

FACTORES MORFOLÓGICOS QUE AFECTAN AL CRECIMIENTO EN SECCIÓN DE *PINUS NIGRA* Y METODO DE SEÑALAMIENTO EN LA SIERRA DE CAZORLA (JAEN).

P.A. TÍSCAR*; M.A. RUÍZ; D. SÁNCHEZ

Consejería de Medio Ambiente, Junta de Andalucía. Centro de Capacitación y Experimentación Forestal. 23470- Cazorla (Jaén).

* pedroa.tiscar@juntadeandalucia.es

Resumen.

Se estudió la relación existente entre el crecimiento de *Pinus nigra* en la sierra de Cazorla (provincia de Jaén) y diferentes variables relacionadas con el tamaño de los árboles, utilizando correlaciones paramétricas y el ajuste de un modelo de regresión múltiple. Los resultados indicaron que el crecimiento de *Pinus nigra* se correlaciona positivamente con la superficie de la proyección vertical de la copa y, sobre todo, con el diámetro normal. Encontrándose que la especie estudiada puede crecer sostenidamente en el tiempo hasta diámetros superiores a los 60 centímetros. La gestión de masas naturales con una importante proporción de árboles gruesos requiere de una aproximación selvícola diferente de la tradicional, basada en la distinción de clases artificiales de edad. Por ello, se propuso un método de señalamiento basado en tipos funcionales de arbolado, que además permite combinar más acertadamente los aspectos económicos y de conservación de la biodiversidad.

Palabras clave: turno, masa irregular, monte continuo, selvicultura.

INTRODUCCIÓN.

La calidad de estación, la intensidad de la competencia y el tamaño actual son variables utilizadas frecuentemente para predecir el crecimiento futuro de un árbol (MONSERUD & STERBA, 1996, PALAHI & GRAU, 2003). De entre ellas, la variable “tamaño” incluye parámetros fácilmente observables por el selvicultor, que pueden guiar los señalamientos de corta.

Concretamente, el diámetro, la altura total y la dimensión de la copa sirven para describir el tamaño de un árbol y, al menos en teoría, se relacionan con su potencial de crecimiento. Así, la copa contiene el aparato fotosintético y se espera que su tamaño esté correlacionado positivamente con el crecimiento del árbol. Igualmente, los árboles más altos, y por lo común más gruesos, ocupan posiciones dominantes en el dosel forestal y tienen un mejor acceso a la luz.

La relación existente entre el crecimiento y determinados parámetros dendrométricos ha sido estudiada para las masas regulares de *Pinus nigra* del Prepirineo catalán (MEYA *et al.*, 2001). Aquí, se presenta un estudio similar para las masas de estructura irregular de la misma especie en la sierra de Cazorla.

El objetivo del trabajo ha sido determinar qué aspectos predicen mejor el potencial de crecimiento y, a partir de ello, proponer un método de señalamiento en masa irregular, capaz de gestionar simultáneamente los aspectos ecológicos y económicos de la explotación forestal.

MATERIAL Y MÉTODOS.

El estudio se realizó en una masa de pino salgareño (*Pinus nigra* Arnold subsp. *salzmanni* (Dunal) Franco) situada entre los 1.400 y 1.550 metros de altitud y comprendida entre dos laderas con orientación noroeste y sureste, que, entre sí, delimitan un vallejo conocido como Cañada del Espino, en la sierra de Cazorla (provincia de Jaén). Los resultados del último inventario a escala monte reflejaron que se trata de una masa irregular (C.M.A., 1996).

Los datos utilizados en el estudio se obtuvieron de un total de 57 árboles, escogidos por ser los pies dominantes más cercanos a los puntos marcados cada 20 m en un transecto, que recorrió las dos laderas y que había sido replantado siguiendo aproximadamente la línea de máxima pendiente por encima y por debajo de un punto de arranque localizado al azar.

De cada árbol, se midió el diámetro normal (D), la altura total (H), la altura de la primera rama viva (H'), la proyección vertical de la copa (dos radios según la curva de nivel y dos radios según la línea de máxima pendiente a uno y otro lado del tronco), el espesor de la corteza y el crecimiento radial a la altura normal durante los últimos 10 años, medido éste sobre un tarugo extraído con barrena de Pressler.

A continuación, se calcularon la fracción de copa viva (FCV = (H - H') / H), el crecimiento en sección normal sin corteza durante los últimos diez años (CSN) y la superficie ocupada por la proyección vertical de la copa (SC) como la suma de cuatro cuartos de elipse.

