

# TABLAS DE PRODUCCIÓN DE SELVICULTURA MEDIA PARA LAS MASAS DE *Pinus nigra* Arn. DE LA SIERRA DE CAZORLA, SEGURA Y LAS VILLAS

R. BAUTISTA, A. ALONSO, J.M. GRAU, J.A. GÓMEZ  
Departamento de Selvicultura CIFOR-INIA  
Ctra. Coruña Km 7,5 28040 MADRID

## RESUMEN

En este trabajo se parte de los datos obtenidos en 21 parcelas permanentes del Departamento de Selvicultura del CIFOR-INIA instaladas en 1963 y 1964 y en 21 parcelas volantes establecidas en 1999. Los inventarios se han realizado de forma periódica cada cinco años, ofreciendo los datos necesarios para la elaboración de tablas de producción de selvicultura media para cuatro calidades de estación. Las calidades se han definido en función de la altura dominante alcanzada a la edad típica de 100 años y se ha ajustado el modelo de RICHARDS (1959), obteniéndose cuatro curvas que corresponden a las alturas dominantes de 25, 22, 19, 16 m a los 100 años. La elaboración de las tablas de producción de selvicultura media se realiza mediante la graduación del índice de Hart, presentándose en este trabajo sólo las tablas de producción para las calidades 19 y 22.

P.C.: *Pinus nigra*, Selvicultura, Curvas de calidad, Tablas de producción.

## SUMMARY

The Silviculture Section of CIFOR-INIA installed 21 permanent experimental plots during the period from 1963 to 1964 and 21 temporal plots in 1999. Making use of the data obtained from the five-years periodic inventories, yield tables for four site index qualities have been prepared. The site-quality curves have been deduced adjusting the RICHARDS model (1959), expressing site-quality as a function of top height at 100 years. Four site qualities were obtained, corresponding to 25, 22, 19 and 16 m top height at base-age. In this paper we only present yield tables corresponding to site index 19 and 22, resulting by graduating the Hart index.

K.W.: *Pinus nigra*, Silviculture, Site index curves, Yield tables.

## INTRODUCCIÓN

La elaboración de unas tablas de producción de selvicultura variable para *Pinus nigra* Arn. en la Sierra de Cazorla, Segura y las Villas responde a la necesidad de disponer de una herramienta para planificar la selvicultura a realizar en masas situadas en la zona de estudio. A partir de los datos obtenidos periódicamente en parcelas de todas las edades y calidades de estación consideradas, se estudia de la evolución de las variables de masa en función de la edad.

## MATERIAL Y MÉTODOS

Durante los años 1963 y 1964, se instalaron un total de 21 **parcelas permanentes** en masas del área de distribución natural de *Pinus nigra* Arn. en la provincia de Jaén, de distintas edades y calidades de estación, asignadas siguiendo la clasificación provisional de calidades de estación de PITA (1965) para esta especie. Estas parcelas se sitúan en la Sierra de Cazorla, Segura y Las Villas, dentro del área geográfica de la región de procedencia: 8 Cordilleras Béticas, subregión 8ª Cazorla-Alcaraz de la especie (CATALÁN *et al.*, 1991). en los montes de utilidad pública de Navahondona, Calar de Juana, Poyo de Santo Domingo, Río Madera y Demarcaciones de la Sierra, de los Municipios de Cazorla, Peal de Becerro, Quesada y Segura de la Sierra, respectivamente. Las parcelas tienen forma rectangular y su superficie oscila entre 1000 y 2500 m<sup>2</sup>. Las parcelas permanentes se inventariaron periódicamente desde 1965, contando el Departamento de Selvicultura del CIFOR-INIA con siete inventarios de la mayoría de ellas. En 1999 se inventariaron 21 **parcelas volantes**, con el fin de completar la representación de edades y calidades de estación.

