

Cuadernos I. Geográfica	15	1-2	75-85	Logroño	1989
-------------------------	----	-----	-------	---------	------

ANALISIS DENDROCLIMATICO DE *PINUS UNCINATA* RAMOND EN LA SIERRA CEBOLLERA (SISTEMA IBERICO)

Purificación Ruiz Flaño*

RESUMEN

Se estudia a partir de técnicas dendroclimáticas la respuesta a las condiciones térmicas y pluviométricas de la masa de Pinus uncinata Ramond, situada en el cerro del Castillo de Vinuesa (Sierra Cebollera). Los resultados muestran que las temperaturas constituyen el principal factor limitante que encuentran estos pinos en su desarrollo, asociándose los crecimientos máximos a primaveras cálidas y no muy húmedas junto con otoños térmicamente templados.

SUMMARY

We have studied, through dendroclimatic techniques, the response to thermic and pluviometric conditions of a Pinus uncinata wood, located in the Castillo de Vinuesa (Sierra Cebollera). The results show that the temperatures are the main limitant factor of the pine growth. The highest growths correspond to temperate and no very wet springs with thermically moderate autumns.

PALABRAS CLAVE: Dendroclimatología, *Pinus Uncinata*, Sierra de Cebollera (Sistema Ibérico).
KEY WORDS: Dendroclimatology, *Pinus Uncinata*, Sierra de Cebollera (Iberian System).

* Instituto Pirenaico de Ecología. Apdo. 64. Jaca (Huesca).

I. INTRODUCCION

Desde que a principios de este siglo, el astrónomo americano Douglass estudiase los ciclos de las manchas solares a través de los registros arbóreos, se han realizado numerosos trabajos tendentes a conocer y caracterizar el comportamiento de las especies leñosas ante las variaciones climáticas. Hoy está ampliamente demostrado que el crecimiento en altura y grosor de éstas se encuentra controlado, en gran medida, por las fluctuaciones del clima y que los anillos de crecimiento, estructuras concéntricas que en las zonas templadas se originan con una periodicidad anual, registran, mediante su grosor, la alternancia de períodos favorables y desfavorables (FRITTS, 1976). La relación existente entre ambos es conocida con el nombre de dendroclimatología. Si el estudio de esta relación se orienta hacia la realización de reconstrucciones climáticas del pasado se conoce como dendrocronología.

La absoluta exactitud de las dataciones obtenidas, los escasos medios necesarios para ello y el interés despertado recientemente en el mundo científico por la constatación de la existencia de crisis y ciclos climáticos han potenciado el desarrollo de los estudios dendroclimáticos, que se inician en nuestro país en 1976 con la publicación de CREUS y PUIGDEFABREGAS sobre una primera serie dendrocronológica en el Pirineo navarro y que se han visto continuados por una larga lista de trabajos (GUTIERREZ, 1986; GENOVA, 1987; GRACIA y GENOVA, 1984; CREUS y PUIGDEFABREGAS, 1982...).

Con el que ahora presentamos, ampliamos la lista de localidades estudiadas mediante estas técnicas, utilizando para ello una especie habitual en las mismas: *Pinus uncinata* Ramond. Más comúnmente conocido como pino negro, es especialmente sensible a los cambios climáticos dadas las duras condiciones ecológicas de los medios en que habita: piso subalpino, suelos esqueléticos, innivación, fríos intensos y prolongados, fuertes vientos, etc... Todo ello, unido a su elevada longevidad y a su lento crecimiento, le dota de un elevado potencial dendrocronológico, especialmente importante en las zonas más inaccesibles de estos medios (CANTEGREL, 1983).

II. LOCALIDAD ESTUDIADA

En noviembre de 1987, se procedió al muestreo del rodal de pino negro situado en el relieve conocido como Castillo de Vinuesa (figura 1) de 2.068 mts. de altitud, localizado en el sector camerano del Sistema Ibérico.

