

APROXIMACIÓN DENDROECOLÓGICA AL POSIBLE DECAIMIENTO DEL ABETO (*Abies alba* Mill.) EN EL PIRINEO ARAGONÉS

J.J. CAMARERO; E. MARTÍN-BERNAL; E. GIL-PELEGRÍN; A. PADRÓ
(1) (1) (2) (3)

- (1) Servicio Provincial de Medio Ambiente de Zaragoza, Unidad de Sanidad Forestal, D.G.A.
- (2) Unidad de Recursos Forestales, Servicio de Investigación Agroalimentaria, D.G.A.
- (3) Servicio de Estudios, Coordinación y Defensa contra Incendios Forestales, D.G.A.

RESUMEN

Se investiga el episodio de decaimiento del abeto (*Abies alba*) cuya intensidad fue máxima durante los años 80 en el Pirineo aragonés. Los objetivos de este trabajo son: (i) situar en un contexto espaciotemporal dicho episodio para así cuantificar su intensidad; (ii) determinar sus causas. Este episodio de decaimiento podría ser, en parte, consecuencia del reciente aumento de variabilidad climática. Dicha hipótesis se contrastó mediante una aproximación dendroecológica.

Se muestran los resultados para 7 poblaciones en cada una de las cuales se seleccionaron 10-15 individuos de los que se tomaron dos *cores* por individuo. Para cada árbol se describió su: (i) ambiente (localización, altitud, orientación, pendiente, suelo, diversidad del bosque y del sotobosque, grado de dominancia y competencia); (ii) tamaño y capacidad reproductiva (altura, diámetro normal, producción de piñas); (iii) estado visual de daños (defoliación, guía terminal). Las muestras se dataron para construir cronologías estandarizadas de crecimiento radial, las cuales se relacionaron con datos climáticos. Mediante análisis multivariantes se cuantificaron las relaciones ambiente-estado de visual de daños.

Los resultados preliminares confirman la hipótesis inicial. Sin embargo, este episodio puede situarse dentro de un proceso paleoecológico de retirada del abeto frente a la expansión del haya, en parte fomentada por actividades humanas (talas).

P.C.: decaimiento del bosque, dendroecología, clima, *Abies alba* Mill., Pirineos.

SUMMARY

The episode of fir (*Abies alba*) decline which intensity was maximum during the 80's in the Aragón Pyrenees is analysed. The objectives of this study are: (i) to locate within a spatiotemporal context this episode in order to quantify its intensity; (ii) to determine its causes. This decline episode may be, in part, caused by the recent increase of climatic variability. This hypothesis is tested using a dendroecological approach.

The results for 7 populations are presented. At each site, 10-15 individuals were sampled taking two cores per tree. The next variables were taken for each tree: (i) environment (location, elevation, aspect, slope, soil, diversity of the forest and the understory, degree of dominance and competence); (ii) size and reproductive ability (height, diameter at breast height, cone production); (iii) visual assessment of health condition (defoliation, leader shoot). The samples were dated to build standardized chronologies of radial growth. These were related to climatic data. The relationships between environment and visual assessment of decline for each tree were quantified using multivariate analyses.

The preliminary results confirm the initial hypothesis. However, this episode should be located within a paleoecological process of contraction of the fir area and expansion of beech, what can be partly promoted by human activities (logging).

K.W.: forest decline, dendroecology, climate, *Abies alba* Mill., Pyrenees.

INTRODUCCIÓN, MATERIAL Y MÉTODOS

Durante los años 70 y 80 se describió en Europa Central y el Este de N. América una serie de procesos caracterizados por un menor crecimiento y una elevada mortalidad de árboles de distintas especies, sobre todo coníferas, que se englobaron bajo el epígrafe común: “decaimiento del bosque” (*forest decline*). Tras muchos años de investigación, se consideró la polución atmosférica como

el principal agente causal (SCHÜTT & COWLING, 1985). Sin embargo, años después se replanteó esta aproximación resaltando que dicho episodio de decaimiento no fuera realmente excepcional en su incidencia y severidad si se situaba en una escala temporal de siglos (SKELLY & INNES, 1994). El único consenso actual alcanzado sobre el decaimiento del bosque lo considera un problema complejo en el que intervienen e interaccionan una serie de factores de estrés (abióticos –clima, polución atmosférica– y bióticos –patógenos–; MANION, 1981).

