



5º CONGRESO FORESTAL  
ESPAÑOL

# 5º Congreso Forestal Español

Montes y sociedad: Saber qué hacer.

---

REF.: 5CFE01-023

Editores: S.E.C.F. - Junta de Castilla y León  
Ávila, 21 a 25 de septiembre de 2009  
ISBN: 978-84-936854-6-1  
© Sociedad Española de Ciencias Forestales

## Influencia del clima en el crecimiento radial de *Pinus halepensis* de diferentes clases sociales e identificación de las variables climáticas más importantes

OLIVAR, J.<sup>1,2</sup>, BOGINO, S.<sup>3</sup>, SPIECKER, H.<sup>2</sup>, BRAVO, F.<sup>1</sup>.

<sup>1</sup>Departamento de Producción Vegetal y Recursos Forestales, Universidad de Valladolid.  
Avda. de Madrid 44, 34004 Palencia.

<sup>2</sup>Institute of Forest Growth, Albert-Ludwigs-Universität Freiburg.  
Tennenbacherstr. 4, D-79106 Freiburg. Alemania.

<sup>3</sup>Departamento de Ciencias Agropecuarias. Facultad de Ingeniería y Ciencias Económico-Sociales. Universidad Nacional de San Luis. Avda. 25 de Mayo 384, 5730 Villa Mercedes, San Luis. Argentina.

### Resumen

Los ecosistemas mediterráneos, al ser zonas de transición entre climas húmedos y áridos, son especialmente interesantes para el estudio de los efectos de los cambios climáticos en el crecimiento radial. El objetivo del presente estudio es evaluar los efectos del clima en el crecimiento radial de pino carrasco (*Pinus halepensis* Mill.) atendiendo a las diferencias entre clases sociales (árboles dominantes y dominados). La siguiente hipótesis será contrastada: En climas mediterráneos, los árboles dominados sufren mayores reducciones del crecimiento debido al clima que los árboles dominantes. Dado que los árboles que crecen en condiciones extremas responden de manera más firme a las variaciones climáticas y que la sequía es el factor limitante más importante para el crecimiento forestal en los ecosistemas mediterráneos, se seleccionaron plantaciones de pino carrasco en lugares de especial estrés hídrico a lo largo de la geografía española. Para la elaboración de las cronologías, se seleccionaron 15 árboles dominantes y 15 dominados por parcela, de los cuales se extrajeron dos muestras radiales de las series de anillos de crecimiento. Los resultados obtenidos servirán como un paso importante a la hora de interpretar y evaluar el comportamiento de los bosques mediterráneos frente a futuros cambios en el clima.

### Palabras clave

Pino Carrasco, ecosistema mediterráneo, Dendrocronología, cambio climático, anillos del crecimiento.

### 1. Introducción

El futuro desarrollo y el potencial de los bosques europeos como fuentes de recursos maderables, energía renovable, agua y otros bienes y servicios (captación de carbono, protección del suelo, biodiversidad, etc.) además del impacto del cambio climático en la ecología forestal comienzan a ser una prioridad en la investigación científica.

Los ecosistemas mediterráneos, al ser zonas de transición entre climas húmedos y áridos, son especialmente interesantes para el estudio de los efectos del cambio climático en el crecimiento radial.

Existen evidencias de cambio climático en la región mediterránea, como la reducción de los días de lluvia en un 50 y un 30 % en el sur de España y en los Pirineos respectivamente

(Esteban-Parra et al. 1998; Rodrigo et al., 2000). Por otra parte, la temperatura media anual se ha incrementado en 1.6° C en la Península Ibérica a lo largo del último siglo (IPCC, 2007).

Los árboles que crecen en condiciones extremas responden de manera más clara a las variaciones del clima (Fritts, 1976). Entender la respuesta del bosque a los cambios climáticos es un elemento clave para comprender la dinámica de los ecosistemas forestales ante un entorno cambiante.

Los pinares constituyen la mayor parte de la masa forestal en la región mediterránea. El pino carrasco (*Pinus halepensis* Mill.) es una de las especies más características y más estudiadas de los ecosistemas mediterráneos (Valbuena et al. 2008). Por lo tanto, el estudio del impacto de las distintas variables climáticas (precipitación y temperatura) en su crecimiento anual y en las distintas características de la madera supone un gran interés para la comunidad científica.