Existe aquí una pequeña masa natural de *Pinus uncinata* que constituye el límite sudoccidental de dicha especie y que ha logrado persistir gracias a ciertos rasgos de continentalidad presentes en la sierra camerana. Ocupa 115 ha. y se encuentra directamente situado sobre *Pinus sylvestris* en una banda entre 1.950 y 2.060 mts. de altitud. A menores elevaciones aparece hibridado con éste, fenómeno bastante frecuente en las poblaciones relictuales como es nuestro caso (CEBALLOS, 1966). El mayor número de individuos se localiza en la vertiente soriana del Castillo de Vinuesa, donde se encuentran asimismo los ejemplares más ancianos. Las pendientes en que se instalan son reducidas y los suelos pedregosos y poco profundos (cuarzoarenitas del Weald).

Por lo que se refiere a la climatología de la zona, el observatorio soriano de Vinuesa, seleccionado para establecer la relación clima-crecimiento, pone de manifiesto la existencia de un máximo primario de precipitaciones invernales y un mínimo estival, con una ligera

DENDROCRONOLOGIA DE PINUS UNCINATA

punta de sequía en agosto que no llega a alcanzar el mes por completo. GARCIA RUIZ y MARTIN RANZ (1984) lo califican como subclima de la cabecera del Iregua, que a 1.107 mts. de altitud permite una duración aproximada del período vegetativo de 204 días, considerablemente más reducidos a los más de 2.000 mts. a los que se sitúan los pinos que nos ocupan.

III. METODOS

Previa selección de 20 individuos, se procedió al muestreo de los mismos. Mediante la barrena Pressler y a una altura aproximada de 120 cms. sobre el nivel del suelo, se extrajeron dos rodillos de madera o cores en cada uno de ellos, correspondientes a las orientaciones N. y S. del tronco. Las muestras se colocaron en unos soportes provistos de una hendidura con el fin de evitar deformaciones o roturas durante el traslado al laboratorio.

Posteriormente se dejaron secar al aire y se pulieron con lijas de grano sucesivamente más fino. Con la ayuda de una lupa binocular a la que se había adaptado un micrómetro se midieron los anillos de crecimiento, pudiendo apreciar una precisión de hasta 0,025 mm. Este primer tratamiento nos permitió desechar algunos individuos (en total 8) cuya lectura quedaba dificultada por las roturas sufridas durante la extracción o bien por no presentar una elevada edad. Las edades obtenidas oscilaban entre 154 y 88 años.

Una vez obtenidos los crecimientos brutos, se procedió a la detección de anomalías en los mismos mediante las técnicas conocidas como interdatación y sincronización que permiten localizar, mediante correlaciones cruzadas en el primer caso y representación gráfica en el segundo, la presencia de falsos, múltiples anillos y anillos ausentes, cuya existencia se debe a comportamientos climáticos anómalos, generalmente heladas, que pueden provocar detenciones momentáneas del crecimiento y su posterior reactivación, o bien, a momentos muy desfavorables que acortan extremadamente la duración del período vegetativo (SERRE, 1980). Solventados estos problemas, se calculó el coeficiente de coincidencia de los 24 cores seleccionados que superó, en todos los casos, el 60%, indicando la existencia de los mismos ritmos en la variación de los crecimientos entre las orientaciones norte y sur.

Finalmente, se realizó el tratamiento estadístico de los datos. Los crecimientos absolutos fueron ajustados a unas rectas de regresión (exponencial o lineal) y fueron transformados en índices, proceso conocido como estandarización. Tanto sobre estos como sobre los crecimientos absolutos se calcularon unos sencillos parámetros estadísticos tendentes a caracterizar las series: medias, desviaciones, coeficientes de sensibilidad, varianzas, autocorrelaciones... En base al porcentaje de la varianza explicada y a los coeficientes de sensibilidad se determinó qué árboles constituirían la serie final, que se redujo a 11, para proceder finalmente a la elaboración de la ecuación o función-respuesta del árbol al clima.

IV. RESULTADOS Y DISCUSION

La serie final obtenida se elaboró con 22 cores procedentes de 11 árboles con un período común de 88 años (1900-1987). Su crecimiento medio (tabla 1) es de 0,754 mm., correspondiendo los valores más elevados a las orientaciones norte con 0,864 mm. frente a

