

ANALISIS DENDROCLIMATICO DEL CRECIMIENTO DE *PINUS SYLVESTRIS* Y *PINUS NIGRA* EN LA SIERRA DE GUADARRAMA

MAR GÉNOVA FUSTER*, ANGEL FERNÁNDEZ CANCIO** Y JOSÉ CREUS NOVAU***

* ESCUELA UNIVERSITARIA DE INGENIERÍA TÉCNICA FORESTAL. CIUDAD UNIVERSITARIA S/N., 28040, MADRID.

** CIFOR-INIA. CTRA. DE LA CORUÑA KM 7 S/N, 28040, MADRID.

*** INSTITUTO PIRENAICO DE ECOLOGÍA. AVDA. REGIMIENTO DE GALICIA S/N., 22700, JACA (HUESCA).

RESUMEN

Se presenta un estudio de la incidencia de las variables mensuales de precipitación y temperatura en las fluctuaciones anuales del crecimiento de *Pinus sylvestris* y *Pinus nigra* en la Sierra de Guadarrama, analizando y comparando los resultados de las funciones respuesta de diferentes cronologías frente a los registros meteorológicos más próximos, con el objeto de reconocer aquellos factores que causan mayores efectos sobre el crecimiento.

P.C. Dendrocronología, Dendroclimatología, Función Respuesta, Sierra de Guadarrama.

SUMMARY

This study is about the monthly precipitation and temperature effects on annual tree growth of *Pinus sylvestris* and *Pinus nigra* in the Sierra de Guadarrama. We analyze and compare the response function of different chronologies versus the closest meteorological records. The aim of the study is to recognize the most affecting factors on the tree growth.

K.W. Dendrochronology, Dendroclimatology, Response Function, Sierra de Guadarrama.

INTRODUCCION

En el marco de los estudios dendrocronológicos y de sus aplicaciones que, en los últimos años, están empezando a adquirir un notable incremento en nuestro país, se ha estudiado en detalle algunos aspectos del análisis dendroclimático de las cronologías en la Sierra de Guadarrama, área geográfica de la que ya se posee abundante información desde estos puntos de vista (Richter 1988, Génova 1994, Yuste 1994 y Fernández et al. 1996). Para la realización de este trabajo se ha contado, en primer lugar, con 3 cronologías elaboradas anteriormente en la zona (RISCOPOL, SIETEPICOS y PEDRIZA, la primera con ejemplares de *Pinus nigra* y las otras dos con *Pinus sylvestris*), cuyo estudio constituyó parte de la Tesis

Doctoral de M. Génova. Recientes muestreos han incrementado el número de localidades estudiadas en la Sierra de Guadarrama (JAROSA con *P.nigra* y PEÑOTA y COTOS con *P.sylvestris*), de manera que en total se analizan 4 cronologías de pino silvestre y 2 de pino pudio.

MATERIAL Y METODOS

La función respuesta es uno de los modelos matemáticos más habituales en el análisis de la incidencia de las variables climáticas sobre las series de crecimiento, cuyos datos se suelen emplear para reconocer cuales podrán ser reconstruidas; además algunos investigadores aplican e interpretan sus resultados en el campo de la autoecología, pues opinan que recoge las exigencias ecológicas y los factores limitantes que inciden en el crecimiento de las especies leñosas.

El programa estadístico utilizado en este trabajo se denomina PRECON (Fritts, H. 1993, precon file for user manual: "Quick help for PRECONK now called PRECON", version 3.0.) mientras que la información gráfica se visualiza fácilmente mediante el programa GRAPH-IN-THE-BOX (New England Software Inc., 1988). PRECON combina la calibración y verificación del modelo con el método "bootstrap", lo que permite una verificación inmediata pues ésta no requiere un periodo diferente al de calibración.

El programa PRECON permite analizar un número máximo de treinta y ocho parámetros o, dicho de otra manera, como máximo se pueden introducir datos de precipitación y temperatura de diecinueve meses para estimar su incidencia en el crecimiento de un determinado año, aunque a mayor número de datos se suele incrementar la multicolinealidad. Sin embargo, si se restringe el periodo de análisis, no se contempla la importancia de los factores previos a la estación de crecimiento; por ello y según experiencias anteriores (Génova 1994), en este estudio se ha analizado el periodo que transcurre entre el mes de Julio del año anterior al crecimiento hasta Septiembre del año en curso.