Ya se había descrito la asociación entre episodios de decaimiento de bosques de templado-húmedos de Europa central y periodos previos de sequías, por lo que el clima parecía intervenir de alguna manera sobre los procesos de decaimiento (CRAMER, 1984). Este efecto sería en teoría más intenso en los límites de distribución de las especies arbóreas, ya que es allí donde son más sensibles a las limitaciones climáticas. Este es el caso de las poblaciones del abeto (*Abies alba* Mill.) en los Pirineos aragoneses, donde esta especie predomina en las umbrías y fondos húmedos de valle (Tabla 1). Además, se superpone el gradiente W-E de precipitación, que marca de forma determinante la distribución de la vegetación pirenaica (VIGO & NINOT, 1987). En los años 80 se detectó una elevada mortalidad acompañado de una elevada defoliación de las copas en ciertos abetares de Pirineo occidental aragonés (Ansó, Jasa) en los que se describieron ataques de perforadores (MARTÍN & COBOS, 1986). Sin embargo, dicho episodio coincidió con la sucesión de diversos años secos en dicha zona por lo que no se descartó el papel de clima como agente de predisposición al decaimiento. Por todo lo expuesto, se consideró muy apropiada una aproximación dendroecológica para cuantificar la posible influencia del clima y el ambiente sobre dichos episodios de decaimiento (BERT, 1993).

Se muestrearon 7 abetares distribuidos en un gradiente W-E en el Pirineo aragonés (Tabla 1). Se tomaron al menos dos muestras radiales de madera (*cores*) a 1,3 m de altura en cada individuo muestreado. Dichas muestras se secaron al aire y se lijaron con papeles de lija sucesivamente más finos hasta distinguir perfectamente los anillos de crecimiento anual. Éstos se identificaron y dataron usando técnicas dendrocronológicas clásicas (datación cruzada y *skeleton plot*, STOKES & SMILEY, 1968; anillos característicos; YAMAGUCHI, 1991). Después se midieron con una resolución de 0,01 mm usando un sistema semiautomático de medida tipo CATRAS (ANIOL, 1983). Para validar las dataciones mediante correlaciones entre las distintas series de crecimiento radial se utilizó el programa COFECHA (HOLMES, 1983). En todos los casos la datación se confirmó mediante la identificación exacta de anillos característicos, ya sea por su grosor o coloración (SCHWEINGRUBER *et al.*, 1990). Los segmentos con crecimientos anómalos o poco correlacionados se trataron por separado. Para detectar aumentos bruscos de crecimiento radial, posiblemente debidos a talas, se consideraron respuestas significativas aquellos años en las que el crecimiento radial medio de los 10 años posteriores supera en al menos un 50 % al crecimiento medio del periodo previo de 10 años (LORIMER & FRELICH, 1989). Los anillos de reacción fueron descartados en este análisis. Se consideraron liberaciones las que, siendo detectadas por este método, además aparezcan en al menos 2 árboles para el período cuyo tamaño de muestra (*nº cores*) sea al menos el 50 % del total (normalmente 1930-90). Para reducir el ruido estadístico, eliminar la tendencia del crecimiento debido al aumento de edad y diámetro y resaltar la variabilidad de alta frecuencia, se realizaron dos ajustes consecutivos: curvas exponenciales o lineares negativas y *splines* de 25 años. La autocorrelación fue eliminada con modelos autoregresivos mayoritariamente de orden 1 para evitar la dependencia de las observaciones. Las series residuales así estandarizadas están compuestas por índices de crecimiento radial que deben promediarse para establecer la cronología maestra de cada localidad. Se usó una media robusta –*biweight robust mean*– para ponderar el efecto de valores extremos. Se compararon las cronologías residuales para el intervalo común a todas las localidades (1900-1999) con los datos climáticos de la estación de Canfranc-Arañones (código 9198, Lat. 42° 44' 55" N, Long. 0° 31' 05" W, alt. 1160 m, periodo 1910-99) usando el índice de correlación (*r*) de Pearson. Las cronologías fueron elaboradas usando el programa ARSTAN (COOK, 1985).