Para ello, se analizarán las cronologías tanto de árboles dominantes como de árboles dominados con el objetivo de analizar la influencia del clima en el crecimiento anual de las diferentes clases sociológicas. A demás, se estudiarán los patrones de densidad intra e inter anuales por medio de densitometría de alta frecuencia. Las variables climáticas con mayor influencia serán identificadas e incluidas en un modelo empírico.

## 2. Objetivos

Los objetivos fundamentales del presente estudio son analizar la influencia del clima en el crecimiento anual de las diferentes clases sociológicas del pino Carrasco e identificar las variables climáticas más determinantes.

## 3. Material y métodos

### 3.1 Áreas de estudio

Se seleccionaron ocho parcelas que representaran la distribución natural del pino Carrasco en la Península Ibérica, agrupados en tres zonas: Palencia, Aragón y Murcia. Las zonas de muestreo pertenecen a tres ecoregiones bioclimatológicas diferentes, con diferencias en las condiciones fisiográficas, climáticas y litológicas (Elena-Roselló et al. 1997).

Tabla 1: Descripción de las zonas de muestreo

Parcela	Código	Ecoregión	Latitud	Longitud	Altitud (m)
H34001	Am	Duriense	41°51'36''	4°45'36''	849
H50011	Ca	Catalano-Aragonesa	41°18'16''	1°44'52''	976
H50003	Ta	Catalano-Aragonesa	41°59'31''	1°50'09''	695
H50001	Za1	Catalano-Aragonesa	41°48'58''	0°32'15''	535
H50002	Za2	Catalano-Aragonesa	41°56'04''	0°56'25''	706
H33001	M1	Litoral-Mediterránea	37°52'51''	1°30'36''	811
H33002	M2	Litoral-Mediterránea	37°52'50''	1°32'15''	957
H33003	M3	Litoral-Mediterránea	37°51'13''	1°32'34''	1118

### 3.2 Muestreo y preparación de las muestras

En cada parcela se seleccionaron quince árboles dominantes y quince dominados. En cada árbol seleccionado se extrajeron dos barrenas a la altura normal (1,3 m). Los canutillos se montaron sobre un soporte de madera y se secaron al aire. Para el correcto fechado de las muestras se emplearon las técnicas dendrocronológicas estándares (Stokes and Smiley, 1968). Las muestras fueron digitalizadas con alta resolución (2.000 dpi) con un scanner Epson Expression 1640 XL con una precisión de 0.01-mm y los anillos de crecimiento se midieron con el programa WinDENDRO (Regent Instruments).

La preparación de las muestras se llevó a cabo mediante el uso de la herramienta “Diamond flycutter” (Kugler F500). Esta máquina fue diseñada específicamente para superficies que requieren una calidad óptica de acabado superficial.

