

Evolución del crecimiento radial en un rodal adulto de *Pinus nigra* Arn. de la provincia de Lleida

D. Meya ¹, J.M.^a González * ², A. Aunós ¹

¹ Centre Tecnològic Forestal de Catalunya (CTFC) - Universitat de Lleida (UdL)
Pujada del Seminari, s/n. 25280 - Solsona

² ESTIA - Universidad de León
Avda. de Astorga, s/n, 24400 - Ponferrada

diajgm@unileon.es

RESUMEN

Se ha estudiado un rodal adulto (edad media = 139 años) de *Pinus nigra* ssp. *salzmannii* var. *pyrenaica* en el W de la comarca del Solsonès (Lérida). Se han medido y extraído testigos de madera de 97 árboles adultos, a partir de los cuales se han medido e interdatado 13.340 anillos anuales, construyendo una cronología de crecimientos que abarca desde 1818 a 1996. Se han analizado las relaciones entre diversos parámetros dendrométricos medidos y los crecimientos observados, encontrándose en general muy bajas correlaciones. Se han construido tres series medias de crecimiento (cronología media, estandarizada, y en función de la edad) a partir de las cuales se ha analizado la evolución del rodal. Se ha observado un prolongado período de ralentización y estancamiento del crecimiento que se mantiene cerca de ochenta años, seguido de una fuerte corta a la que la masa reacciona con un notable incremento del crecimiento radial en un momento en que la edad media era ya de 101 años.

PALABRAS CLAVE: *Pinus nigra*
Crecimiento radial
Dendrocronología
Competencia

INTRODUCCIÓN

Pinus nigra Arn. ssp. *salzmannii* var. *pyrenaica*, ocupa espontáneamente unas 134.000 ha en Cataluña, localizado mayoritariamente en las comarcas centrales y en el Prepirineo de Lérida, y en menor medida en prácticamente todas las sierras interiores (Cordillera prelitoral, Port de Tortosa - Besseit, etc.) (ver Fig. 1), lo que representa cerca

* Autor para correspondencia
Recibido: 13-7-00
Aceptado para su publicación: 5-2-01



Fig. 1.—Distribución en Cataluña de *Pinus nigra*

de un 12 % de la superficie arbolada de la comunidad. La mayor parte de las masas son de propiedad privada y se encuentran sobre suelos calizos, colonizando antiguos pastizales y terrenos de cultivo en el piso montano. Los grandes incendios de 1994 y 1998 han incidido especialmente en su área central de distribución, con unas 25.000 ha afectadas. Fitosociológicamente corresponden a la serie *Buxo-quercetum pubescentis*, siendo la única zona de la Península en que esto ocurre, a semejanza de las masas del SE de Francia.

La silvicultura aplicada a las masas de laricio en Cataluña difiere de la descrita para el Sistema Ibérico (Serrada *et al.*, 1993, Gómez Loranca, 1996), no sólo por la estructura de propiedad, sino también por las características tecnológicas de la madera y el tipo de industria establecido en ambas zonas. Así, mientras la madera de laricio de la zona del Sistema Ibérico se considera de calidad excepcional para sierra, la de Cataluña presenta unas propiedades muy interesantes para la fabricación de postes (facilidad de impregnación, flexibilidad, etc.). Teniendo en cuenta que una gran parte de la producción española de postes se concentra en la Cataluña central, y que su precio supera ampliamente a las mejores calidades de sierra, no es de extrañar que el tipo de gestión practicado por la mayoría de las propiedades particulares se asemeje a un huroneo con extracción principal de postes, con lo cual en estas masas la proporción de pies de clases diamétricas superiores a la 25 es muy baja.

Pesan serias dudas sobre la sostenibilidad económica y ecológica a medio plazo de este tipo de gestión, de manera que se están proponiendo diversas alternativas, la mayor parte de las cuales pasan por una mayor producción de madera de sierra de calidad, y una limitación de las cortas diamétricas, ya sea mediante sistemas irregulares o regulares

(González *et al.*, 1997 y 1999), aunque los costes de dichos cambios puedan ser difíciles de asumir por los propietarios particulares (Aunós, 1997).

En este sentido, un sencillo análisis visual puede dar una idea de los efectos de la gestión actual sobre la estructura de los pinares de laricio: superponiendo los pares de valores de altura-edad para 200 árboles tipo del IEFC, Inventario ecológico y forestal de Cataluña (Gràcia *et al.*, 1993), con las curvas de calidad provisionales para la variedad *pyrenaica* propuestas por García Abejón (1982, en Elena y Sánchez, 1991), se observa (ver Fig. 2) cómo en las edades iniciales hay una distribución más o menos homogénea en todas las clases de calidad (con poca representación de las extremas: I y V), mientras que a partir de una cierta edad, en que empiezan a alcanzarse dimensiones comerciales, desaparecen los árboles de las mejores, y empiezan a acumularse por debajo de la clase V; éstos corresponden con toda seguridad a pies dominados, ya que a edades más tempranas su proporción es muy escasa. Se intuyen así las importantes pérdidas de producción potencial que está provocando una selección individual negativa de los árboles, ya que los que poseen mayor capacidad de crecimiento son eliminados a edades más jóvenes.

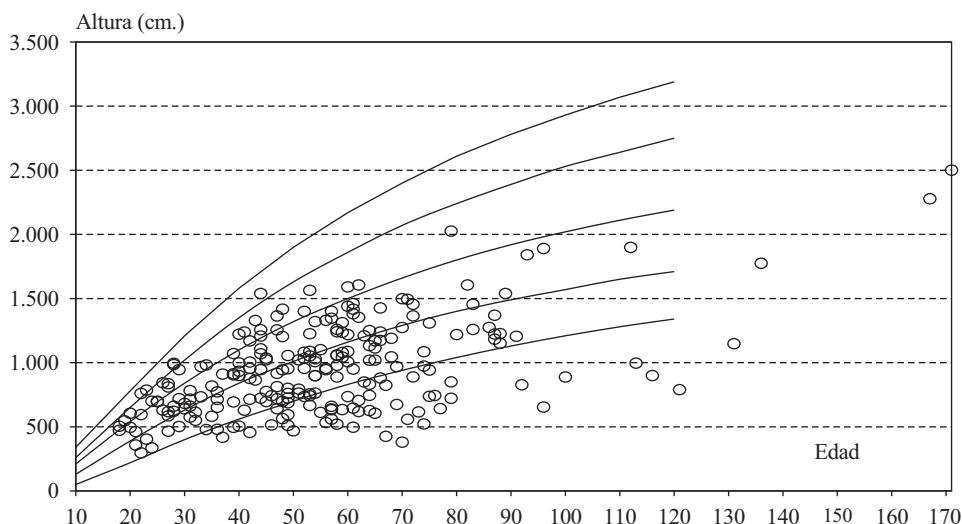


Fig. 2.—Dispersión de los puntos altura-edad para árboles individuales según el IEFC sobre las curvas de calidad provisionales de *Pinus nigra* ssp. *salzmannii* var. *pyrenaica*