La relación existente entre las variables se estudió, en primer lugar, mediante una matriz de correlaciones de Pearson. Seguidamente, el crecimiento en sección se modeló mediante regresión múltiple, transformando logarítmicamente los datos para evitar los problemas derivados de la falta de homocedasticidad. El modelo ajustado fue:

$$\log(\text{CSN}) = \beta_0 + \beta_1 \log(D) + \beta_2 \log(H) + \beta_3 \log(SC) + \beta_4 \log(\text{FCV}) \quad [1]$$

RESULTADOS.

Las variables se correlacionaron entre sí conforme a lo indicado en la Tabla 1. En general, se observa que el mayor crecimiento en sección correspondió a los árboles gruesos. Igualmente, los árboles más gruesos fueron también los que presentaron una superficie mayor de la proyección vertical de la copa.

En relación con el ajuste de regresión múltiple, los valores de inflación de la varianza (VIF) no indicaron colinealidad entre las variables. Del mismo modo, el análisis gráfico de los residuos no indicó ningún incumplimiento de las asunciones de normalidad, homocedasticidad e independencia de los errores en el ajuste del modelo [1].

Los coeficientes de regresión correspondientes a las variables dependiente e independientes de dicho modelo [1] aparecen reflejados en la Tabla 2. En todos los casos, los coeficientes son positivos, pero únicamente el término correspondiente al diámetro normal resultó significativamente diferente de cero.

DISCUSIÓN.

Tamaño y crecimiento.

Conforme a lo esperado, todas las variables seleccionadas se correlacionaron positiva y significativamente con el crecimiento en sección de *Pinus nigra*, salvo la fracción de copa viva.

La fracción de copa viva se utilizó para reflejar el porcentaje de tronco ocupado por ramas verdes respecto de la altura total del árbol. La falta de correlación observada sorprende, porque la fracción de copa viva o razón de copa se usa como indicativo del vigor de los árboles en la planificación de los trabajos de clara. No obstante, MONSERUD & STERBA (1996) también observaron una reducida incidencia de la fracción de copa viva en los crecimientos de *Pinus nigra*, tanto en masas regulares como irregulares de Austria.

El comportamiento anterior se ha interpretado como una consecuencia de la plasticidad de la especie y de su temperamento, bastante tolerante (MEYA et al., 2001). Por otro lado, aunque la fracción de copa viva constituye una medida simple de la maquinaria fotosintética de un árbol, es razonable pensar que su influencia sobre el crecimiento será menor en las masas irregulares, donde

los árboles pueden recibir una importante cantidad de luz lateral. En este caso, la proyección vertical de la copa puede ser un indicativo mejor de la cantidad de hojas y de la capacidad para realizar fotosíntesis, tal y como los resultados de este estudio sugieren (Tabla 1).

La superficie ocupada por la proyección vertical de la copa se correlacionó fuertemente con el diámetro normal, es decir, coincidió que los árboles más gruesos tenían la copa más amplia y, adicionalmente, un crecimiento en sección generalmente mayor (Tabla 1 y Figura 1). Pese a esta correlación entre variables, no surgieron problemas de colinealidad en el ajuste del modelo de regresión múltiple (Tabla 2), según el cual, toda la variabilidad en el crecimiento puede explicarse a partir del valor presente del diámetro normal.

MONSERUD & STERBA (1996) hallaron que *Pinus nigra* puede crecer sostenidamente en el tiempo hasta aproximadamente los 45 cm de diámetro normal. Por su parte, los *Pinus nigra* subsp. *salzamannii* de la sierra de Cazorla pueden mantener un buen ritmo de crecimiento hasta los 65 cm de diámetro que, por término medio, se alcanza sobre los 225 años de edad (TÍSCAR, 2004). Así, el resultado de la regresión múltiple se podría explicar observando que el mayor diámetro medido en los árboles de la muestra tenía un valor de 61 cm. De hecho, un ajuste polinómico de orden 2 sobre las variables crecimiento-diámetro no aportó ninguna ventaja sobre el modelo lineal que se representa en la Figura 1, indicando que la relación dentro del intervalo de diámetros considerado es claramente lineal.