La **toma de datos** en las parcelas está basada en la metodología propuesta en el "Code of sample plot procedure" de la British Comision. Se mide el diámetro normal en todos los pies de la parcela, en cruz y en mm, y la altura total en una submuestra de 30 pies de todas las clases diamétricas, más un número proporcional a los 10 más gruesos por hectárea para calcular la altura dominante  $H_0$  de ASSMANN (1971). La **elaboración de los datos** se realiza por separado para cada parcela, incluyendo todos los inventarios. Dado que las parcelas se instalaron en masas naturales y por tanto sin un marco determinado, el valor más adecuado para el índice de Hart es el siguiente:

$$IHart = 10^4 / (H_0 * (0,933 * N)^{1/2})$$

Las **curvas de calidad de estación** se calculan a partir de los datos de alturas dominantes  $H_0$  y edades de todos los inventarios de todas las parcelas. Para ello se aplicó el modelo de RICHARDS (1959), cuya expresión es:

$$H_0 = a(1 - e^{-bt})^{1/d}$$
 siendo a, b, d parámetros,  $H_0$  altura dominante y t la edad

Las unidades son decámetros para la altura dominante  $H_0$  y decenas de años para la edad (ERVITI, 1991). Hemos considerado más adecuado no añadir a la ecuación anterior el término estocástico incluido por GARCÍA (1980, 1983). La curva media obtenida mediante este modelo corresponde a la ecuación siguiente:

$$H_0 = 2.43731(1 - e^{-0.215116t})^{1/0.945675}$$

Las curvas de calidad de estación se calculan a partir de la curva media, por determinación de cuatro curvas anamórficas definidas por la  $H_0$  alcanzada a la edad típica de 100 años (10 décadas). Para ello, dejamos constantes los parámetros b y d, y obligando a que las curvas pasen por los valores de altura dominante de 25, 22, 19 y 16 m, ajustamos la ecuación determinando el parámetro local a para cada una de las curvas, obteniéndose los siguientes valores:

$$a_{25} = 2.8493463 \text{ para la calidad 26 } a_{22} = 2.50742575 \text{ para la calidad 22}$$

$a_{19}= 2.16550319$  para la calidad 19  $a_{16}= 1.82358163$  para la calidad 16

Las **tablas de selvicultura media** o encontrada se calculan para las cuatro calidades consideradas. A partir de las ecuaciones resultantes de sustituir los parámetros locales  $a_i$  obtenemos las alturas dominantes  $H_o$  para cada calidad y edad, variables de entrada de las tablas. El nº de pies por ha (N), el diámetro cuadrático medio (Dg) y la altura media (Hg) se calculan mediante los siguientes ajustes:

$$\ln N = 7,87133 - 1,9594 \cdot \ln H_o \quad (R^2=0,57)$$

$$Dg = -0,221466 + 10,0336 \cdot (100/N) + 55,2282 \cdot H_o \quad (R^2=0,91)$$

$$Hg = -0,289194 + 0,995901 \cdot H_o \quad (R^2=0,84)$$

El volumen del árbol medio se obtiene a partir de la tarifa de cubicación de MARTÍNEZ-MILLÁN (1993) para *Pinus nigra* Arn, cuya expresión es la siguiente:

$$V_{cc} \text{ (dm}^3\text{)} = 0,037939 \cdot d^{2,03310} \cdot h^{0,96650}$$

El volumen por hectárea para cada clase y calidad se obtiene como producto del número de pies por hectárea N por el volumen del árbol medio.

La elaboración de las **tablas de selvicultura variable** se realiza por simulación de un régimen de claras mediante la variación del índice de HART. Para ello nos basamos en los valores del índice calculados en las distintas parcelas y los estudios llevados a cabo para esta especie, centrándonos en los valores indicados por PITA (inédito) para esta especie. En el presente trabajo se presentan sólo las tablas relativas a las calidades 22 y 19 y para una selvicultura que consideramos de características medias, graduando la densidad por el índice de HART. De este modo, a partir del valor encontrado a los 20 años (22.6 y 24.7 para las calidades 22 y 19, respectivamente) vamos incrementando el valor del índice hasta 25 en la primera clara y a 27 en la segunda clara. La primera clara se realizará a los 30 años y la segunda a los 50.