El objetivo del presente estudio se centró en determinar las pautas de crecimiento radial en pies adultos de pino laricio y relacionarlos con diversos parámetros dendrométricos, como la fracción de copa viva, la altura o el diámetro. Para ello se muestreó un rodal singular, con una edad media significativamente mayor a la habitual en la zona y una apariencia externa de masa regular.

MATERIAL Y MÉTODOS

La zona de muestreo está situada en una finca de propiedad particular en el TM de Castellar de la Ribera, unos 10 km al NW de la ciudad de Solsona (100 km al NE de Lleida). Hidrográficamente los terrenos pertenecen a la cuenca del Segre (Ebro).

La roca madre está formada por greses y lutitas del Oligoceno, sobre las que se desarrollan suelos de tipo rendzina. La pluviometría anual estimada es de 760 mm, y la temperatura media anual de 11,4 °C, con un clima submediterráneo húmedo. Las alturas están comprendidas entre los 600 y los 820 m. La vegetación está formada mayoritariamente por pinares de pino laricio sobre antiguos cultivos abandonados en diferentes épocas. Hay presencia puntual de pino silvestre (*Pinus sylvestris*), y de roble pubescente (*Quercus pubescens* = *Q. humilis*). En menor grado aparecen pies de *Acer monspessulanum*, *Sorbus domestica*, *Acer opalus*, *Sorbus aria*, *Prunus avium* y otras frondosas. En el sotobosque hay presencia de *Buxus sempervirens*, *Viburnum lantana*, *Crataegus monogyna*, *Rubus ulmifolius*, *Amelanchier ovalis*, *Juniperus communis*, *Rubia peregrina*, etc. Un inventario florístico completo realizado en la finca se encuentra publicado en Pascual (1987), como parcela n.º 15 de la región pirenaica de *Pinus nigra*. La finca cuenta con un Plan Técnico de Gestión y Mejora Forestal (PTGMF) aprobado, donde se dividen sus 125 ha forestales en 22 parcelas de actuación. Se propone un tratamiento de aclareo sucesivo uniforme, con un turno de 100 años, y un período de regeneración de 20.

El rodal donde se han tomado las muestras (parcelas 4 y 5 del PTGMF) presenta pendientes del 10 al 30 % y exposiciones N y NE. Se trata de una masa de pino laricio con golpes de roble pubescente. Se observa una monoestratificación de los árboles adultos (100-180 años), dando una apariencia de regularidad a la masa, apareciendo algunos pequeños grupos de regeneración avanzada (de unos 20-25 años de edad). Los fustes son rectos y limpios de ramas, y las copas desequilibradas y asimétricas. La altura media es de 20 m, la densidad oscila entre los 100 y los 250 pies/ha, y el área basimétrica entre los 20 y 30 m²/ha.

El muestreo se limitó a los árboles mayores de 30 cm de diámetro normal. La calidad de estación se ha mantenido homogénea y se sitúa entre I y II de García Abejón (1982, en Elena y Sánchez, 1991). Se replantearon un total de 12 parcelas siguiendo un itinerario aleatorio. En cada una de ellas se obtuvieron para cada árbol mayor de 27,5 cm de diámetro normal (CD 30), la altura total (H), la longitud de copa viva (Hc), el diámetro normal (DAP), la edad (E) y el crecimiento radial a la altura de 0,3 m (Ai) con el fin de no subestimar la edad, problema frecuente cuando la extracción se realiza a 1,3 m (Rolland, 1996). El total de árboles muestreados fue de 97.

Tabla 1
Parámetros obtenidos en cada parcela

Abreviatura	Parámetro	Tamaño de muestra	Unidades y precisión
H	Altura total	97 árboles adultos	0,25 m
Hc	Longitud de copa viva	97 árboles adultos	0,25 m
DAP	Diámetro a 1,3 m	97 árboles adultos	0,1 cm
E	Edad	97 árboles adultos	Años
Ai	Anchura del anillo anual	13.340 anillos anuales	0,01 mm

Para el proceso de interdatación, necesario para conocer el año concreto de formación de los diferentes anillos y así poder situar correctamente todas las muestras aunque falten algunos anillos finales, se utilizó el «método de la lista» o de «identificación de anillos característicos» (Yamaguchi, 1991). Consiste en detectar los anillos que destacan claramente de los que le rodean ya sea por su tamaño o por la proporción relativa del crecimiento de primavera y de otoño. Los anillos excepcionalmente estrechos de 1994 y 1986 (debido a la sequía estival) y los excepcionalmente anchos y con gran proporción de crecimiento de primavera de 1977, 1900 y 1889, fueron de gran ayuda en el proceso.

Con este procedimiento se pudieron datar con gran fiabilidad los anillos dudosos en las muestras donde faltaba algún anillo final (69,8 % de los testigos). Para estimar la edad en aquellas muestras en las que no se había alcanzado el centro del árbol (67,7 % de los testigos) se utilizó un método visual consistente en superponer a la muestra un papel transparente con círculos concéntricos y una regla graduada, dividiendo la longitud ausente estimada por la anchura del primer anillo. Este método utilizado por diversos autores (Abrams y Orwig, 1996) no supone normalmente un error mayor de ± 3 años.