RUIZ FLAÑO



Fig. 1. Localización del punto de muestreo

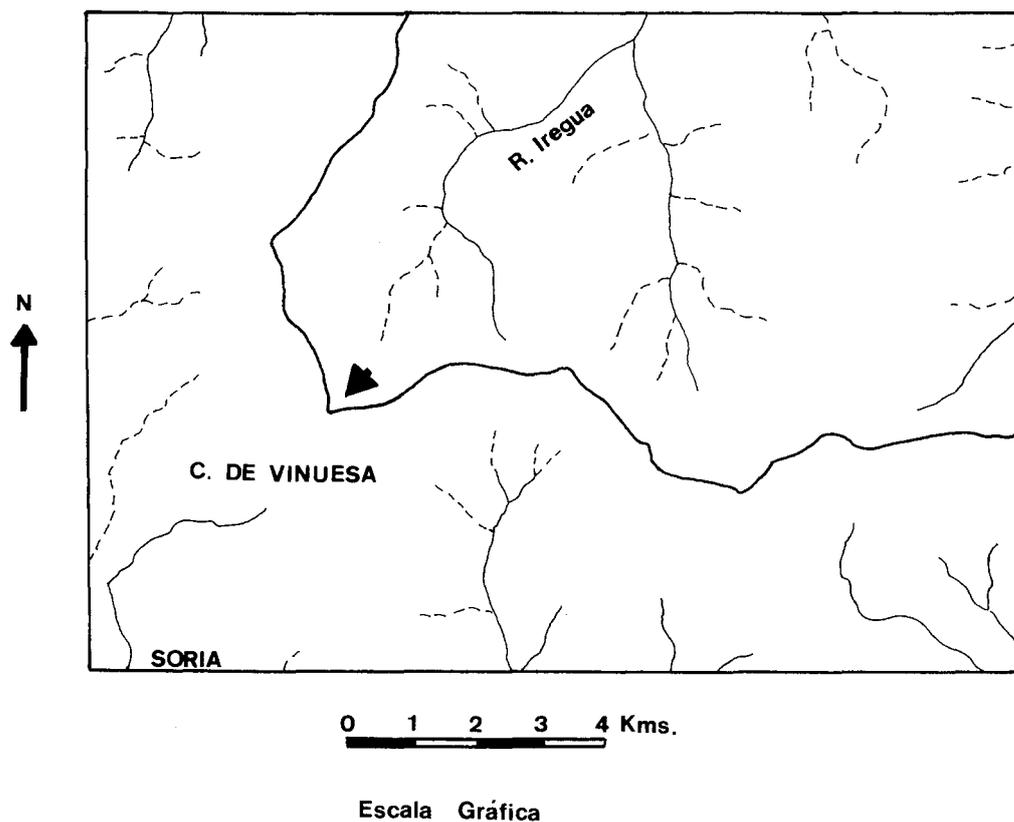


Tabla 1. Inspección de la variabilidad en los rodillos de Vinuesa

ARBOL	RODIL	MEDIA CRB.	VAR. CRB.	C. SENS. CRB.	AUT. 1. CRB	MEDIA IND.	VAR. IND.	C. SENS. IND.	AUTO-1 IND.	
4	1	46.1591	287.3307	0.1653	0.8712	1.0000	0.5556	0.1645	0.7152	
4	2	45.3750	411.5474	0.2196	0.6945	0.7362	0.1083	0.2196	0.6945	
5	1	50.7273	124.2926	0.1858	0.5812	1.0563	0.0539	0.1858	0.5812	
5	2	24.5000	66.6207	0.1701	0.8265	0.7060	0.0553	0.1701	0.8265	
7	1	56.4773	250.8730	0.1527	0.7775	0.9764	0.0750	0.1527	0.7775	
7	2	34.0795	183.3154	0.1630	0.8863	1.0001	0.1511	0.1636	0.8760	
9	1	36.8750	272.4325	0.1944	0.8515	0.9995	0.0824	0.1947	0.6635	
9	2	30.9886	149.5976	0.1786	0.8401	1.0005	0.0645	0.1793	0.6466	
13	1	23.0227	41.3098	0.1812	0.7170	0.8973	0.0628	0.1812	0.7170	
13	2	11.1818	38.6332	0.2632	0.8218	0.9999	0.1195	0.2648	0.5969	
14	1	32.6477	240.5067	0.2274	0.8281	0.9993	0.1161	0.2289	0.6309	
14	2	21.7386	92.9309	0.2056	0.8362	0.9999	0.0665	0.2060	0.5336	
16	1	20.4886	53.5631	0.1802	0.7744	1.0000	0.1281	0.1802	0.7736	
16	2	20.5114	47.2183	0.1932	0.6810	1.0000	0.1121	0.1932	0.6810	
17	1	10.3977	21.1848	0.2556	0.6977	0.9992	0.1255	0.2562	0.5801	
17	2	25.7500	91.9368	0.1907	0.8060	1.0001	0.0802	0.1900	0.6990	
18	1	27.2841	50.7574	0.1585	0.7229	0.8863	0.0536	0.1585	0.7229	
18	2	16.6477	51.7021	0.2025	0.8169	1.0000	0.1158	0.2031	0.6978	
19	1	42.3750	162.0761	0.1726	0.7484	1.0796	0.1052	0.1726	0.7484	
19	2	33.9545	263.7450	0.1822	0.8898	1.0032	0.1033	0.1826	0.7431	
20	1	26.1591	207.0319	0.1940	0.9067	1.0001	0.1176	0.1931	0.7291	
20	2	26.8636	106.5789	0.1874	0.8031	1.0039	0.1277	0.1875	0.7619	
MEDIA RODILLOS NORTE					33.8739*	0.1879		0.9903		0.1880
MEDIA RODILLOS SUR					26.5082*	0.1960		0.9499		0.1963
MEDIA ROD. N. Y S.					30.1911*	0.1919		0.9701		0.1921