## RESULTADOS

Para cada calidad considerada se elaboran las tablas de selvicultura media, siguiendo lo indicado por MADRIGAL (1991): la necesidad de llevar a cabo un tipo de selvicultura más o menos intensa que permitan densidades mayores o menores en función de la masa y los objetivos de gestión, hace conveniente presentar ambos tipos de tablas.

En la figura nº 1 se presentan las **curvas de calidad obtenidas**, correspondientes a la evolución de la altura dominante en función de la edad según las distintas calidades. Las curvas de calidad 25, calidad 22, calidad 19 y calidad 16 corresponden a alturas dominantes ( $H_o$ ) de 25, 22, 19 y 16 metros, respectivamente alcanzados a los 100 años.

En las tablas nº 1 y 2 se presentan las **tablas de selvicultura media o encontrada** para las dos calidades intermedias, calidad 22 y calidad 19. Las elevadas densidades encontradas en las parcelas se reflejan en ambas tablas, en las que se aprecian valores elevados del número de pies por hectárea. Esto es debido a que en las parcelas permanentes sólo se realizaron claras en el segundo inventario y a que las parcelas volantes se ubicaron en masas densas para poder llevar a cabo la modelización de las claras.

En las tablas nº 3 y 4 se incluyen las **tablas de producción de *Pinus nigra* Arn. para un régimen medio de claras**, para las calidades 22 y 19 respectivamente. En ellas se presenta la evolución de las distintas variables de la masa al aplicar un régimen medio de claras, simulado mediante la graduación del índice de Hart. La densidad de partida, a los 20 años, es la densidad encontrada a esta edad en las parcelas de las dos calidades, y a partir de entonces se va variando el índice de Hart, obteniéndose la densidad a las distintas edades.

Si comparamos las tablas nº 1 y 2 de selvicultura encontrada para las calidades 19 y 22, respectivamente, con las tablas nº 3 y 4 de producción para un régimen medio de claras para las calidades 19 y 22, respectivamente, podemos apreciar que, pese a no haber simulado una selvicultura muy intensa, se llega en las primeras a densidades finales muy inferiores a las alcanzadas con la selvicultura encontrada, lo que supone comparar entre masas casi no intervenidas y masas en las que se ha simulado una selvicultura que podemos calificar de media. De cualquier forma, las tablas de producción de selvicultura variable deben abordarse como una guía indicativa de la gestión a realizar en las distintas masas.