La medición de la anchura de los crecimientos anuales se ha realizado mediante el sistema CATRAS (Computer-Aided Tree-Ring Analysis System), diseñado por Aniol (1983) y utilizado por el Departamento de Ecología de la Universidad de Barcelona. En total se midieron 13.340 anillos, obteniendo una serie continua desde 1818 a 1996 y completa ($n = 97$) entre 1898 y 1979.

Los datos se trataron con los programas CORING (transformación de datos y análisis visual), COFECHA (evaluación de la calidad de sincronización, estandarización) e IMP (análisis de picos), incluidos en la DPL (Dendrochronological Program Library) (Holmes, 1994; Bosch, 1995). Con ellos se han construido 3 series medias de crecimiento: cronológica media, estandarizada, y en función de la edad.

Los datos de longitud de copa (Hc) se transformaron al parámetro de fracción de copa viva (Cv), determinado por la relación Hc/H.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Valores medios de las parcelas de muestreo

La Tabla 2 muestra el resumen de resultados obtenidos.

Tabla 2
Resumen de los resultados de la muestra de árboles adultos ($n = 97$)

Parámetro	Media	Desviación tipo	Mínimo	Máximo
H (m)	19,93	2,09	15,5	26,50
Hc (m)	6,89	1,68	4,00	13,50
Cv	0,35	0,08	0,20	0,56
DAP (cm)	34,58	4,67	27,4	49,4
E (años)	139	17,72	101	179
Ai (mm)	1,07	0,23	0,52	1,61
Ai₁₉₆₀₋₇₄ (mm)	1,45	0,46	0,439	3,005
% Incr.	+122,61	18,29	-2,60	+620,46

H: altura total; Hc: altura de copa; Cv: porcentaje de copa viva; H/D: índice de esbeltez; DAP: diámetro normal; E: Edad; Ai: Anchura de anillo; Ai 1960-74: Anchura media del anillo en el período 1960-1974.

La Tabla 3 muestra la matriz de coeficientes de correlación entre diferentes parámetros. Los coeficientes han sido obtenidos mediante análisis factorial de correspondencias indicando su significación para un nivel de significación del 95 %.

Tabla 3

Matriz de correlaciones entre los diversos parámetros medidos y calculados (análisis factorial de correspondencias / *= significativo con ns del 0,95)

	H	Cv	Ai	DAP	E	% Incr.
H	1	-0,09	0,03	0,48 *	0,16	-0,08
Cv	-0,09	1	0,13	0,006	-0,15	0,11
Ai	0,03	0,13	1	0,34 *	-0,35 *	-0,06
DAP	0,48 *	0,006	0,34 *	1	0,38 *	-0,10
E	0,16	-0,15	-0,35 *	0,38 *	1	0,04
% Incr.	-0,08	0,11	-0,06	-0,10	0,04	1

H: altura total; Cv: porcentaje de copa viva; Ai: Anchura de anillo; DAP: diámetro normal; E: Edad; % Incr.: Incremento relativo del crecimiento radial en el período 60-74 respecto a 1945-1960.

La Figura 3 muestra la frecuencia absoluta acumulada de edades en los árboles analizados.

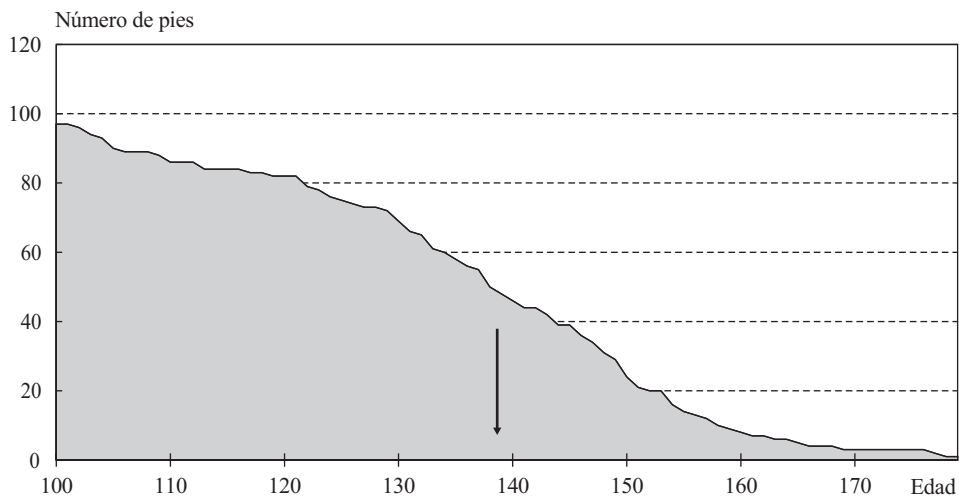


Fig. 3.—Frecuencia absoluta acumulada de edades (E) en la muestra de árboles adultos (la flecha indica el valor medio)

Análisis de la serie cronológica media

La serie cronológica media representa el valor medio del anillo formado en el mismo año. Dadas las relativamente bajas correlaciones obtenidas (ver Tabla 3), se ha optado por efectuar un análisis visual de las series cronológicas; para identificar pautas de crecimiento se ha comparado la serie media con subseries de árboles que presentaban valores extremos para cada parámetro. Se ha trabajado principalmente con series cronológicas brutas, utilizando la serie estandarizada simplemente para identificar picos característicos.

La Figura 4 muestra el crecimiento radial (mm/año) en la serie cronológica media. En la Figura 5 se analiza la posible influencia del porcentaje de copa viva (Cv) en el crecimiento radial, comparando la media con 2 series formadas por los 10 árboles con los mayores y menores valores de Cv respectivamente. La Figura 6 establece esta comparación con tres series medias pertenecientes a tres grupos de edad (< 125 años, 125-149 años, > 150 años). Por último, la Figura 7 compara los valores medios con los correspondientes a 2 series pertenecientes a los 10 árboles con mayor y menor diámetro normal (DAP).

La pauta de crecimiento anterior a 1890 indicaría una estructura de masa lo suficientemente abierta para permitir una incorporación relativamente continua de nuevos árboles hasta alcanzar el cierre del dosel, mostrando crecimientos sensiblemente superiores a los que se dieron con posterioridad (ver Fig. 4).