Estos resultados deberían afectar a la planificación selvícola de los montes de *Pinus nigra* en la sierra de Cazorla, donde el turno de aprovechamiento se haya establecido actualmente en 120 años. A dicha edad, el diámetro promedio se sitúa entre los 35 y 45 cm según calidades (BAUTISTA *et al.*, 2001), es decir, los pinos salgareños de la sierra de Cazorla se cortan preferiblemente a una edad en que aún crecen a buen ritmo. Esta solución selvícola, que se justifica mediante un criterio de máxima renta en volumen, resulta contraproducente desde el punto de vista económico, ya que, en las condiciones actuales, no se debe considerar la cantidad sino la calidad de los productos para conseguir mejores precios en el mercado (GÓMEZ-LORANCA, 1996). Si a este hecho se une la circunstancia de que los árboles de gran tamaño son esenciales para la conservación de la biodiversidad forestal (FRANKLIN *et al.*, 1997; CURTIS, 1997; DUDLEY & VALLAURI, 2004) se justifica la necesidad de aumentar significativamente los turnos de *Pinus nigra*, de modo particular, en los montes públicos incluidos dentro de las áreas de reserva del parque natural.

Criterios de señalamiento.

Los pies de *Pinus nigra* que han ocupado posiciones sociológicas desfavorables durante largos períodos de tiempo presentan una notable capacidad de reacción tras las cortas de liberación (MEYA *et al.*, 2001). Esta circunstancia podría explicar la falta de relación observada en el presente estudio entre la fracción de copa viva y el crecimiento.

La capacidad para reaccionar positivamente tras las cortas de liberación se puede considerar como una característica propia de las especies tolerantes con tendencia a formar masas irregulares. De hecho, la bibliografía confiere a *Pinus nigra* un temperamento de media sombra (CEBALLOS y RUÍZ DE LA TORRE, 1979). Adicionalmente, la “estrategia resistente” mostrada por la especie (ver GIL y TAPIAS, 2005), su dificultad para regenerar tras perturbaciones catastróficas (TRABAUD & CAMPANT, 1991), la estructura observada en rodales apenas explotados (CREUS, 1998) y el resultado de los estudios palinológicos realizados hasta la fecha (CARRIÓN *et al.*, 2001) confirmarían la tendencia natural hacia la irregularidad de las masas cazorleñas de *Pinus nigra*.

Actualmente, se acepta la importancia de gestionar el bosque imitando la pauta natural de perturbaciones para conservar la biodiversidad (SEYMUR & HUNTER, 1999; FRANKLIN *et al.*, 2002). Conforme a lo reflejado más arriba, parece evidente que, en la sierra de Cazorla, las masas de *Pinus nigra* deberían gestionarse, en primer lugar, favoreciendo la presencia de árboles gruesos en el seno de estructuras irregulares.

En principio, las masas irregulares se gestionan mediante cortas de entresaca. Este método de corta admite la posibilidad de mantener en la masa árboles de crecimiento rápido, cualquiera que sea su tamaño o edad (HAWLEY & SMITH, 1982). Cuando este criterio se aplica sin limitaciones, nos encontramos ante la imposibilidad de definir una edad de turno fija para el monte. Desde el punto de vista productivo, este razonamiento no deja de ser útil, pues la producción está directamente ligada al individuo o grupo de individuos y la naturaleza no es sistemática, pudiendo variar al azar sobre

distancias muy cortas.

Por otro lado, lo observado respecto de la superficie de la copa es congruente con la buena adecuación del índice de competencia BAL para explicar el crecimiento de *Pinus nigra* (PALAHÍ y GRAU, 2003; TÍSCAR, 2004). Este resultado sugiere la necesidad de que los árboles individuales de mayor diámetro crezcan con espacio suficiente para desarrollar al máximo sus aptitudes de crecimiento.

Esta forma de gestionar, que presta atención a los árboles con carácter individual, manteniendo los pies gruesos mientras que su crecimiento sea satisfactorio y no interfieran con árboles mejores, recuerda los postulados del monte continuo o “Dauerwald” (HAWLEY & SMITH, 1982). Actualmente, las propuestas de monte continuo están muy extendidas para todo tipo de bosques y, muy frecuentemente, en relación con la gestión forestal sostenible.

La gestión de monte continuo parece de interés para los montes de salgareño de la sierra de Cazorla, máxime si se considera que dicho espacio forma parte de un parque natural. La dificultad para aplicar este método selvícola se ve dificultada por la falta de experiencias relacionadas con la gestión de masas irregulares, con pies muy gruesos e imitando, en lo posible, el régimen de perturbaciones naturales. A este respecto, puede ayudar mucho, a la hora de señalar, la distinción de tres tipos funcionales de árbol: (i) los productores, (ii) los que ayudan a la producción y (iii) los de interés ecológico.