DENDROCRONOLOGIA DE PINUS UNGINATA

* (Multiplicar por 0.025 para conocer el crecimiento real).

RUIZ FLAÑO

los de la sur con 0,662 mm., si bien es más frecuente que las solanas presenten los crecimientos más elevados en base a la mayor insolación que éstas reciben respecto de las umbrías. La diferencia existente a favor de los rodillos norte no es excesivamente elevada motivo por el cual no se puede generalizar dicho resultado a toda la masa de pino negro.

La variabilidad interanual (tabla 1) en los crecimientos es más elevada en los rodillos sur, lo que da pie a sensibilidades, representativas finalmente de la información climática contenida en cada árbol de manera individual, también superiores en los mismos. Se trata de valores, por comparación con otras series obtenidas mediante estas mismas técnicas, bajos. Y así, CREUS y PUIGDEFABREGAS (1976), obtienen una sensibilidad media de 0,20 para Larra y GENOVA (1987) de 0,22 y 0,24 en Viella y Masella respectivamente. El mayor control ejercido por las temperaturas en los crecimientos y la mayor regularidad de las mismas frente al factor pluviométrico es la causa más habitualmente citada (CREUS y PUIGDEFABREGAS, 1976) para explicar escasas variabilidades y sensibilidades.

Una de las dificultades que se plantea en el análisis de los registros climáticos contenidos en los anillos de crecimiento es la presencia en los mismos de información extraclimática que es necesario aislar. El espesor de los anillos depende no sólo de estímulos externos tales como agua y calor, sino también de factores internos al propio árbol, siendo entre ellos el más importante la edad. Conforme ésta se incrementa, se experimenta un descenso en el crecimiento (SERRE, 1979) dando lugar a una tendencia que puede enmascarar los resultados finales de los análisis. Para solventar este problema, los crecimientos absolutos son transformados en índices que expresan la relación entre los incrementos esperados y los observados. En nuestro caso los índices (tabla 2; figura, 2) revelan la existencia de un período de 25 años, comprendidos entre 1947 y 1972, en el que las condiciones climáticas parecen haber sido desfavorables al crecimiento.

El último medio para conocer la información climática contenida en la serie nos la ofrece el análisis de la varianza (tabla 3) según la cual, los años, es decir, la porción de su incremento debida exclusivamente al factor clima, explicarían el 13,55% de la variación de los crecimientos, cifra ésta no muy elevada respecto del total contenido en la serie y que alcanza el 61,18%. Con todo, parece ser significativo como demuestra el valor del cociente entre la señal climática y el ruido no-climático y que es de 1,724, indicativo de la mayor influencia ejercida por el clima en los crecimientos respecto de otros factores ambientales.