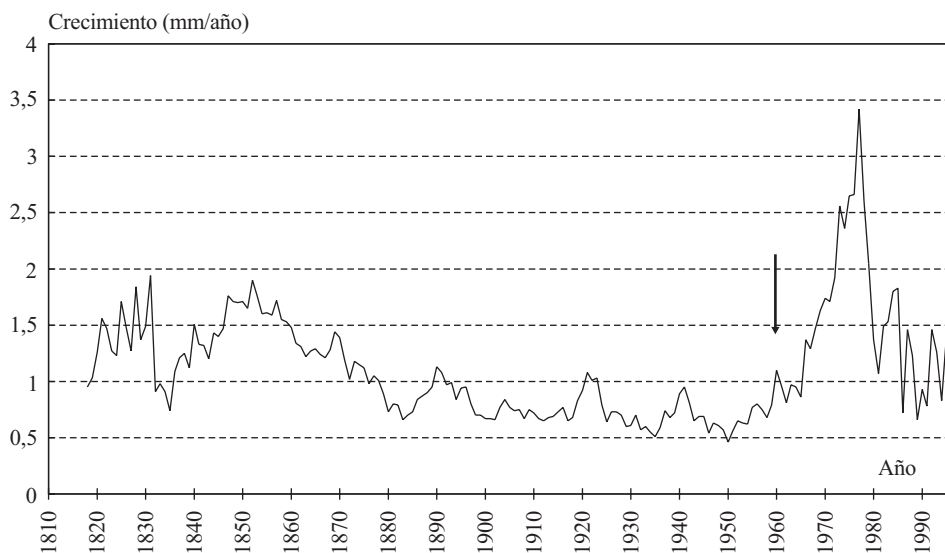


Fig. 4.—Crecimiento radial (mm/año) en la serie cronológica media. La flecha indica el año correspondiente a una posible corta de regeneración

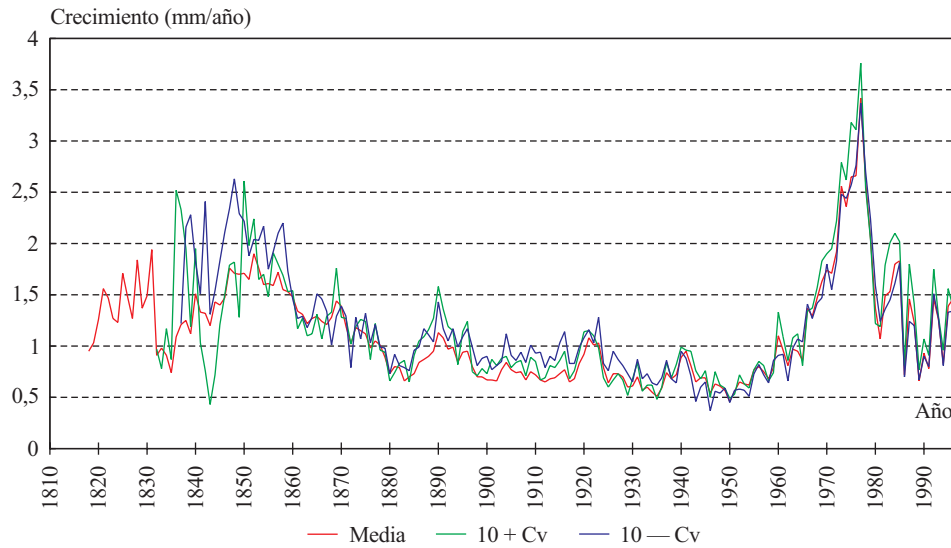


Fig. 5.—Crecimiento radial (mm/año) en la serie cronológica media comparada con las series de los 10 árboles con mayor y menor porcentaje de copa viva (Cv)

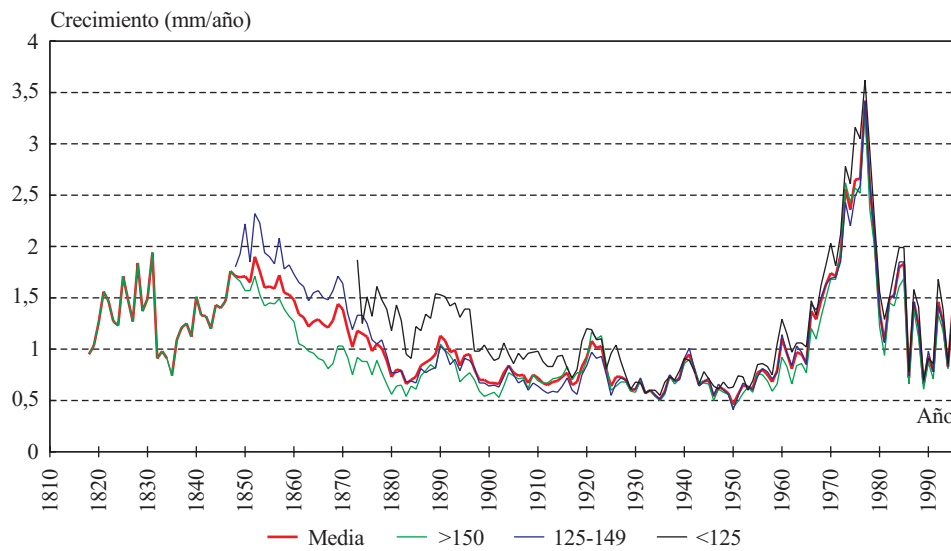


Fig. 6.—Crecimiento radial (mm/año) en la serie cronológica media comparada con series de tres grupos de edad diferentes