### 3.3 Análisis de datos

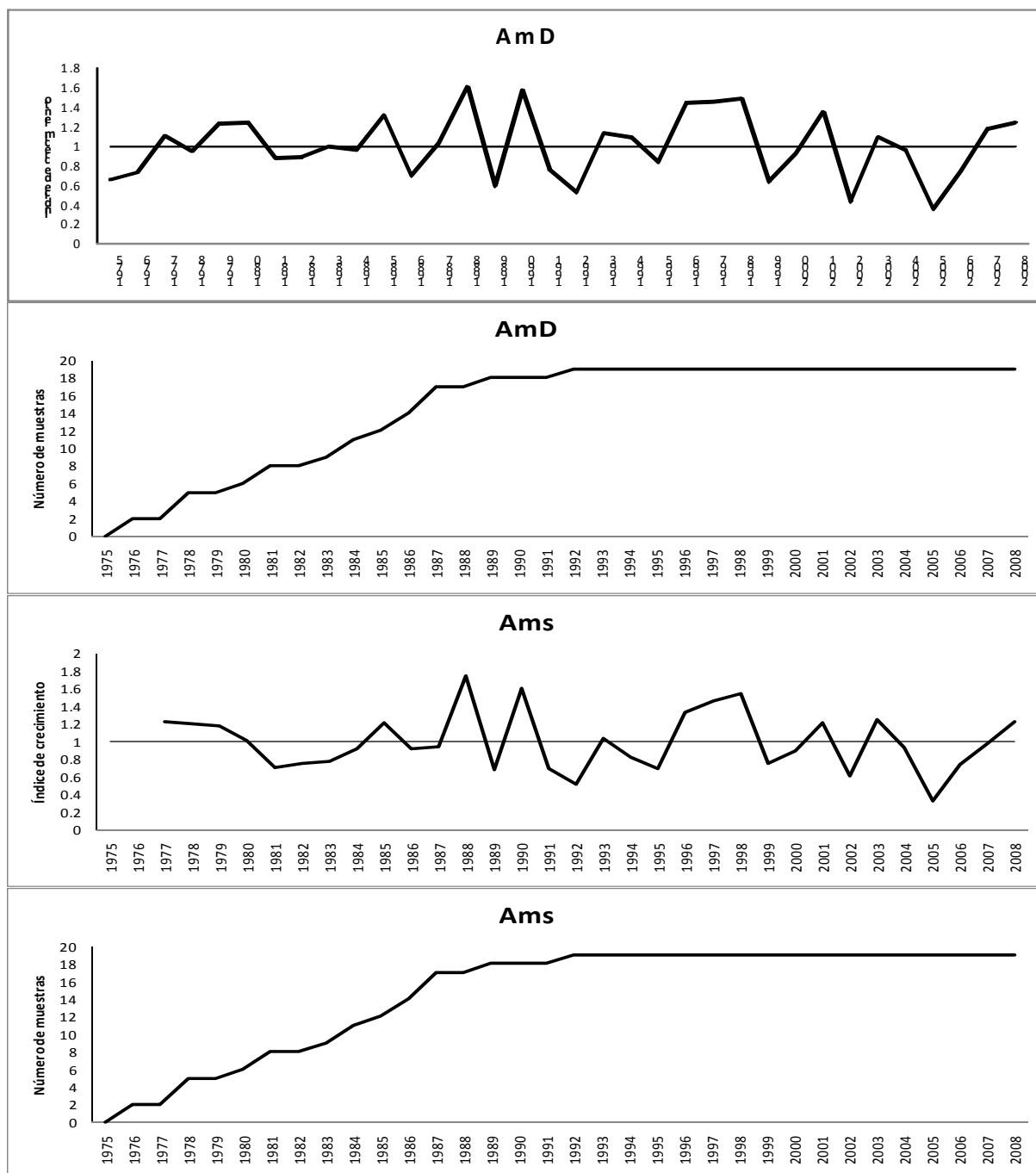
El programa v6.06P COFECHA (Holmes, 2001; Grissino-Mayer, 2001; disponible en [www.ltrr.arizona.edu](http://www.ltrr.arizona.edu)) se aplicará para evaluar la exactitud de las mediciones y de los datos. Éste programa está basado en el cálculo de los índices de correlación de Pearson entre las series de crecimiento y una cronología de referencia en una serie de segmentos consecutivos y superpuestos con una longitud determinada. Una correcta datación es esencial para cualquier estudio dendroclimatológico. Es imposible comparar variables climáticas con el crecimiento de un año concreto si las series de crecimiento individuales no han sido datadas correctamente.