Para determinar cuáles de entre todas las variables climáticas contribuyen a explicar en mayor medida el crecimiento de esta especie en la localidad estudiada se ha utilizado la técnica de correlaciones múltiples paso a paso. Hemos empleado para ello, como variable dependiente los crecimientos expresados en índices y como predictores los valores climáticos de precipitación, temperatura media de las máximas y temperatura media de las mínimas de la estación de Vinuesa. Además se incluyó, entre los segundos, los crecimientos en años anteriores ya que las autocorrelaciones con sucesivos desfases (figura 3) muestran la gran inercia del crecimiento y que alcanza el máximo valor (0,48) con desfase de 1 año. Ello, por otro lado, obliga también a considerar las variables climáticas no sólo del año en curso sino además las del año anterior (FRITTS, 1976). En ambos casos se han agrupado de manera bimensual con el fin de evitar los problemas planteados por el elevado grado de correlación existente entre algunos valores mensuales. Otros autores (GENOVA, 1987; GUTIERREZ, 1986) prefieren agrupaciones trimestrales.

DENDROCRONOLOGIA DE PINUS UNCINATA

Tabla 2. *Indices anuales de la serie de Vinuesa.*

AÑOS	0	1	2	3	4
1980	0.9478	1.0803	1.1244	1.2455	0.9693
1970	1.0178	0.9562	0.7742	0.8616	0.8880
1960	0.8269	0.9909	0.8078	0.7289	1.0758
1950	0.8441	0.9791	1.0417	1.0489	0.8760
1940	0.7903	0.7008	0.6811	0.8376	0.7750
1930	1.1252	1.1904	1.0636	0.9425	0.8121
1920	1.0587	1.0632	0.9158	1.0000	1.0281
1910	0.9747	1.1802	1.0532	1.1284	0.9263
1900	0.8137	0.8090	0.8876	0.9085	1.2402
AÑOS	5	6	7	8	9
1980	1.2372	1.1124	1.1073	0.0000	0.0000
1970	0.9209	1.1958	0.8303	1.0847	0.8056
1960	0.9481	0.8548	0.8007	0.9503	1.0039
1950	1.0410	0.9406	0.8628	1.0218	0.9749
1940	0.8387	0.9066	1.0076	1.0673	1.0223
1930	0.8155	0.8637	0.9620	0.9536	0.8010
1920	0.9953	1.0715	1.0601	1.0897	1.1101
1910	0.8824	1.8965	1.9621	0.9245	0.8303
1900	1.1857	1.1099	1.2297	1.0615	1.0425