Los árboles productores son árboles bien conformados y que crecen a buen ritmo. Se pueden ver como pies de porvenir, capaces de ofrecer una producción más valiosa que la actual, ya sea, en un aprovechamiento próximo o lejano. Conforme a los resultados del presente estudio, se trataría de árboles con un diámetro mayor que el de sus vecinos y con una copa amplia

Los árboles que crecen cerca de los productores no pueden verse como competidores únicamente. Por ejemplo, estos árboles forman parte de la espesura donde el desarrollo de troncos rectos y libres de ramas gruesas resulta más probable. Estos árboles se identifican entonces como árboles que ayudan a la producción.

Finalmente, los árboles de interés ecológico son aquellos que crecen en posiciones aisladas, en zonas de difícil regeneración o que sirven de soporte o refugio para otras especies vegetales o animales.

Descritas las funciones e identificados los árboles, la forma de proceder en el señalamiento de corta se basa sobre la idea de que sólo se cortarían aquellos árboles que ya no realizan ninguna función. Esta forma de proceder es defendida en España por la Asociación Española para la Gestión Forestal Próxima a la Naturaleza (www.prosilva.org.es) y su aplicabilidad a las masas de *Pinus nigra* ya ha sido presentada en otras publicaciones (TÍSCAR, 2005; GARCÍA-ABRIL y GRANDE, 2005).

Agradecimientos.

La Consejería de Medio Ambiente de la Junta de Andalucía proporcionó los medios para realizar esta investigación.

BIBLIOGRAFÍA.

- BAUTISTA, R.; ALONSO, A.; GRAU J.M. y GOMEZ J.A.; 2001. Tablas de producción de silvicultura media para las masas de *Pinus nigra* Arn. de la sierra de Cazorla, Segura y Las Villas. En: *Actas del III Congreso Forestal Español*. Mesa 5, pp. 854-859. Granada.
- C.M.A.; 1996. 6ª Revisión del Proyecto de Ordenación del Monte Navahondona. Consejería de Medio Ambiente de la Junta de Andalucía (documento interno).
- CARRION, J.S. ; MUNERA, M. ; DUPRE, M. & ANDRADE, A. ; 2001. Abrupt vegetation changes in the Segura Mountains of southern Spain throughout the Holocene. *J. Ecol.* 89: 783-797.
- CEBALLOS, L. y RUIZ DE LA TORRE, J.; 1979. Árboles y arbustos de la España peninsular. Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Montes, Sección de Publicaciones. Madrid.
- CREUS, J.; 1998. A propósito de los árboles más viejos de la España peninsular: los *Pinus nigra* Arn. ssp. *salzmanii* (Dunal) Franco de Puertollano-Cabañas sierra de Cazorla, Jaén, *Montes* 54: 68-76.
- CURTIS, R.O. ; 1997. The role of extended rotations. En: J.F. Franklin & K.A. Kohm (eds.), *Creating*