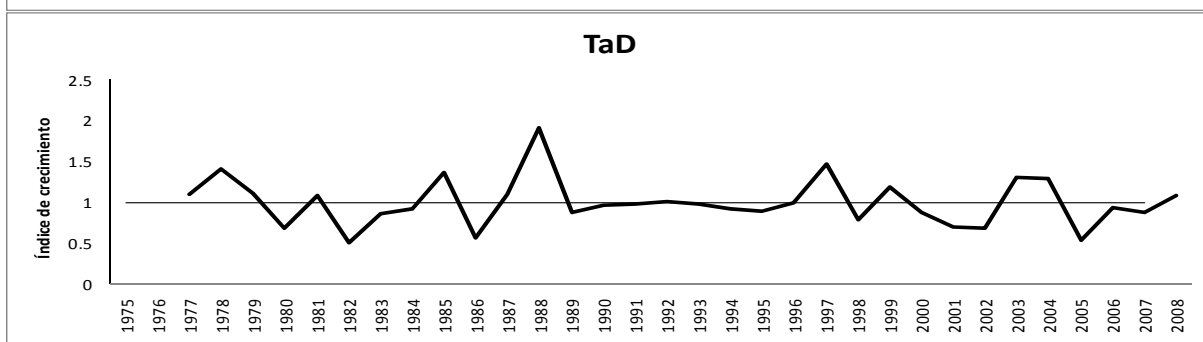
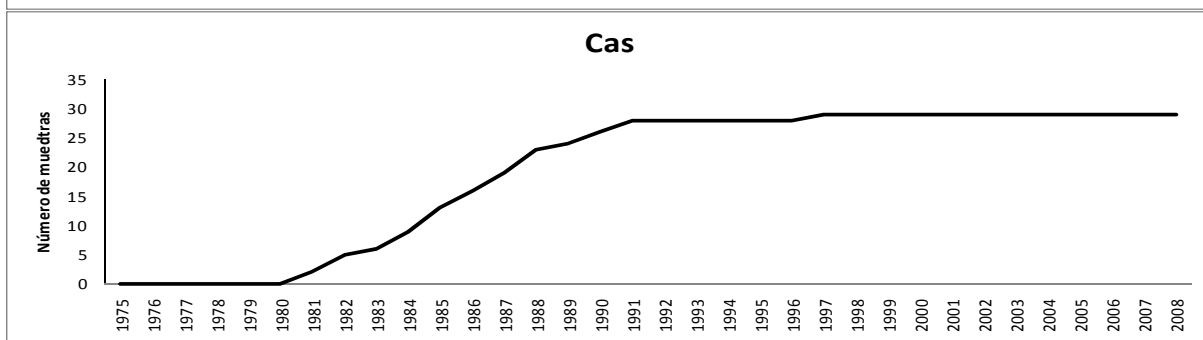
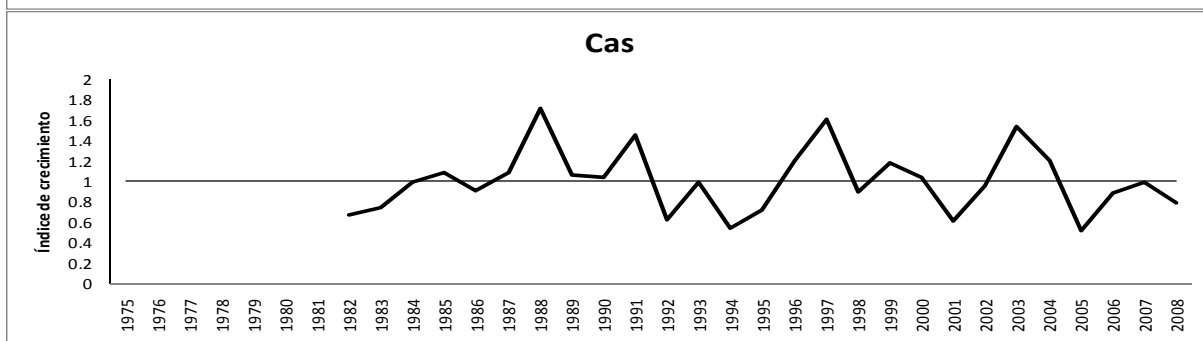
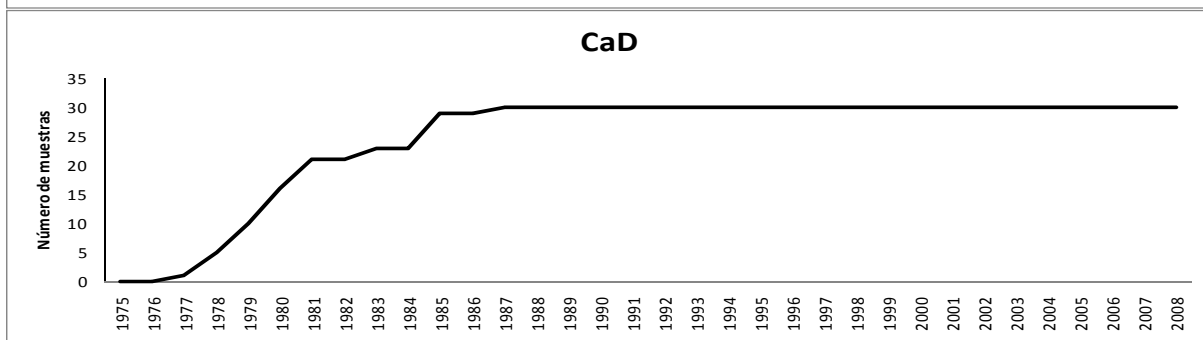
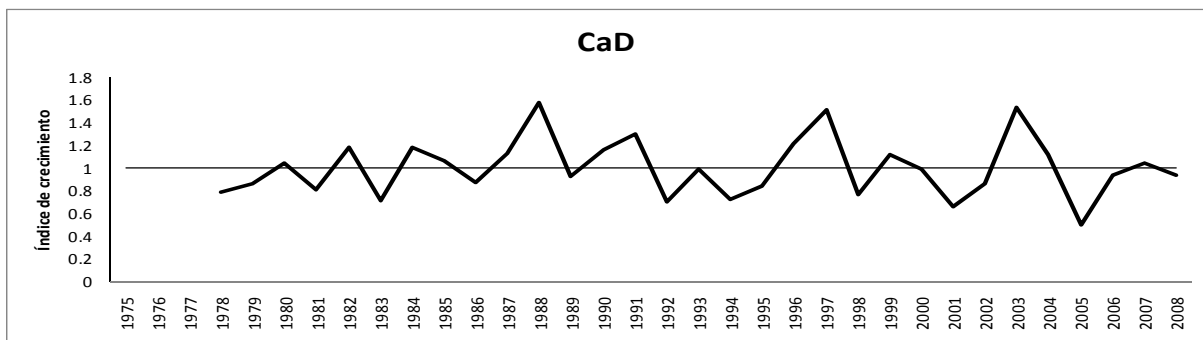
Para eliminar las tendencias biológicas de la serie de anillos de crecimiento y reducir al mínimo las variaciones que no son compartidas por la mayoría de los árboles (Fritts, 1976), se usará el programa v6.05P ARSTAN (Cook y Holmes, 1984; Holmes, 2001; disponible en [www.ltrr.arizona.edu](http://www.ltrr.arizona.edu)). La estandarización elimina las tendencias geométricas y biológicas de las series de crecimiento conservando las variaciones interanuales relacionadas con el clima. La cronología de cada zona se obtendrá calculando la media de las series estandarizadas.