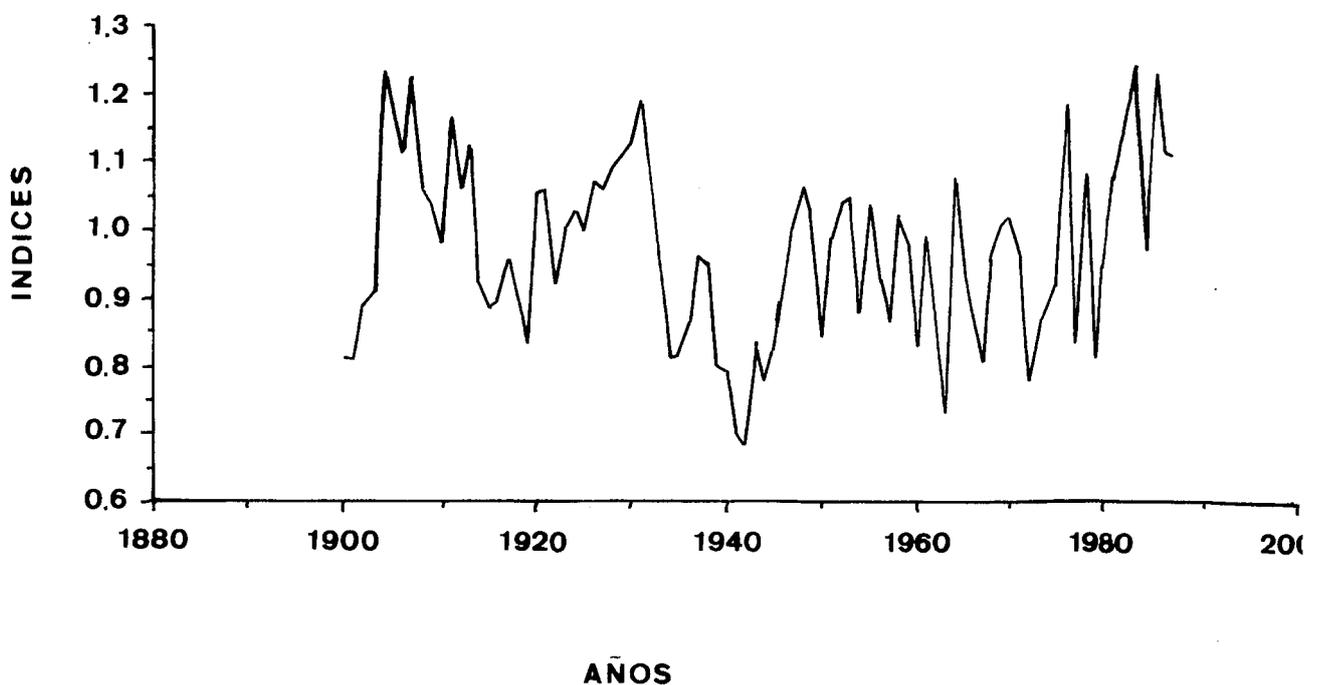


Fig. 2. Representación gráfica de los índices anuales de crecimiento.

RUIZ FLAÑO

Tabla 3. *Análisis de la varianza de Vinuesa.*

LOCALIDAD = Vinuesa
 ESPECIE = *Pinus uncinata*
 PERIODO = 1900-1987

FUENTE DE VARIACION	GRADOS DE LIBERTAD	SUMA DE CUADRADOS	CUADRADO MEDIO	COMP. DE VARIANZA	PORCENT.
ARBOLES	10.0000	5.1879	0.5188		
RODILLOS	1.0000	0.7893	0.7893		
ARB. ROD.	10.0000	8.9873	0.8987		
AÑOS	87.0000	33.7167	0.3875	0.0128	13.5519
AÑOS ARB.	870.0000	91.2847	0.1049	0.0235	24.7491
AÑOS ROD.	87.0000	5.5096	0.0633	0.0005	0.5107
AÑO ARB.					
ROD.	870.0000	50.4629	0.0580	0.0580	61.1883

ERROR TIPICO DE LOS INDICES ANUALES = 0.069

COCIENTE ENTRE SEÑAL CLIMATICA Y RUIDO NO-CLIMATICO = 1.724

En la siguiente tabla quedan recogidas las variables que constituyen finalmente la función respuesta así como la varianza explicada por cada una de ellas y su nivel de significación.

VARIABLES	VARIANZA EXPLICADA (%)	SIGNIFICACION (%)
CRIX	13.48	75
PMJAC	6.25	60
TMMSOAC	3.97	97
PMAAA	13.66	77
TMNNDAA	1.96	95
TMNEFAC	2.02	97
TMNMJAC	14.69	97
PEFAC	4.15	89