Tabla 1. Abetares muestreados en el Pirineo aragonés (entre paréntesis se indica su abreviatura).

Se indican los valores medios de pendiente y los rangos de altitud. Abreviaturas de las especies vegetales: *Bs*, *Buxus sempervirens*; *Fs*, *Fagus sylvatica*; *Oa*, *Oxalis acetosella*; *Ps*, *Pinus sylvestris*; *Pt*, *Populus tremula*; *Pu*, *P. uncinata*; *Rf*, *Rhododendron ferrugineum*; *Sa*, *Sorbus aucuparia*; *Vm*, *Vaccinium myrtillus*.

Localidad	Latitud (N)	Longitud (W / E)	Altitud (m s.n.m.)	Orientación	Pendiente (°)	Litología	Comunidad vegetal
S. Juan de la Peña (JP)	42° 31' 00"	0° 41' 30" W	1395-1485	N-NE	22	Caliza, arenisca	<i>Ps, Fs, Bs</i>
Peña Oroel (PO)	42° 31' 20"	0° 32' 20" W	1505-1650	N-NW	25	Conglomerados	<i>Ps, Bs</i>
Paco de Villanúa (VI)	42° 40' 45"	0° 30' 20" W	1205-1265	N-NW	22	Caliza	<i>Ps, Bs, Oa</i>
Diazas (DI)	42° 37' 50'	0° 05' 40" W	1505-1550	N-NW	22	Caliza, arenisca	<i>Ps, Fs, Sa</i>
Collado de Collubert (CO)	42° 28' 30'	0° 18' 11" E	1390-1510	E-NE	22	Margas	<i>Fs, Bs</i>
Collado de Sahún (SA)	42° 33' 30'	0° 23' 16" E	1770-1805	N-NW	15	Margas	<i>Pu, Rf, Vm</i>
Ballibierna (BA)	42° 38' 20'	0° 34' 40" E	1575-1615	W-NW	30	Granitos, esquistos	<i>Rf, Vm, Pt</i>

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Las liberaciones bruscas de crecimiento (*releases*), que en nuestro caso pueden indicar talas, fueron especialmente frecuentes en la población de S. Juan de la Peña, mientras que fueron relativamente raras entre los abetos jóvenes de la Peña Oroel (Tabla 2). Si comparamos todas las localidades, estas liberaciones se concentraron en el tiempo en épocas concretas: 1952-53 y 1989. Los abetos más viejos fueron escasos y se encontraron en el Collado de Sahún. Por ello, su crecimiento medio es el menor de entre todas las localidades. El crecimiento medio radial fue elevado en: Peña Oroel, Collado de Collubert y Diazas. En general, el crecimiento medio radial durante los años 80 fue bajo y claramente menor que el promedio de todo el intervalo en algunas localidades, exceptuando S. J. de la Peña y los collados de Sahún y Collubert. Las mayores sensibilidades medias aparecieron en las poblaciones prepirenaicas (S. J. de la Peña, Peña Oroel) y en aquella con una mayor influencia continental-mediterránea (Diazas). Además, la sensibilidad media disminuyó entre las poblaciones pirenaicas al aproximarnos a zonas más orientales de menor influencia oceánica. Estas mismas poblaciones, junto a Ballibierna, mostraron las mayores correlaciones medias de sus series respecto a la cronología maestra. En general, la autocorrelación fue de primer orden.

Tabla 2. Características de las series de crecimiento radial de siete abetares del Pirineo aragonés (ver abreviaturas en Tabla 1). Se da la desviación estándar (SD) del crecimiento radial anual para el intervalo más largo en cada sitio y para la década de los 80. El número de *cores* es el número total de series datadas. Abreviaturas: *MSx*, sensibilidad media; *AR*, autocorrelación media; *CORR*, correlación media de todas las series respecto a la cronología maestra de cada población. La última columna indica los años en que se detectaron liberaciones significativas de crecimiento. Las variables se calcularon sobre los datos brutos.

