3.- Relación entre factores climáticos e índices de crecimiento

Correlaciones simples	P/I	T̄/I	M̄/I	m̄/I
Abril-Mayo (año anterior)	-0,01	-0,03	0,07	-0,09
Júnio (año anterior)	0,10	0,32	0,32	0,28
Júlio (año anterior)	0,44	-0,28	-0,29	-0,20
Agosto-Septiembre (año anterior)	0,16	-0,16	-0,51*	0,08
Octubre-Noviembre (año anterior)	0,26	0,28	0,26	0,23
Diciembre-Enero-Febrero-Marzo	0,24	0,25	0,22	0,32
Abril-Mayo	0,08	0,44	0,37	0,52*
Júnio	-0,05	0,08	0,25	-0,07
Júlio	0,47*	0,22	0,40	-0,01
<u>Correlaciones múltiples: coeficientes de correlación parcial entre los índices de crecimiento (1) y:</u>				
Precipitación de Júlio (2)	r _{12.34} =0,75			
M̄ Agosto-Septiembre (año anterior) (3)	r _{14.23} =0,42			
m̄ Abril-Mayo (4)	r _{13.24} =-0,75			
* % de la varianza explicada = 0,75				

P = Precipitación M̄ = Media de las temperaturas máximas
T̄ = Temperatura media m̄ = Media de las temperaturas mínimas
* = Probabilidad de significación superior a 95%

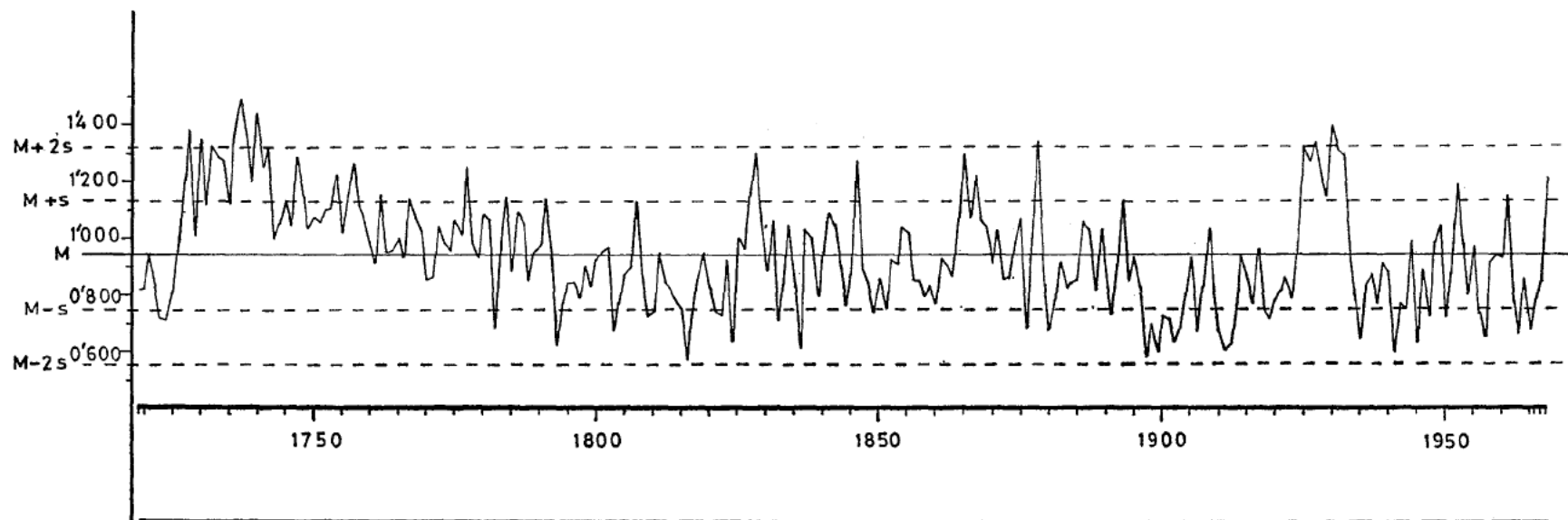
CLIMATOLOGÍA Y DENDROCRONOLOGÍA

Tabla 4.- Desviaciones relativas a la serie.

<u>Periodo</u>	<u>Desviaciones relativas</u>	<u>n₁</u>	<u>n₂</u>	<u>Periodo</u>	<u>Desviaciones relativas</u>	<u>n₁</u>	<u>n₂</u>
1720-1729	0,02	2	2	1845-1854	-0,17	2	1
1725-1734	1,23	0	6	1850-1859	-0,30	1	0
1730-1739	1,80	0	8	1855-1864	-0,26	0	0
1735-1744	1,65	0	7	1860-1869	0,42	0	2
1740-1949	1,21	0	5	1865-1874	0,47	0	2
1745-1754	0,94	0	3	1870-1879	0,07	1	1
1750-1759	0,92	0	3	1875-1884	-0,24	2	1
1755-1764	0,63	0	3	1880-1889	-0,30	1	0
1760-1769	0,38	0	2	1885-1894	-0,08	1	0
1765-1774	0,22	0	1	1890-1899	-0,68	4	0
1770-1779	0,27	0	1	1895-1904	-1,14	7	0
1775-1784	0,39	1	2	1900-1909	-0,83	5	0
1780-1789	0,17	1	1	1905-1914	-0,80	4	0
1785-1794	-0,08	1	1	1910-1919	-0,89	4	0
1790-1799	-0,41	1	1	1915-1924	-0,57	1	0
1795-1804	-0,48	1	0	1920-1929	0,56	0	5
1800-1809	-0,32	2	0	1925-1934	1,37	0	8
1805-1814	-0,41	2	0	1930-1939	0,23	1	3
1810-1819	-0,74	3	0	1935-1944	-0,69	1	0
1815-1824	-0,88	5	0	1940-1949	-0,59	1	0
1820-1829	-0,03	3	2	1945-1954	-0,29	2	1
1825-1834	0,31	1	2	1950-1959	-0,33	3	1
1830-1839	-0,31	2	0	1955-1964	-0,43	3	1
1835-1844	-0,20	1	0	1960-1968	-0,78	2	2
1840-1849	-0,02	1	1				

n₁ = Número de años con valores inferiores a M-s
n₂ = Número de años con valores superiores a M+s

REPRESENTACION GRAFICA DE LA SERIE (1719-1968)



$$M + 2s = 1'322$$

$$M + s = 1'130$$

$$M = 0'938$$

$$M - s = 0'746$$

$$M - 2s = 0'554$$

(Valores relativos de la serie, una vez eliminada la tendencia)