Los registros climáticos utilizados en la obtención de las funciones respuesta se han elegido en función de la proximidad de las estaciones meteorológicas a la zona de muestreo y de su longitud, por lo que se han seleccionado Madrid (1860-1988), Segovia (1900-1988) y Navacerrada (1941-1988). Conviene destacar que para conseguir los necesarios grados de libertad en el análisis estadístico, la longitud del registro debe sobrepasar ampliamente el número de variables que intervienen en la función respuesta. En nuestro caso se han considerado un total de treinta variables climáticas, mientras que el registro climático más corto que se ha utilizado (Navacerrada) contiene datos de 45 años.

Para este trabajo se han analizado las cronologías, en sus distintas versiones STANDARD y RESIDUAL, utilizando en primer lugar los registros de precipitación total y temperatura media mensuales. Otros autores emplean las temperaturas medias de las mínimas y de las máximas mensuales, intentando resaltar de manera más real los factores limitantes. La actual configuración del programa PRECON y sus limitaciones ya comentadas no permite el tratamiento mensual de dicho volumen de datos, aunque si es posible realizar análisis independientes, de manera que hemos completado nuestro estudio con las funciones respuesta frente a estas variables en el registro de Navacerrada. Además y dado que el registro de Madrid es más largo que el límite que impone PRECON (100 años), en este caso se han elaborado las funciones respuesta de todas las cronologías para distintos periodos: 1890-1988, 1861-1923 y 1924-1988. Es decir, en total se han estudiado 84 funciones respuesta diferentes.

RESULTADOS Y DISCUSION

El estudio de las funciones respuesta no ha sido del todo satisfactorio para establecer conclusiones comunes por su heterogeneidad, falta de estabilidad y escasa correlación en general. Por ejemplo, si comparamos las funciones de la cronología residual de COTOS y los datos meteorológicos de Madrid en distintos periodos, la importancia e, incluso, el signo de los factores son muy distintos (ver gráfico) y lo mismo ha sucedido al comparar funciones respuesta de diferentes cronologías frente a un mismo registro climático. Por otra parte, resulta curioso constatar como, frente al registro de Madrid, la correlación parece ajustarse al denominado "efecto ciudad", siendo más elevada en el periodo anterior al desarrollo urbanístico, aunque podría interpretarse también como una falta de adecuación de los datos meteorológicos o que el efecto de las variables climáticas sobre el crecimiento puede ser variable en el tiempo.

Por tanto, únicamente hemos considerado de interés una interpretación de las funciones respuesta con precipitaciones y temperaturas medias mensuales de Navacerrada (pues si se utilizan las temperaturas medias de las mínimas o las medias de las máximas, en general las correlaciones no superan a las anteriores y los factores significativos son prácticamente idénticos) y con las versiones de las cronologías cuya correlación es más elevada.

Como se observa en las tablas 1 y 2, la correlación de las funciones respuesta en Navacerrada ha superado en todos los casos el nivel crítico (oscilando R^2 entre 0.752 y 0.574, correspondientes, respectivamente, a las cronologías Standard de RISCOPOL y PEDRIZA) y, en general, el valor y el signo de los coeficientes significativos es relativamente coincidente. Con los resultados obtenidos se pueden sintetizar las siguientes cuestiones:

- Respecto a la temperatura. En los meses de Agosto y Septiembre del año anterior se observa una correlación negativa con el crecimiento, especialmente en el caso de *Pinus nigra*, cuyos coeficientes alcanzan valores significativos en el mes de Agosto. El mes de Enero del año de crecimiento indica, por el contrario, ligero efecto positivo de la temperatura, aunque sólo en la mitad de las cronologías. Por su parte, Julio tiene efectos negativos en las cronologías del pino púdo y en algunas de pino silvestre. Finalmente, la temperatura de Septiembre posee una clara incidencia positiva sobre el crecimiento sólo en *P.nigra*.

- Respecto a la precipitación. Durante el año anterior al crecimiento sólo resulta ligeramente destacable el efecto negativo de la precipitación del mes de Noviembre en algunas cronologías. La precipitación en los meses de Marzo y, de manera destacada por coincidir todas las respuestas, Abril, presenta correlación negativa, mientras que el factor más incidente coincide con la precipitación estival y especialmente durante el mes de Agosto, cuyos coeficientes son significativos en el 67% de los casos.