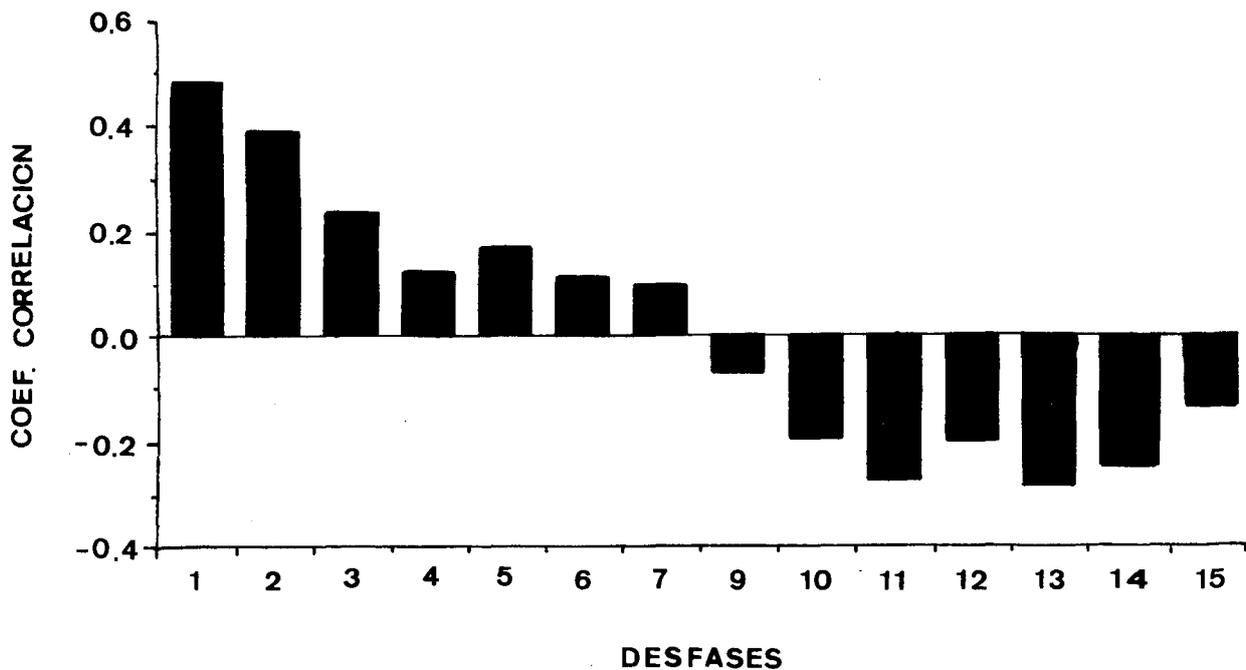
Siendo CRX, el crecimiento de un año concreto; CR1X, el crecimiento del año anterior expresado a través de su índice; PMJAC, precipitaciones de mayo-junio del año en curso; TMMSOAC, temp. media de las máximas de septiembre-octubre del año en curso; PMAAA, precipitaciones de marzo-abril del año anterior, TMNNDAA, temp. media de las mínimas de noviembre-diciembre del año anterior; TMNEFAC, temp. media de las mínimas de enero-febrero del año en curso; TMNMJAC, temp. media de las mínimas de mayo-junio del año en curso y PEFAC, precipitaciones de enero-febrero del año en curso.

Como puede apreciarse, son siete las variables relacionadas significativamente con el crecimiento; en conjunto explican el 60,18% del mismo. Entre ellas, las térmicas parecen tener un peso decisivo en la elaboración del anillo como expresan sus niveles de significación. Los elevados aportes hídricos que se reciben en estas altitudes (2.068 m.) de forma casi constante

DENDROCRONOLOGIA DE PINUS UNCINATA

hacen que el factor limitante más importante con el que tropiezan los crecimientos arbóreos sean las temperaturas, tal como hemos comentado anteriormente al referirnos a las sensibilidades, más propias de lugares donde el agua no es problema.

Fig. 3. Autocorrelaciones de la serie con sucesivos desfases.



La ecuación o función respuesta de *Pinus uncinata* en la Sierra Cebollera queda de la siguiente manera:

$$\text{CRX} = 0,478472 + 0,10233 \text{ CR1X} + 0,000324 \text{ PMJAC} + 0,008483 \text{ TMMSOAC} - 0,000423 \text{ PMAAA} + 0,022863 \text{ TMNNDAA} - 0,0022864 \text{ TMNEFAC} + 0,016811 \text{ TMNMJAC} + 0,000315 \text{ PEFAC}.$$

Efectuando un repaso individual, observamos que las temperaturas máximas más influyentes son las de septiembre-octubre del año en curso y las de noviembre-diciembre del año anterior. Para ambas, la explicación es la misma y radica en el efecto positivo de la prolongación del calor estival hacia el otoño ya que ello supone una mayor duración del período vegetativo y amplía la posibilidad de un mayor crecimiento. No obstante, en la ecuación, tienen un peso más decisivo las mínimas de mayo-junio puesto que su incremento supone el inicio del período vegetativo y con él el de la construcción del anillo, que en su mayor parte, se efectúa durante la primavera.

El efecto contrario tiene lugar si consideramos las elevadas mínimas de enero-febrero. Un incremento de calor durante estos meses supone para el pino negro un gasto de energía innecesario ya que se ve obligado a transpirar y a reducir las reservas que ha acumulado de cara al inicio del período vegetativo. Por tanto, un incremento de las temperaturas invernales puede conllevar un decrecimiento del anillo, aunque sería necesario realizar estudios de fisiología vegetal más detallados para comprobar la veracidad de esta hipótesis, algo que escapa a nuestros objetivos.