La calidad de la cronología será evaluada utilizando la sensibilidad media (MS), que es el grado en el cual uno o más factores casuales se reflejan en una serie de anillos (Schweingruber, 1996), la desviación estándar (SD), la relación señal-ruido (SNR), la *expressed population signal* (EPS), la varianza en el primer vector y la correlación entre los individuos.

## 4. Resultados

Las muestras analizadas proceden de plantaciones, por lo que las cronologías de los árboles dominantes y las de los dominados tienen una longevidad similar, de aproximadamente 35 años. A continuación se muestran los índices de crecimiento y el número de muestras de cada serie de datos (Fig.2).





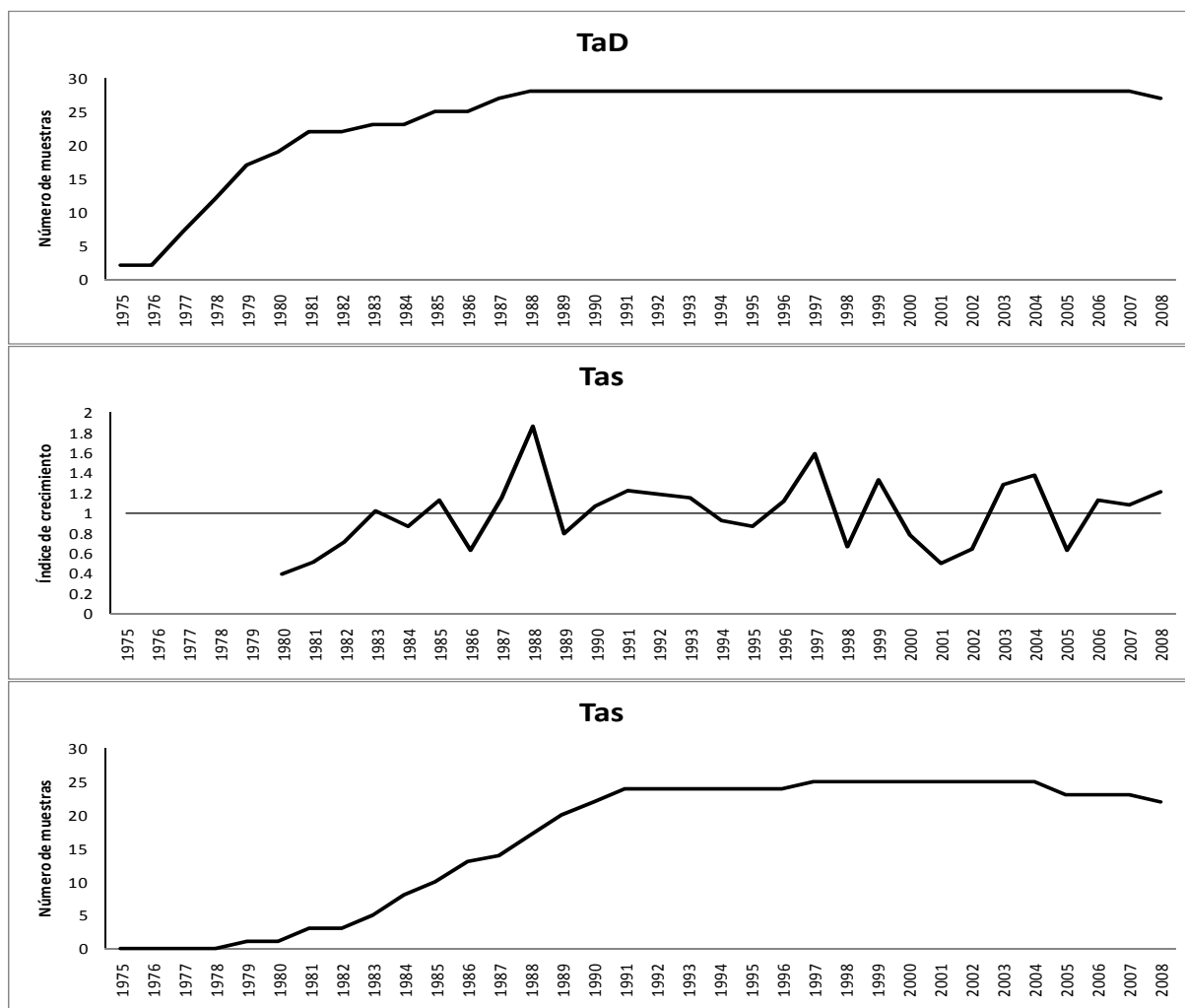


Figura 2. Índices de crecimiento y número de muestras de las parcelas. D=dominantes; s=dominados.

Para un análisis más detallado se compararon los valores medios de los árboles dominantes y de los árboles dominados antes y después del estandarizado (Fig.3)



Figura 3. Comparación entre las series reales y las estandarizadas. Línea negra=dominantes; Línea gris=dominados; Línea continua=Estandarizado; Línea de puntos=real.

Atendiendo a las curvas estandarizadas, puede observarse un patrón común en las reacciones debidas al clima de los árboles dominantes y los dominados. Sin embargo, los

árboles dominantes responden a la sequía de manera más plástica, con unas reducciones del crecimiento mayores que las de los árboles dominantes pero recuperando su tasa de crecimiento más rápidamente.

Las estadísticas descriptivas muestran que la desviación estándar varía entre 0.26 y 0.33 y la sensibilidad media entre 0.33 y 0.419 en las 6 parcelas analizadas. La relación señal-ruido varía entre 14.30 y 66.09 y los valores de EPS varían entre 0.934 y 0.99 (Tabla 3). Las cronologías analizadas tienen una elevada relación señal-ruido (valores superiores a 14) y EPS (valores por encima de 0.93). Además, la varianza en el primer vector es superior al 70% en árboles dominantes y al 57% en árboles dominados; las cronologías muestran una alta correlación, superior al 67% en árboles dominantes y al 50% en árboles dominados, presumiblemente debida a factores climáticos.