En general, se observan ciertas diferencias entre las respuestas de ambas especies frente a las mismas condiciones climáticas. Las cronologías de *Pinus sylvestris* de la Sierra de Guadarrama son más heterogéneas y menos sensibles a la variabilidad climática. Aunque resulta complejo extraer conclusiones, parece que el crecimiento de las poblaciones estudiadas de esta especie se encuentra limitado generalmente por las precipitaciones estivales, con las que presenta una correlación significativamente positiva durante el mes de Agosto y, en menor cuantía y con sentido contrario, por las producidas al inicio del período vegetativo, especialmente en los meses de Marzo y Abril. Estos resultados coinciden de forma aproximada con los obtenidos en otros trabajos anteriores ya citados sobre la Sierra de Guadarrama y en otras áreas españolas (Gutierrez 1990) y europeas. Por ejemplo Tessier (1986) estudiando esta especie en el área mediterránea del Sur de Francia resalta las precipita-

ciones de los meses de Junio y Julio con relación muy directa y significativa con el crecimiento y, con menor importancia, la temperatura de Julio.

Por su parte, *Pinus nigra* presenta una mayor sensibilidad y homogeneidad en su respuesta frente a las condiciones climáticas, similar a los resultados obtenidos en la Sierra de Gredos (Génova 1994). Difiere de la especie anterior en la incidencia de la temperatura, que tiene efectos significativamente negativos durante los meses de Agosto y Septiembre del año anterior al crecimiento y positivos al final del período vegetativo (Septiembre del año de crecimiento); mientras que en relación a la precipitación las diferencias parecen menos acusadas. Es necesario apuntar que, además, sólo en las cronologías de esta especie se obtiene correlación suficiente en la verificación (ver tabla 1) como para que se pueda considerar el efecto de estos factores con un cierto valor predictivo y estable en el tiempo.

Interpretar estos resultados desde el punto de vista ecofisiológico nos parece arriesgado por las razones que hemos comentado anteriormente, pero quizás pueda tener interés para comparar con los obtenidos en otras áreas. En este sentido se podría decir que la variable meteorológica que más afecta a la variabilidad del crecimiento de las poblaciones estudiadas parece ser la precipitación estival tardía (lo cual también se cumple en gran parte de las funciones respuesta de Segovia y Madrid), posiblemente por su efecto beneficioso sobre la prolongación de la actividad cambial, mientras que las precipitaciones del final del invierno y comienzos de la primavera causan el efecto contrario. Las condiciones térmicas parecen tener un efecto bastante irregular aunque, como ya se ha señalado, un final de verano cálido si podría incidir de forma negativa (sobre todo en *Pinus nigra*) en el desarrollo del anillo del año siguiente, quizás en relación con una menor producción de elementos de reserva, a causa de una prolongación del periodo vegetativo del año anterior.

CONCLUSIONES

Los resultados de la función respuesta de varias cronologías de *Pinus nigra* y *Pinus sylvestris* en la Sierra de Guadarrama frente a los registros meteorológicos suficientemente extensos de las estaciones más próximas (Navacerrada, Madrid y Segovia), son heterogéneos y poco estables y sólo ofrecen cierta coincidencia frente a las series climáticas de Navacerrada. Ciertamente ésta es la estación más próxima que representa mejor el clima de alta montaña donde se sitúan las poblaciones arbóreas estudiadas pero, por otra parte, es el registro más corto y sus resultados pueden estar estadísticamente supervalorados. Además, sólo en el caso de *Pinus nigra*, la correlación es suficiente para que sus resultados se puedan interpretar como predictivos y estables en el tiempo. Así pues, sin un estudio comparativo detallado y en profundidad, no se puede considerar la función respuesta como una técnica de análisis que permita identificar siempre las variables climáticas que más afectan al crecimiento de los árboles.

AGRADECIMIENTOS

A Emilio Manrique Menéndez y Enrique Sadornil Arenas.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

FERNANDEZ, A., GENOVA, M., CREUS, J. & GUTIERREZ, E. (1996). Dendroclimatological investigation covering the last 300 years in Central Spain. *Radicarbon* 181-190.

GENOVA, M.. (1994). *Dendroecología de Pinus nigra Arnold. subsp. salzmannii (Dunal) Franco y Pinus sylvestris L. en el Sistema Central y en la Serranía de Cuenca (España)*. Tesis Doctoral (inéd:). Universidad Autónoma de Madrid.

GUTIERREZ, E. (1990). Dendroecología de *Pinus sylvestris* L. en Cataluña. *Orsis* 5: 23-41.

RICHTER, K.; 1988. *Dendrochronologische und dendroklimatologische untersuchungen and keifern (Pinus sp.) in Spanien*. Universidad de Hamburgo.