Localidad	Intervalo (años)	Nº árboles (<i>cores</i>)	Crecim. anual medio \pm SD (mm * 10 ⁻²)	Crecim. anual años 80 \pm SD (mm * 10 ⁻²)	<i>MSx</i>	<i>AR</i>	<i>CORR</i>	<i>Releases</i>
JP	1855-1999	13 (28)	216 \pm 118	246 \pm 126	0.22	0.84	0.57	1952-53, 1964, 1971, 1989
PO	1892-2000	10 (24)	280 \pm 119	174 \pm 102	0.20	0.78	0.71	1932, 1991
VI	1883-2000	14 (30)	206 \pm 84	168 \pm 122	0.18	0.80	0.55	1952, 1972
DI	1860-2000	12 (24)	266 \pm 112	242 \pm 96	0.21	0.82	0.66	1952-53, 1955
CO	1819-2000	12 (27)			0.17	0.83	0.51	1957-59

			275 ± 120	320 ± 164				
SA	1667-2000	12 (29)	187 ± 63	186 ± 138	0.15	0.84	0.53	1939, 1989
BA	1861-2000	11 (29)	209 ± 69	155 ± 69	0.15	0.82	0.60	1943, 1966

Las correlaciones entre las distintas cronologías residuales para el periodo 1900-99 ($n = 100$) variaron desde $r = 0,79$ (VI-JP, $P < 0,001$) hasta $r = 0,29$ (VI-SA, $P = 0,003$). La población de menor correlación media respecto a las demás fue la situada en el Collado de Sahún, que se caracteriza por tratarse del único abetal típico subalpino estudiado (Tabla 1). Esto muestra que no sólo la distancia geográfica interviene a la hora de comparar el crecimiento entre zonas diferentes sino también la situación local (altitud, orientación, etc.) e influencias climáticas (gradiente W-E). Destaca también la respuesta común de los abetares prepirenaicos (JP-PO, $r = 0,66$; $P < 0,001$) y la elevada correlación media de estos abetares y del situado en Villanúa (VI) respecto a los demás, incluso respecto a los muy alejados (VI-BAL, $r = 0,54$; $P < 0,001$). Por ello y dada la baja frecuencia de liberaciones de crecimiento en esta localidad, seleccionamos la cronología del Paco de Villanúa para compararla con los datos climáticos mensuales de Canfranc.

Durante el periodo 1900-99, se observaron diversos años de mayor (1923, 1925, 1932, 1943, 1964, 1975-76, 1985, 1992-93) o menor (1912, 1924, 1931, 1965, 1984, 1986, 1998) crecimiento radial (Figs. 1.A. y 1.B.). El año de menor crecimiento medio para el siglo XX fue 1986, que se sitúa en una década de gran variabilidad de crecimiento ya que contiene años extremos caracterizados por un crecimiento muy bajo o muy alto. Pueden considerarse periodos similares, aunque de menor variabilidad, mediados de los años 20 y 60 (Fig. 1.B.). Las cronologías de datos brutos mostraron cierta variabilidad dadas sus peculiaridades locales pero, en general, indicaron que el crecimiento fue elevado en el periodo 1950-80, y disminuyó a partir del periodo 1986-94 en casi todas las poblaciones (Fig. 1. A., PO, VI, DI – brusco descenso a finales de los 90–).

Las relaciones crecimiento-ambiente se cuantificaron mediante análisis de ordenación indirecta (Análisis de Correspondencias) y sólo detectaron cierta influencia negativa, aunque no significativa, de la altitud sobre el grado de defoliación (no mostradas). Las relaciones clima-crecimiento (Fig. 1. C.) indicaron la importante relación positiva de las precipitaciones estivales durante el año de crecimiento (junio-julio) y el año anterior (agosto-septiembre) sobre el crecimiento radial, así como la relación negativa de las temperaturas de febrero y del otoño (septiembre-octubre) previos al año de crecimiento. Esto subraya la sensibilidad de esta especie a la variabilidad de las precipitaciones. De hecho, 1986 fue el séptimo verano más seco del periodo 1910-99, aunque la década de los 90 destaca también por sus bajas precipitaciones estivales. Aunque similares a relaciones halladas en los Alpes (ROLLAND et al., 1999), nuestras funciones de correlación difieren en cuanto a los meses importantes para el crecimiento.