Tabla 3: Estadísticas descriptivas de las cronologías. DS=desviación estándar; MS=sensibilidad media; SNR=relación señal-ruido; EPS=*expressed population signal*; Var.=varianza en el primer vector; Corr.med.=correlación media entre los individuos.

Código	AmD	Ams	CaD	Cas	TaD	Tas
Periodo	1974-2008	1976-2008	1977-2008	1981-2008	1976-2008	1979-2008
Nº series	27	19	30	29	28	25
Nº anillos	849	493	847	659	813	522
Edades	35-28	33-22	32-27	28-22	34-27	30-20
DS	.32	.32	.25	.31	.29	.34
MS	.40	.37	.33	.36	.33	.35
SNR	66.08	14.30	28.70	15.57	39.87	20.33
EPS	.98	.93	.96	.94	.97	.95
Var.	74.82%	57.34%	70.28%	63.16%	71.00%	64.38%
Corr.med	.734	.505	.672	.565	.689	.610

## 5. Discusión

El pino carrasco es una especie fiable para estudios dendroclimatológicos ya que presenta una alta correlación entre las series de crecimiento de los árboles pertenecientes a cada parcela, una alta relación señal-ruido y unos valores estadísticos que señalan una clara relación del crecimiento con las variables climáticas.

Los resultados obtenidos hasta el momento sugieren que las series de crecimiento reflejan una alta influencia de los factores climáticos ya que el efecto de la variabilidad interanual es alto, con una sensibilidad media superior a la obtenida en estudios anteriores en *Pinus sylvestris* L., *Pinus nigra* Arnold, *Pinus pinaster* Ait. y *Pinus mugo* ssp. *uncinata* Turra. en la Península Ibérica (Richter et al. 1991, Bogino y Bravo 2008).

Los árboles dominantes responden a la sequía de manera más plástica, con unas reducciones del crecimiento mayores que las de los árboles dominantes pero recuperando su tasa de crecimiento más rápidamente. Éstos resultados confirman los obtenidos en estudios anteriores de *Pinus nigra* Arn. en el sureste de la Península Ibérica (Martin-Benito et al. 2008).

Es evidente que los árboles dominados sufren un mayor estrés durante la sequía debido a la elevada competencia radical por la humedad del suelo (Kloepfel et al. 1993). Pero



también hay que tener en cuenta que los árboles pertenecientes a estratos inferiores sufren menos radiación solar y tienen una mayor protección contra el viento reduciendo las tasas de transpiración, por lo que la sensibilidad climática se ve reducida (Bréda et al. 2006; Martín-Benito et al. 2008). Esto en bosques mediterráneos claros debe tomarse con cautela pues la luz que reciben los dominados es relativamente abundante.

A parte de las diferencias entre árboles dominantes y dominados, nuestros resultados, junto con anteriores estudios (Orwig & Abrams 1997) demuestran que las coníferas de zonas xéricas, como es el caso del pino carrasco, son especies muy bien adaptadas a la sequía. Ante las predicciones cambios en los patrones de las precipitaciones y las temperaturas como consecuencia del calentamiento global, provocando una mayor frecuencia de sequías, estas especies suponen una firme alternativa a la hora de la selección de especies. Tanto el crecimiento como la composición específica de los ecosistemas se verá afectada, por lo que este tipo de coníferas mediterráneas comenzaran a ganar protagonismo en el futuro de los bosques europeos.

## 6. Conclusiones

*Pinus halepensis* es una especie interesante a la hora de analizar las relaciones entre el crecimiento y las variables climáticas, ya que es una especie muy bien adaptada a la sequía su crecimiento está altamente relacionado con el suministro de agua. Las cronologías estudiadas muestran una alta correlación, presumiblemente debida a factores climáticos. Los árboles dominantes mostraron una respuesta más plástica a la sequía, con unas reducciones del crecimiento mayores que las de los árboles dominantes pero recuperando su tasa de crecimiento más rápidamente.