TESSIER, L.; 1986. Approche dendroclimatologique de l'écologie de *Pinus sylvestris* L. et *Quercus pubescens* Willd. dans le Sud-Est de la France. *Acta Oecologica. Oecologia Plantarum*, 7 (21 (4)): 339-355.

YUSTE HEREDERO, I.; 1994. *Estudio dendrocronológico de Pinus sylvestris L. en el monte nº del CUP de los de Segovia, Pinar de Navafría*. Trabajo Fin de Carrera (inéd:), EUIT Forestal. Madrid.

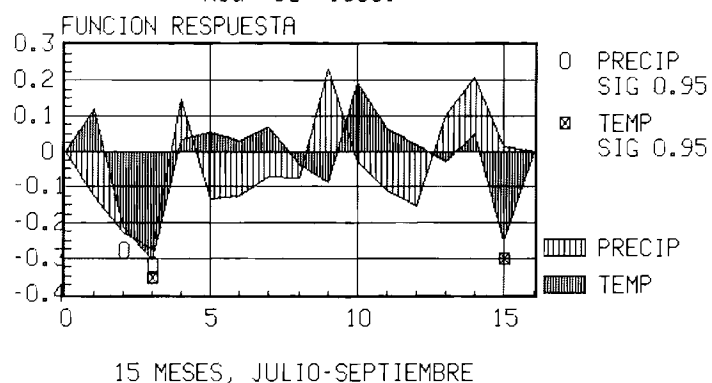
	JAROSA	RISCOP	7PICOS	COTOS	PEÑOTA	PEDRIZA
R ²	.737	.752	.670	.664	.586	.574
R.calibración	.938+/- .032	.923+/- .031	.900+/- .046	.907+/- .044	.861+/- .069	.867+/- .072
R.verificación	.474+/- .165	.492+/- .201	.124+/- .239	.102+/- .206	.039+/- .248	.102+/- .215

Tabla 1. Correlación en las funciones respuesta de las cronologías frente al registro climático de Navacerrada.

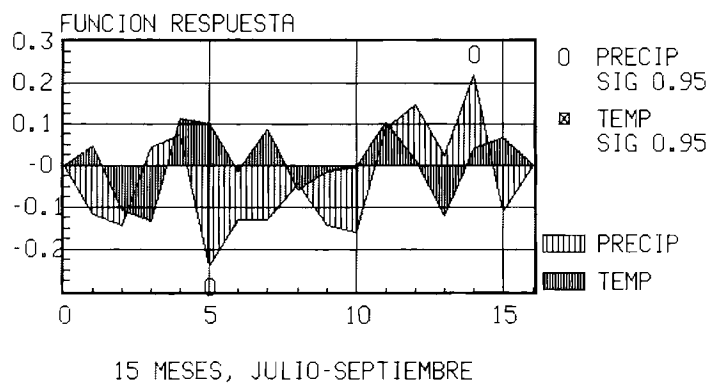
		JL	AG	SE	OC	NO	DI	EN	FE	MA	AB	MY	JU	JL	AG	SE
JAR	T		-*	-		-			+					-		+
	P		+			-			+		-			+	+	
RIS	T		-*	-*						+	+		-	-		+
	P	+			+						-			+	+	-
7PI	T	-				-	-			-	+		+			
	P			-		-		-		-	-		+		+	
COT	T	-	-	-				+	-			+		-	+	
	P	+	+	+		-				-	-	+	+		+	-
PEÑ	T		-					+	+		+	+		-		
	P			-		+		-		-	-				+	
PED	T	-		-				+		+						+
	P	-							-		-				+	

Tabla 2. Signo de los coeficientes mensuales con valor superior a +/-0.1 en las funciones respuesta frente al registro climático de Navacerrada. Con * se señalan aquellos que son significativos al 95%.

CRONOLOGIA DE COTOS/SERIE CLIMATICA DE
MADRID EN EL PERIODO 1861/1923
50 REP, Rd .867+/- .041, Ri .247+/- .181
RSQ CL= .635.



CRONOLOGIA DE COTOS/SERIE CLIMATICA DE
MADRID EN EL PERIODO 1924-1988
50 REP, Rd .764+/- .048, Ri .064+/- .185
RSQ CL= .431.



CRONOLOGIA DE COTOS/SERIE CLIMATICA DE
MADRID EN EL PERIODO 1890-1988
50 REP, Rd .701+/- .053, Ri .169+/- .132
RSQ CL= .372