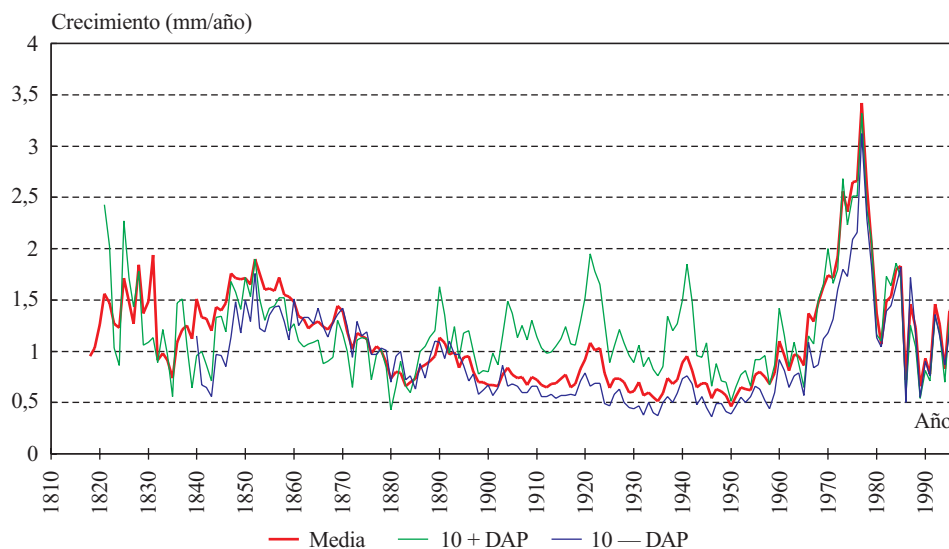


Fig. 7.—Crecimiento radial (mm/año) en la serie cronológica media comparada con las series de los 10 árboles con mayor y menor DAP

A partir de 1880-1890 se aprecia un largo período de ralentización y estancamiento del crecimiento (unos 80 años), con un crecimiento radial medio de 0,75 mm/año, que es general en todos los árboles medidos y que no ha podido correlacionarse significativamente con ningún otro parámetro (ver Tabla 4). Durante este período el crecimiento parece verse influenciado casi exclusivamente por factores climáticos, mostrando picos característicos en este sentido (Badeau *et al.*, 1996). El análisis de los picos identificados en la serie estandarizada se realizó mediante el programa IMP, y utilizando los criterios de Lorimer y Freich (1989), que definen como «liberación principal sostenida» («major sustained release») la que comporta un incremento del crecimiento igual o superior al 100 % en el intervalo de los quince años posteriores y como «liberación moderada temporal» («temporary moderate release») la que lo hace en un 50 %. Los resultados se muestran en la Tabla 5 y como puede comprobarse sólo puede calificarse de liberación principal sostenida la que comienza en 1960-62, con un incremento del 122-136 %, mientras que el resto no se corresponden con ninguna «liberación», ni tan siquiera moderada temporal, al no alcanzar incremento alguno o ser éste inferior al 50 %.

La información oral recogida indica que a «principios de los '60» tuvo lugar una importante corta, interviniendo en una masa excepcional por el volumen acumulado y la calidad de los fustes obtenidos. Como se aprecia en la Figura 4, los árboles analizados muestran una notable capacidad de reacción a esta corta (datada en 1960-1962), momento en que ya presentaban unas edades bastante avanzadas (media de 101 años).

No se han podido establecer correlaciones significativas entre la reacción tras dicha corta (% Incr.) y los valores actuales de parámetros indicadores de vitalidad y/o dominancia (Cv, H, DAP), o la edad (E), lo que indicaría la práctica desaparición de la competen-

Tabla 4
Crecimiento radial relativo de los 15 años posteriores a los picos principales con respecto a los 15 años anteriores

Año	% Crecimiento relativo	Caracterización
1843	-22,33	pico, sin liberación
1867	-34,09	pico, sin liberación
1884	-19,42	pico, sin liberación
1900	-20,14	pico, sin liberación
1919	+7,19	pico, sin liberación
1936	-5,82	pico, sin liberación
1960/62	+122,61 / +136,20	liberación principal sostenida

cia con posterioridad, actuando únicamente los factores estacionales como limitantes. Esto puede apreciarse en las Figuras 5, 6 y 7, respectivamente. Así, curiosamente, la pauta de crecimiento individual y el estado actual de los árboles no parecen haber condicionado la intensidad de la respuesta posterior a la corta. Tampoco se han encontrado correlaciones significativas entre los crecimientos medios observados a lo largo de toda la vida del árbol y los parámetros la y Copa viva (Cv), aunque sí con DAP (positiva) y E (negativa) (ver Tabla 3).

Análisis de la serie media en función de la edad

La serie media de crecimiento en función de la edad muestra la anchura media de anillo formado a una edad determinada. En la Figura 8 se observa una gran diferencia de la serie en comparación con las obtenidas en masas regulares típicas (Gómez, 1996) y en un pie tipo en masas irregulares (Schütz, 1989). En las masas regulares el crecimiento corriente culmina a una edad temprana y desciende de forma acusada a partir de aquí. En las irregulares el punto de culminación es más tardío (debido a los efectos de supresión) y se mantiene constante durante un largo período. La serie obtenida, por el contrario indica que tras una primera fase inicial de crecimiento, éste se ve limitado por los procesos de competencia (elevada densidad). Se trataría por lo tanto de una pauta de crecimiento singular, fuertemente perturbada por un largo período de estancamiento durante el cual el efecto de la competencia da lugar a crecimientos muy por debajo de los potenciales.

Dado que el colectivo del que procede la muestra es el de los pies que no fueron apeados en la corta de 1960-62, y considerando la forma tradicional de corta por huroneo en la que se extraen los pies que han alcanzado cierto diámetro, puede considerarse que estamos ante una masa procedente de un regenerado paulatino que se implantó a lo largo de los primeros 80-90 años bajo la cubierta de pies mayores, probablemente en el marco de una recolonización general de terrenos agrícolas abandonados. Este proceso fue especialmente intenso durante 1840-1880 época de la que proceden el 70 % de los pies. Una vez alcanzada la tangencia de copas, el crecimiento se empezó a ver limitado.