CONCLUSIONES

Hemos confirmado el papel del clima (precipitaciones estivales) sobre alguno (década de los 80) de los episodios de decaimiento del abeto descritos durante el siglo XX en el Pirineo aragonés. No se ha encontrado ninguna variable ambiental que esté relacionada de forma clara con el nivel de decaimiento atendiendo al estado visual externo de los árboles estudiados. El papel desencadenante del decaimiento por parte de la variabilidad climática (mayor frecuencia de sequías) debe entenderse dentro de un contexto reciente de intensas actividades humanas (talas) enmarcado por la retirada del abeto frente a la expansión del haya desde mediados del Holoceno. Esta tendencia paleoecológica puede entenderse como un paso de condiciones climáticamente más continentales hacia otras más atlánticas o mediterráneas, en las que la variabilidad interanual de las precipitaciones se vuelve un factor ecológico clave.

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo se ha realizado gracias al apoyo económico de COMENA (Zaragoza) y SIA, ambos pertenecientes a la D. G. A. También agradecemos el apoyo recibido dentro del proyecto europeo

FORMAT (ENV4-CT97-0641). Gracias por su ayuda a: J. L. Vázquez, C. Lastanao y N. Ibarra.

BIBLIOGRAFÍA

- ANIOL, R. W.; (1983). *Tree-ring analysis using CATRAS*. *Dendrochronologia* 1: 45–53.
- BERT, G. D.; (1983). *Impact of ecological factors, climatic stresses, and pollution on growth and health of silver fir (Abies alba Mill.) in the Jura mountains: an ecological and dendrochronological study*. *Acta Oecologica* 14: 229–246.
- COOK, E. R.; (1985). *A time series analysis approach to tree-ring standardization*. PhD Thesis. Lab. of Tree-Ring Research. Tucson.
- CRAMER, H. H.; (1984). *On the predisposition to disorders of Middle European forests*. *Planzenschutz-Nachrichten Bayer* 2: 97–207.
- FRITTS, H. C.; (1976). *Tree rings and climate*. Academic Press. New York. 567 p.
- HOLMES, R. L.; (1983). *Computer-assisted quality control in tree-ring dating and measurement*. *Tree-Ring Bulletin* 43: 68–78.
- LORIMER, C. G. & FRELICH, L. E. (1989). *A methodology for estimating canopy disturbance frequency and intensity in dense temperate forests*. *Canadian Journal of Forest Research* 19: 651–663.
- MANION, P. D.; (1981). *Tree disease concepts*. Prentice-Hall. New York. 399 p.
- MARTÍN, E. & COBOS, J. M.; (1986). *Graves ataques de perforadores en los abetares de Ansó (Huesca)*. *Boletín de Sanidad Vegetal y Plagas* 12: 297–298.
- ROLLAND, C., MICHALET, R., DESPLANQUE, C., PETETIN, A. & AIMÉ, S.; (1999). *Ecological requirements of Abies alba in the French Alps derived from dendro-ecological analysis*. *Journal of Vegetation Science* 10: 297–306.
- SCHÜTT, P. & COWLING, E. B.; (1985). *Waldsterben, a general decline of forests in Central Europe: Symptoms, development, and possible causes*. *Plant Disease* 69: 548–558.
- SCHWEINGRUBER, F. H., ECKSTEIN, D., SERRE-BACHET, F. & BRÄKER, O. U.; (1990). *Identification, presentation and interpretation of event years and pointer years in dendrochronology*. *Dendrochronologia* 8: 9–39.
- SKELLY, J. M. & INNES, J. L.; (1994). *Waldsterben in the forests of Central Europe and Eastern North America: Fantasy or reality?* *Plant Disease* 78: 1021–1032.
- STOKES, M. A. & SMILEY, T. L.; (1968). *An introduction to tree-ring dating*. University of Chicago Press. Chicago. 73 p.
- VIGO, J. P. & NINOT, J. M.; (1987). *Pirineos*. En: PEINADO LORCA, M. & RIVAS-MARTÍNEZ, S. (eds.) *La vegetación de España*. Servicio de Publicaciones de la Univ. de Alcalá de Henares. Alcalá de Henares. 349–384 p.
- YAMAGUCHI, D. K.; (1991). *A simple method for cross-dating increment cores from living trees*. *Canadian Journal of Forest Research* 21: 414–416.