RUIZ FLAÑO

Por el contrario, las precipitaciones recibidas durante estos dos meses poseen una influencia positiva, lo que puede interpretarse como consecuencia directa del favorable efecto de la innivación, que ejerce un doble papel protector: ayuda a soportar el estrés hídrico invernal y mantiene aislado el suelo de las bajas temperaturas externas.

En cuanto a las precipitaciones primaverales, pueden comportarse como un factor negativo para el crecimiento, también en un doble sentido: por un lado, comportan una reducción térmica que puede retrasar el inicio del período vegetativo, mucho más si tenemos en cuenta que, sobre todo en los dos primeros meses, pueden todavía producirse en forma de nieve. De esta manera se dificulta la preparación del árbol para el período estival ya que se favorece la pérdida de asimilados por respiración (CREUS y PUIGDEFABREGAS, 1982).

En definitiva, podemos concluir diciendo que los crecimientos máximos de *Pinus uncinata* Ramond en la localidad estudiada se asocian preferentemente al calor primaveral, a la escasez de precipitaciones en la misma estación, a otoños cálidos e inviernos fríos. De la comparación de estos resultados con los obtenidos por GUTIERREZ (1986), GENOVA (1987) y CREUS y PUIGDEFABREGAS (1976), todos ellos para localidades de la misma especie pero en el ámbito pirenaico, se deduce el efecto altamente positivo que para *Pinus uncinata* poseen la elevación de las temperaturas en los meses de abril-mayo y junio así como la prolongación del calor estival hacia el otoño, mientras que la influencia del resto de variables depende de factores locales.

Destacamos por último la enorme importancia con que cuentan las variables primaverales lo cual no es extraño dado que la mayor parte del crecimiento se realiza en esta estación (primavera temprana), mientras que el resto está dedicado a acumulación de reservas y lignificación.

V. BIBLIOGRAFIA

- CANTEGREL, R., 1983. Le Pin a crochets pyrénéen: biologie, biochimie, sylviculture, *Acta Biológica Montana*, 2-3: 87-331.
- CEBALLOS, L., 1966. *Mapa Forestal de España. 1/400.000*. Ministerio de Agricultura. Seix Barral. Barcelona.
- CREUS, J. y PUIGDEFABREGAS, J., 1976. Climatología histórica y dendrocronología de *Pinus uncinata* R., *Cuadernos de Investigación Geográfica* 2(2): 17-30.
- CREUS, J. y PUIGDEFABREGAS, J., 1982. Climatología histórica y dendrocronología de *Pinus nigra* Arnold. *Avances sobre la Investigación en Bioclimatología. VIII Reunión de Bioclimatología* p. 121-128, Zaragoza.
- FRITTS, H.C., 1976. *Tree-Rings and Climate*. Academic Press, London.
- GARCIA-RUIZ, J.M. y MARTIN-RANZ, C., 1984. Los Ríos de La Rioja. Introducción al estudio de su régimen, *Ciencias de la Tierra. Geografía*, 1, I.E.R., Logroño.
- GENOVA, R., 1987. Análisis y significado de los anillos de crecimiento de dos especies forestales: *Pinus uncinata* y *Pinus sylvestris*, en la Península Ibérica. Tesis doctoral. Universidad de Barcelona. 491 pp.

DENDROCRONOLOGIA DE PINUS UNCINATA

- GRACIA, C. y GENOVA, R., 1984. Análisis dendrocronológico del castaño (*Castanea sativa Mill.*) en el Macizo del Montseny, *Mediterránea*, 7: 67-82.
- GUTIERREZ, E., 1986. Dendrocronología de *Fagus sylvatica*, *Pinus uncinata* y *Pinus sylvestris* en Cataluña. Tesis doctoral. Universidad de Barcelona, 478 pp.
- SERRE, F., 1979. Resultats dendroclimatiques pour les Alpes meridionales françaises, *Colloque international du Centre National d'Etudes Spatiales "Evolution des atmospheres planétaires et climatologie de la Terre"*. 381-386, Nice.
- SERRE, F., 1980. De l'utilité du releve des caracteristiques des cernes ou "skeleton plot" en Dendrochronologie, XX Symposium d'Archéométrie, *Révue d'Archéométrie*, 4, Paris.