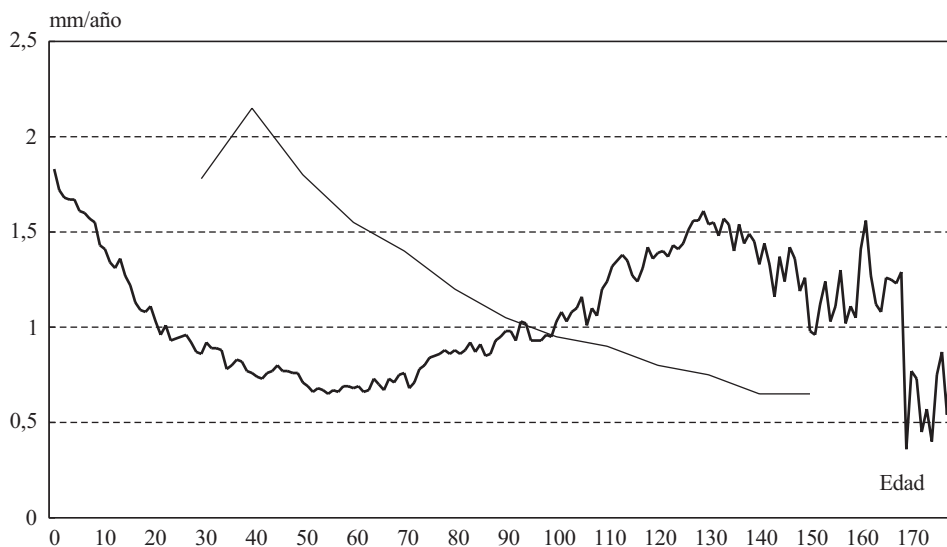


Fig. 8.—Crecimiento radial (mm/año) en la serie media de edades (azul), en una masa regular típica (Gómez, 1996) (rojo) y en un pie tipo de una masa irregular (Schütz, 1989) (negro)

En apoyo de la hipótesis de un regenerado muy paulatino, cabe destacar que no se han constatado grandes diferencias significativas entre las edades medias de las parcelas de muestreo. Tan sólo las parcelas A y K, situadas cerca del límite del rodal, se han revelado significativamente más jóvenes que el resto (ver Tabla 5). Esto desestimaría un proceso de regeneración por golpes, en favor de una pauta continua y difusa.

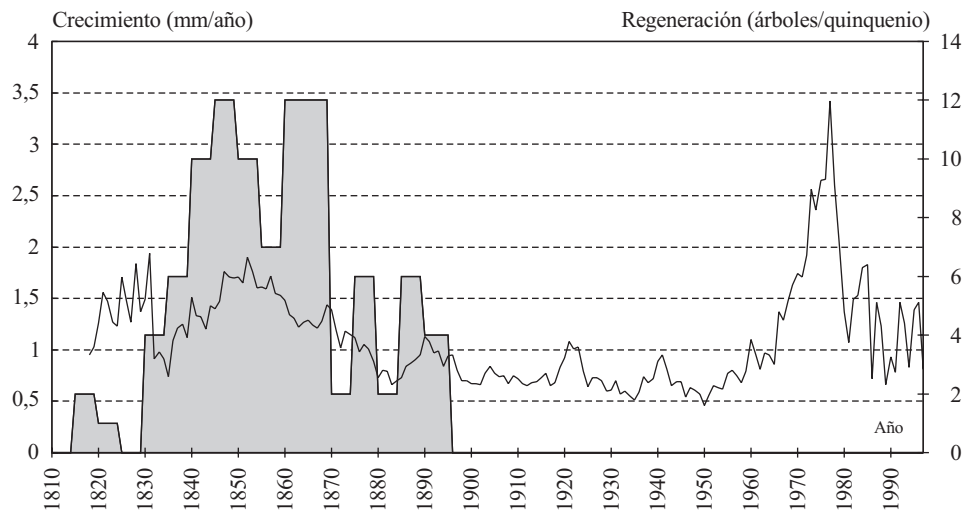
Tabla 5

Edades medias por parcelas de muestreo

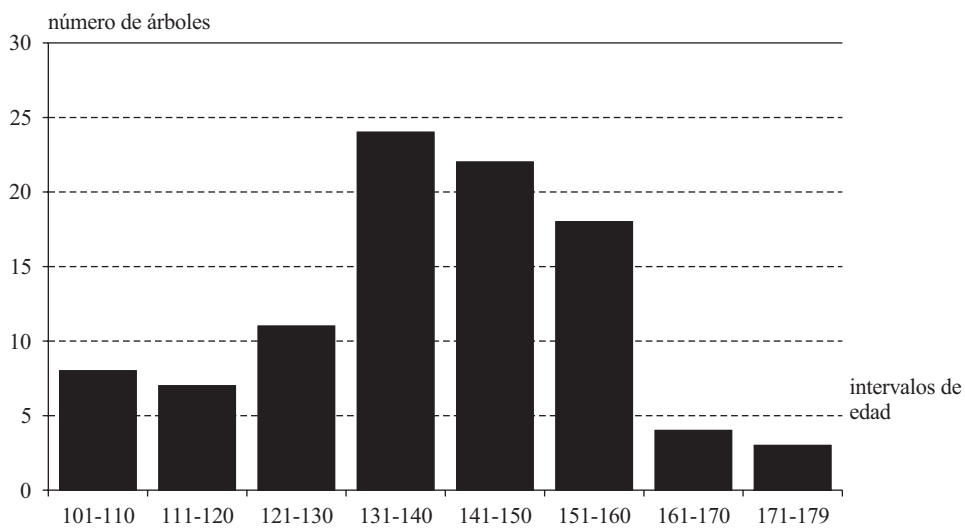
Parc.	A *	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K *	L
Edad	114,6	131,5	137,8	135,5	134,5	154,3	142,4	147,1	152,1	145,5	110,5	151,3

Analizando la Figura 9 se observa una cierta coincidencia entre el establecimiento de la mayor parte de la regeneración y un pico relativo del crecimiento radial en la serie. Cabe diferenciar dos efectos simultáneos: un crecimiento radial mayor de los árboles ya presentes, y la incorporación progresiva del regenerado a la serie, con altos crecimientos iniciales.

Hay varios datos que indican una posición sociológica desfavorable de los árboles muestreados, como el aspecto actual de las copas, desequilibradas y asimétricas, y los bajos valores del parámetro Cv.



* Indica diferencias significativas para un test S-N-K con un n.s. del 0,95.