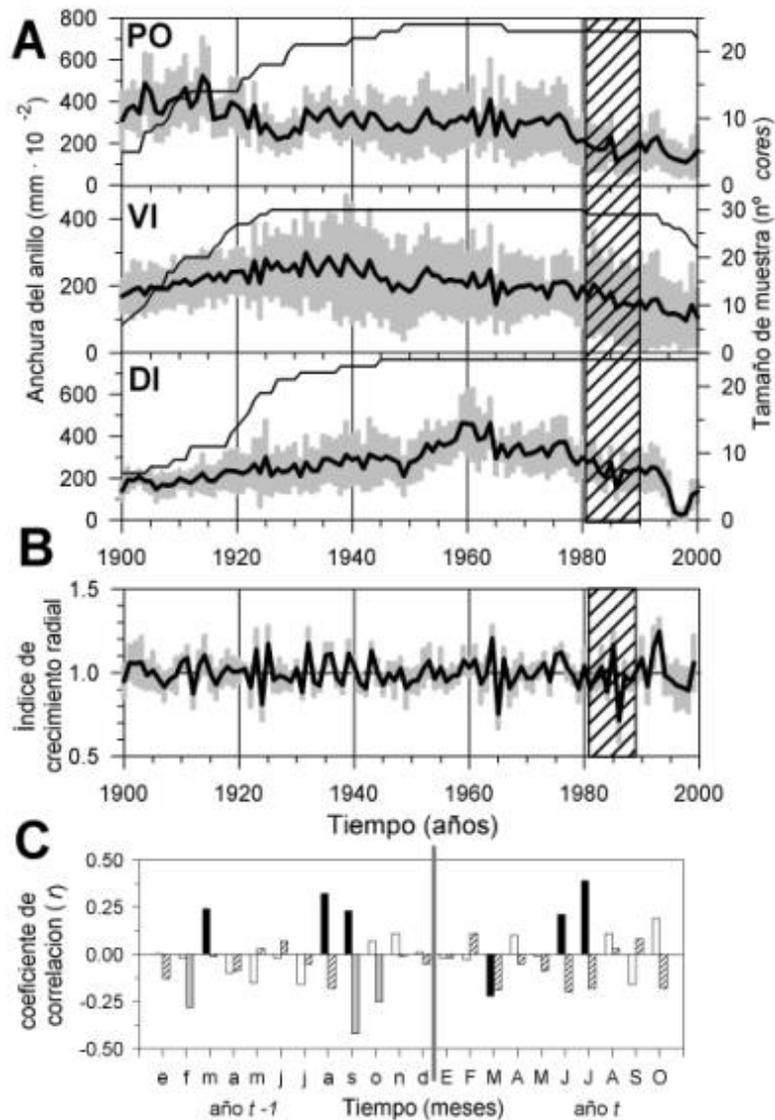


Figura 1. A. Crecimiento radial medio y desviación estándar -SD- (barras grises) en 3 abetares (ver texto). La línea escalonada es el n° de cores. B. Promedio de las 7 cronologías residuales estudiadas y su SD. Se señala los años 80 (episodio de decaimiento). C. Correlaciones entre el crecimiento radial en VI y datos climáticos mensuales (Canfranc: temperatura media -barras rayadas, y grises si $P < 0,05$ -, precipitación -barras blancas, y negras si $P < 0,05$ -) para los años previo ($t-1$) y de crecimiento (t).

Figura 1.