## 7. Agradecimientos

Este trabajo ha sido realizado en el marco del proyecto AGL-2007-65795-C02-01 financiado por el Ministerio de Ciencia e Innovación. Los autores agradecen a Wilson Lara, Javier Castaño, María Menéndez, Irene Ruano, Antonio Urchaga, Cristóbal Ordoñez, Encarna García y Luis Fernando Osorio por la ayuda en la toma de datos. La Acción COST Número FP0703 “Expected Climate Change and Options for European Silviculture” (ECHOES) ha financiado la estancia de Jorge Olivar en la Universidad de Freiburg (Alemania) durante tres meses.

## BIBLIOGRAFÍA

Bréda, N.; Huc, R.; Granier, A.; Dreyer E; 2006. Temperate forest trees and stands under severe drought: a review of ecophysiological response, adaptation processes and long-term consequences. *An. For. Sci.* 42 206-219.

Bogino, S.; Bravo, F.; 2008. Growth response of *Pinus pinaster* Ait. to climatic variables in central Spanish forests. *Ann. For. Sci.* 68 506-518.

Cook, E.R.; Holmes R.L.; 1984. Program ARSTAN users manual. Laboratory of Tree Ring Research, University of Arizona, Tucson, USA.

Elena-Roselló R.; 1997. Clasificación biogeoclimática de España Peninsular y Balear Madrid: Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. 100 p. Madrid.

Esteban-Parra, M.; Rodrigo, F.; Castro Diez, Y.; 1998. Spatial and temporal patterns of precipitation in Spain for the period 1880-1992. *Int. J. Climatol.* 18 1557-1574.

Fritts, H.C.; 1976. *Tree Rings and Climate*. Academic Press. London.

Fritts, H.C.; 1998. Factors preconditioning growth with Kalman filter: an empirical model of the tree ring response to monthly variations in climate. Laboratory of Tree Ring Research, University of Arizona, Tucson, USA.

Fritts, H.C.; 1999. PRECON version 5.17, <http://www.arizona.edu/webhome/hal/dlprecon.html>.

Grissino-Mayer, H.D.; 2001. Evaluating crossdating accuracy: a manual and tutorial for the computer program COFECHA. *Tree-Ring Res* 57 205-221.

Holmes, R.L.; 2001. *Dendrochronology Program Library*. Laboratory of Tree Ring Research, University of Arizona, Tucson, USA.

IPCC 2007. *Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA.

Kloeppel, B.D.; Abrams, M.D.; Kubiske, M.E.; 1993. Seasonal ecophysiology and leaf morphology of four successional Pennsylvania barrens species in open versus understory environments. *Can. Journ. For. Res.* 23 181-189.

Martin-Benito, D.; Cherubini, P.; Del Rio, M.; Cañellas, I.; 2008. Growth response to climate and drought in *Pinus nigra* Arn. Trees of different crown classes. *Trees* 22 363-373.

Orwig, D.; Abrams, M.; 1997. Variation in radial growth responses to drought among species, site, and canopy strata. *Trees* 11 474-484.

Richter, K.; Eckstein, D.; Holmes, R.L.; 1991. The dendrochronological signal of pine trees (*Pinus* spp.) in Spain. *Tree-Ring Bull* 51 1-13.

Rodrigo, F.; Esteban-Parra, M.; Pozo-Vázquez, D.; Castro Diez, Y.; 2000. Rainfall variability in southern Spain on decadal to centennial time scales. *Int. J. Climatol.* 20 221-732.

Schinker, M.G.; Hansen, N.; Spiecker, H.; 2003. High-frequency densitometry – a new method for the rapid evaluation of wood density variations. *IAWA Journal* 24 (3) 231-239.

Schweingruber, F.H.; 1996. *Tree rings and environment: Dendroecology*. Paul Haupt Publisher, 602p. Berne, Stuttgart, Vienna.

Stokes, M.; Smiley, T.; 1968. *An Introduction to Tree-Ring Dating*, University of Arizona Press, Tucson, UEA.

Valbuena, P., Del Peso, C.; Bravo, F.; 2008. Stand density management diagrams for two Mediterranean species in Eastern Spain. *Invest. Agr.: Sist. Rec. For.* 17(2) 97-104.