El rango de edades abarca de los 101-179 años y la media está situada en los 139 años. La masa tiene por lo tanto una estructura interna de edades irregular (aunque muy desequilibrada, ya que faltan todos los pies de menos de 100 años), al tiempo que la apariencia externa es de relativa regularidad. En la Figura 10 se observa la estructura de edades de la muestra.

Dicha estructura de edades corrobora también la hipótesis de altas densidades durante el período de bajo crecimiento, ya que ningún pie regenerado a partir de 1895 ha sido capaz de alcanzar la CD 30 en 1996 (y por lo tanto no ha sido muestreado).

En la Figura 11 se compara la serie cronológica media con dos series formadas por los 10 árboles con mayor y menor crecimiento medio, constatándose que siempre ha habido una clara diferencia absoluta en crecimiento entre estos dos grupos extremos, aunque esta diferencia sea cualitativa ya que la pauta es muy similar. Este hecho confirma que el mayor crecimiento medio se mantiene aún tras la corta de 1960-62 en el colectivo que ya lo mostraba a lo largo de toda la vida, aunque esto no implique una mayor intensidad de la respuesta.

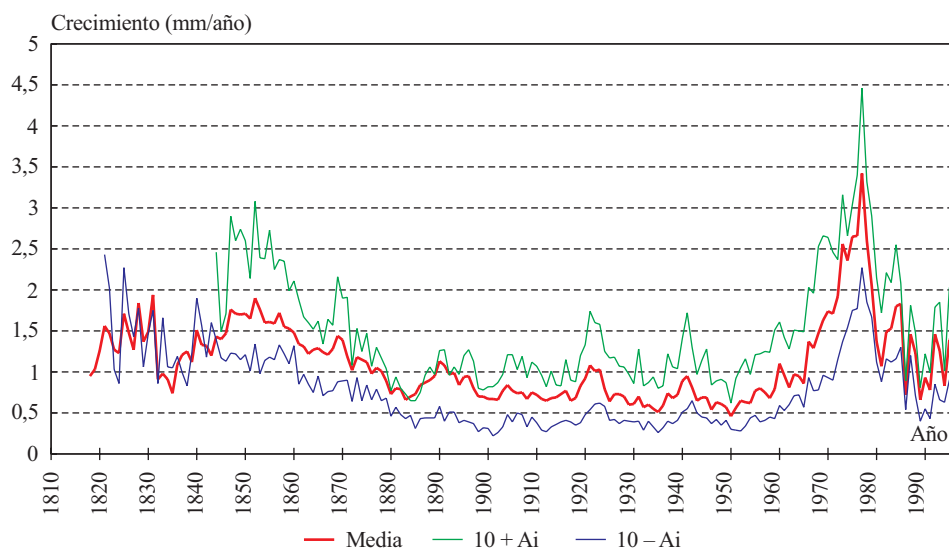


Fig. 9.—Evolución de la regeneración comparada con la serie cronológica media

Comparación con árboles tipo del IEFC

En los datos comarcales del IEFC (Gracia *et al.*, 1993) se presenta una muestra de más de 200 árboles tipo de la especie, con un crecimiento radial medio de 1,26 mm/año. Ibáñez *et al.* (1993), analizando estos datos, definen para cada clase diamétrica un colectivo de árboles de «crecimiento lento» ($A_i < 1\text{mm}$) y otro de «crecimiento rápido» ($A_i > 1,25\text{mm}$). Señalan valores de 1,33 mm como media de la clase diamétrica > 30 , y de 1,63 mm para el colectivo de «crecimiento rápido» de la clase 25-30 (66 % de los árboles, con una edad media de 68 años), mientras que en el colectivo denominado de «crecimiento lento» de dicha clase (25 % de los árboles, con una edad media de 142 años), el crecimiento medio observado es de 0,69 mm.

El crecimiento medio observado en la muestra es de 1,07 mm, es decir, que después de un período prolongado de estancamiento, el valor es en un 55 % superior al valor medio encontrado para una muestra comparable (crecimiento lento, clase diamétrica 25-30, 142 años de media). En relación al crecimiento del período 1960-74, la media se sitúa en 1,45 mm, valor más cercano al colectivo «rápido» de la clase 30 que a su media.

Los árboles muestreados han tenido un crecimiento significativamente superior a los valores medios de la especie en la comarca, pese a haber sufrido un largo período de intensa competencia, lo que indicaría la potencialidad de la estación. En este sentido, utilizando las curvas de calidad provisionales, se observa que el regenerado actual, de unos 25 años, correspondería a una calidad II-/III+, mientras que los árboles adultos lo harían a la III-/IV.

CONCLUSIONES

Se constata una gran capacidad de crecimiento en diámetro de pies mayores de 100 años tras una corta de regeneración que por su intensidad podría caracterizarse dentro de las cortas diseminatorias. Esta alta capacidad de reacción en edades adultas coincide con lo observado en el Sistema Ibérico para las estaciones de mejor calidad por Gómez Loranca (1996) durante la construcción de las tablas de producción del laricio. También Monserud y Sterba (1995) encontraron un crecimiento diametral muy sostenido en el tiempo para masas de *Pinus nigra* en Austria, con un máximo hacia los 45 cm de diámetro normal y una bajada muy suave, así como una muy reducida incidencia de la fracción de copa viva en los crecimientos observados. Lebourgeois *et al.* (1998) detectaron comportamientos similares analizando la capacidad de reacción de árboles de más de 100 años correspondientes a 4 especies (*Abies alba*, *Fagus sylvatica*, *Picea excelsa* y *Quercus petraea*) tras largos períodos de estancamiento.

Quizás sorprenda que la capacidad de reacción se manifieste por igual en todos los pies, sin que se hayan establecido correlaciones significativas con parámetros de vitalidad y/o dominancia, como hubiera sido probable esperar. Esto indicaría que tras la corta de 1960-1962 el efecto de la competencia intraespecífica prácticamente desaparece, actuando únicamente como limitantes del crecimiento los factores estacionales. Aparentemente la pauta de crecimiento anterior al largo período de ralentización (aprox. 80 años), no ha condicionado la intensidad de la recuperación posterior. Este hecho podría deberse a una homogeneidad de la masa residual no apeada en la corta, que pertenecía muy probablemente al estrato codominante y/o dominado de la masa inicial. Estos datos incitan a la reflexión sobre determinados aspectos de la selvicultura de las masas de pino laricio en la zona, especialmente en lo referente al turno de madurez, régimen de tratamientos selvícolas y forma fundamental de masa. Asimismo confirman la plasticidad del comportamiento de la especie, caracterizada tradicionalmente como de «media sombra», con una notable capacidad de reacción tras la liberación de pies que han ocupado posiciones sociológicas desfavorables durante largos períodos de tiempo.