- a forestry for the 21st century: the science of ecosystem management. Island Press. Washington, pp. 165-170.
- DUDLEY, N.; VALLAURI, D.; 2004. Deadwood – living forests. Disponible en línea en la dirección <http://www.panda.org/europe/forests>
- FRANKLIN, J.F.; BERG, D.R.; THORNBURGH, D.A. & TAPPEINER J.C.; 1997. Alternative silvicultural approaches to timber harvesting: Variable Retention Harvest Systems. En: J.F. Franklin & K.A. Kohm (eds.), *Creating a forestry for the 21st century: the science of ecosystem management*. Island Press. Washington, pp. 111-140.
- FRANKLIN, J.F.; SPIES, T.A.; VAN PELT, R.; CAREY, A.B.; THORNBURGH, D.A.; BERG, D.R.; LINDENMAYER, D.B.; HARMON, M.E.; KEETON, W.S.; SHAW, D.C.; BIBLE, K. & CHEN, J.; 2002. Disturbances and structural development of natural forest ecosystems with silvicultural implications, using Douglas-fir forests as an example. *For. Ecol. Manage.* 155: 399-423.
- GARCÍA-ABRIL A. Y GRANDE M.A., 2005. Aplicación de la selvicultura detallada a escala árbol y la gestión del monte irregular para el *Pinus nigra* Arn. En: M.A. Grande y A. García-Abril (Coord.). *Los pinares de Pinus nigra Arn. en España: ecología, uso y gestión*. Fundación Conde del Valle de Salazar. Madrid. pp. 233-258.
- GIL, L. y TAPIAS, R.; 2005. Estrategias regenerativas de *Pinus nigra*. Comparación con los otros pinos españoles. En: M.A. Grande y A. García-Abril (Coord.). *Los pinares de Pinus nigra Arn. en España: ecología, uso y gestión*. Fundación Conde del Valle de Salazar. Madrid. pp. 127-150.
- GÓMEZ-LORANCA, J.A.; 1996. *Pinus nigra* Arnold en el sistema Ibérico: Tablas de crecimiento y producción. Monografía del INIA, nº 93. MAPA. Madrid.
- HAWLEY R.C. y SMITH D.M.; 1982. *Silvicultura práctica*. Editorial Omega. Barcelona.
- MEYA, D.; GONZALEZ, J.M. y AUNOS, A.; 2001. Evolución del crecimiento radial en un rodal adulto de *Pinus nigra* Arn. De la provincia de Lleida. *Invest. Agr.: Sist. Recur. For.* 10: 95-110.
- MONSERUD, R.A. & STERBA H.; 1996. A basal area increment model for individual trees growing in even- and uneven-aged forest stands in Austria. *For. Ecol. Manage.* 80: 57-80.
- PALAHÍ, M. & GRAU J.M. ; 2003. Preliminary site index model and individual-tree growth and mortality models for black pine (*Pinus nigra* Arn.) in Catalonia (Spain). *Invest. Agrar.; Sist. Recur. For.* 12: 137-148.
- SEYMUR, R.S. & HUNTER, M.L. Jr.; (1999). Principles of ecological forestry: En: M.L. Jr Hunter (ed.) *Maintaining biodiversity in forest ecosystems*. Cambridge University Press. Cambridge. UK. pp. 22-61.
- TÍSCAR, P.A.; 2005. Propuestas para la aplicación de una nueva selvicultura en el Parque Natural de las Sierras de Cazorla, Segura y Las Villas. En: M.A. Grande y A. García-Abril (Coord.). *Los pinares de Pinus nigra Arn. en España: ecología, uso y gestión*. Fundación Conde del Valle de Salazar. Madrid. pp. 585-612.
- TÍSCAR, P.A.; 2004. Estructura, regeneración y crecimiento de *Pinus nigra* en el Área de Reserva Navahondona-Guadahornillos (Sierra de Cazorla, Jaén). Tesis Doctoral. Universidad Politécnica de Madrid (inédita).
- TRABAUD, L. & CAMPANT, C. ; 1991. Difficulté de recolonisation naturelle du pin de Salzmann *Pinus nigra* Arn. ssp. *salzmannii* (Dunal) Franco après incendie. *Biol. Conser.* 58: 329-343.

Tabla 1. Matriz de correlaciones de Pearson entre las variables estudiadas.

	Crecimiento en sección	Diámetro normal	Altura total	Superficie de la copa
Crecimiento en sección				
Diámetro	0,607			

normal				
Altura total	0,385	0,501		
Superficie de la copa	0,513	0,707	0,470	
Fracción copa viva	-0,002 ^{n.s.}	0,055 ^{n.s.}	-0,013 ^{n.s.}	0,211 ^{n.s.}

n.s.= resultados no significativos al 95% tras una corrección de Bonferroni (p-valor= 0,05/10). Las variables “Superficie de la copa” y “Fracción copa viva” transformadas logarítmicamente para cumplir con la asunción de normalidad.

Tabla 2. Resultados del ajuste de regresión múltiple utilizado para estudiar la relación entre el crecimiento en sección y las variables consideradas.

	β	VIF	t (52)	p-valor
Intercepción	0,605		1,421	0,161
Diámetro	0,755	2,035	3,046	0,003
Altura	0,203	1,445	0,585	0,561
Superficie copa	0,129	2,080	1,205	0,234
Fracción copa viva)	0,096	1,090	0,541	0,591

$R = 0,65$; $R^2 = 0,42$; $F_{(4, 52)} = 9,436$; p-valor < 0,0001

Modelo ajustado con datos transformados logarítmicamente en todas las variables.

Figura 1. Relación entre el crecimiento en sección y el diámetro normal de los 57 árboles medidos en el estudio. La línea de ajuste corresponde a la expresión $y = 8,08 + 4,47*d$ ($p < 0,001$).