AGRADECIMIENTOS

A los Dres. Emília Gutiérrez y Oriol Bosch, del Departamento de Ecología de la Facultad de Ciencias Biológicas de la Universitat de Barcelona, por su ayuda y amabilidad en el uso del laboratorio de Dendrocronología.

SUMMARY

Radial growth evolution in a mature stand of *Pinus nigra* Arn. in the province of Lleida

An adult stand (mean age = 139 years) of *Pinus nigra* ssp. *salzmannii* var. *pyrenaica* has been studied in the W of the Solsonès district (Lleida province, NE of Spain). Cores from 97 adult trees have been bored and measured, obtaining 13.340 annual rings that have been measured and cross-dated, thus building a growth chronology from 1818 to 1996. The relationships between the measured dendrometrical parameters and the observed growth increments have been analysed, finding generally low correlations. Three growth mean series have been built (average chronology, standardized, and age-based), in order to analyse the stand evolution. A long period of growth slowing and suppression that lasted for nearly 80 years was followed by a strong cutting and a growth release reaction, when the mean age of the stand was already of 101 years.

KEY WORDS: *Pinus nigra*
Radial growth
Dendrochronology
Competition

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABRAMS M.A., ORWIG D.A., 1996. A 300-year history of disturbance and canopy recruitment for co-occurring pine and hemlock on the Allegheny Plateau, USA. *J. Ecol.* 84, 353-363.
- ANIOL R., 1983. Tree-ring analysis using CATRAS. *Dendrochronologia* 1, 45-53.
- AUNÓS A., 1997. Gestió actual i alternatives en les masses de pinassa del Solsonès *Silvicultura* 16, 8-9. Centre de la Propietat Forestal.
- BADEAU V., BECKER M., BERT D., DUPOUEY J-L., LEBOURGEOIS F., PICARD J-F., 1996. Long-term growth trends of trees: 10 years of dendrochronological studies in France. En: *Growth trends in European forests*. Spiecker, H. Mielikäinen, K. Köhl, M. Skovsgaard, J.P., eds. *EFI Research Report 5*, Springer, pp. 167-181.
- BOSCH O., 1995. *Coring: Conversion Program* (manual del programa). Departament d'Ecologia. Universitat de Barcelona. 4pp.
- ELENA-ROSSELLÓ R., SÁNCHEZ O., 1991. Síntesis ecológica de los pinares españoles de *Pinus nigra* Arn. Monografías INIA, 81. MAPA - INIA. Madrid. 110 pp.
- GÓMEZ LORANCA J.A., 1996. *Pinus nigra* Arn. en el Sistema Ibérico: Tablas de crecimiento y producción. Monografías INIA 93. MAPA- INIA. Madrid. 106 pp.
- GONZÁLEZ J.M., ARRUFAT D., MEYA D., 1997. Modelos de gestión para las masas irregulares de pino laricio en el Prepirineo catalán. *Revista Forestal Española* 16, 14-20.
- GONZÁLEZ J.M., MEYA D., ARRUFAT D., 1999. Primeras tablas de selvicultura a la carta para masas regulares de *Pinus nigra* Arn. del Prepirineo catalán. *Invest. Agr.: Sist. Recur. For.* Vol. 8 (1), 49-61.
- GRACIA C.A. & cols., 1993. *Inventari Ecològic i Forestal de Catalunya: Solsonès*. (V. 35). CREA - DARP. Barcelona. 383 pp.
- HOLMES R.L., 1994. *Dendrochronology Program Library - User's manual*. Laboratory of Tree-Ring Research. University of Arizona. Tucson, USA. 32 pp.
- IBÁÑEZ J.J., VAYREDA J., GRÀCIA C., 1993. Variabilidad en el crecimiento de *Pinus nigra* y *Pinus sylvestris* y consecuencias sobre los modelos de gestión. *Congreso Forestal Español*. Lourizán, Pontevedra. Tomo II, pp. 541-546.

- LEBOURGEOIS F., ULRICH E., PONCE R., 1998. Réactivité d'arbres âgés à l'ouverture du peuplement. Quelques exemples livrés par l'étude des placettes du réseau RENECOFOR. *Rev. For. Fr.* 2, 139-147.
- LORIMER C.G., FREICH L.E., 1989. A method for estimating canopy disturbance frequency and intensity in dense temperate forests. *Can. J. For. Res.* 19, 651-663.
- MONSERUD R.A., STERBA H., 1996. A basal area model for individual trees growing in even- and uneven-aged forest stands in Austria. *For. Ecol. Manage.* 80, 57-80.
- PASCUAL H., 1987. Flora de los pinares autóctonos españoles de *Pinus nigra* Arn. Comun. INIA. Ser. Recursos Naturales 46. 46 pp. Madrid.
- ROLLAND C., 1996. Croissance du pin à crochets (*Pinus uncinata* Mill. ex Mirb.) dans la réserve naturelle des Hauts-Plateaux du Vercors. *Rev. For. Fr.* 48 (V2), 144-152.
- SCHÜTZ J.P., 1989. Le régime du jardinage. Document autographique du cours de Sylviculture III. Chaire de Sylviculture, ETH-Zürich. 55 pp.
- SERRADA R., DOMÍNGUEZ S., SÁNCHEZ, M.I., 1993. Estudio de la regeneración natural del *Pinus nigra* Arn. en relación con los tratamientos principales y la estación en las provincias de Cuenca y Guadalajara. Congreso Forestal Español. Lourizán, Pontevedra. Tomo II, pp. 631-635.
- YAMAGUCHI D.K., 1991. A simple method for cross-dating cores from living trees. *Can. J. For. Res.*, 21: 414-416.