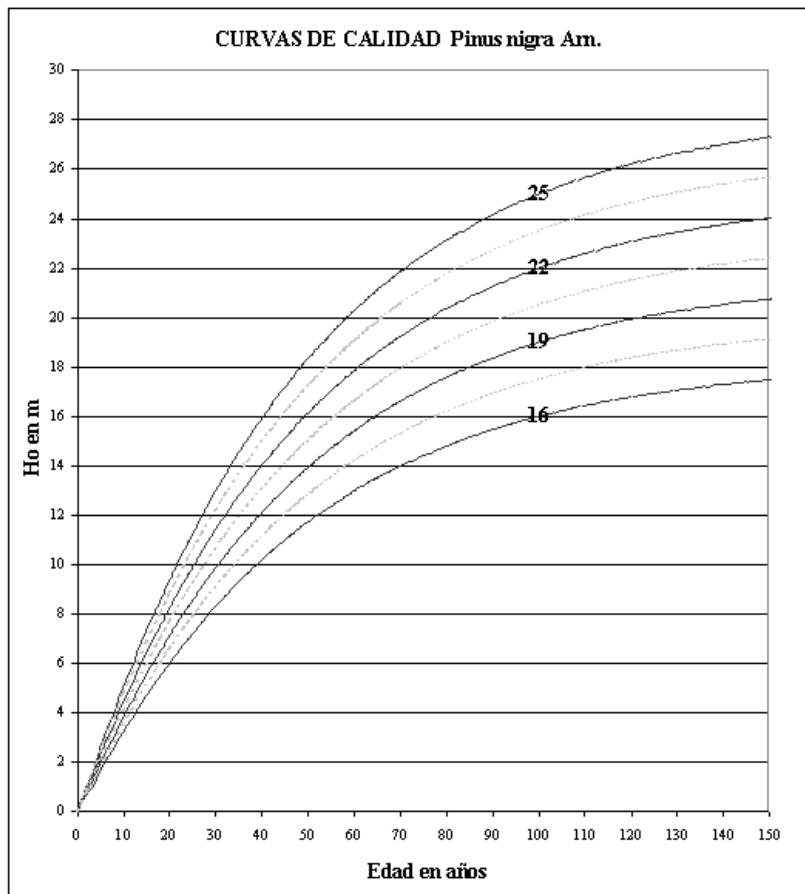


Figura 1. Curvas de calidad de estación para *Pinus nigra* Arn.

TABLAS DE SELVICULTURA MEDIA ENCONTRADA PARA *P nigra* Arn.

Tabla 1. CALIDAD 19 (Ho=19m a los 100 años)

edad	Hb	N	Hg	Dg	G	V	V <sub>total</sub>
(años)	(m)	(pies/ha)	(m)	(cm)	(m <sup>2</sup> /ha)	(m <sup>3</sup> /ha)	(dm <sup>3</sup> )
20	7,1	3496	6,8	8,7	20,8	69	19,7
30	9,9	2651	9,5	12,0	29,8	138	52,1
40	12,1	2227	11,8	14,6	37,3	213	95,8
50	13,9	1977	13,6	16,7	43,6	287	145
60	15,4	1814	15,1	18,5	48,7	336	196
70	16,6	1702	16,3	19,9	52,9	417	245
80	17,6	1622	17,2	21,0	56,3	471	290
90	18,4	1562	18,0	21,9	59,1	516	331
100	19,0	1518	18,6	22,7	61,3	555	366
110	19,5	1484	19,1	23,3	63,2	587	396
120	19,9	1458	19,6	23,8	64,6	614	421
130	20,3	1437	19,9	24,1	65,8	636	442
140	20,5	1421	20,2	24,5	66,8	654	460
150	20,7	1408	20,4	24,7	67,6	669	475

Tabla 2. CALIDAD 22 (Ho=22m a los 100 años)

edad	Hb	N	Hg	Dg	G	V	V <sub>total</sub>
(años)	(m)	(pies/ha)	(m)	(cm)	(m <sup>2</sup> /ha)	(m <sup>3</sup> /ha)	(dm <sup>3</sup> )
20	8,3	3086	7,9	10,0	24	94	31
30	11,4	2340	11,1	13,8	35	189	81
40	14,0	1966	13,7	16,9	44	291	148
50	16,1	1745	15,8	19,3	51	392	225
60	17,8	1601	17,5	21,3	57	486	303
70	19,2	1502	18,9	23,0	62	569	379
80	20,4	1431	20,0	24,3	66	642	449
90	21,3	1379	20,9	25,3	69	704	511
100	22,0	1340	21,6	26,2	72	757	565
110	22,6	1310	22,2	26,9	74	801	611
120	23,1	1287	22,7	27,4	76	837	650
130	23,5	1269	23,1	27,9	77	867	683
140	23,8	1254	23,4	28,2	79	891	711
150	24,0	1243	23,6	28,5	79	912	733



## AGRADECIMIENTOS

El establecimiento de las parcelas permanentes por el antiguo IFIE y el seguimiento de las mismas a lo largo del tiempo por el Departamento de Selvicultura del CIFOR del INIA han permitido la obtención de los datos que sirven como base a este estudio, por lo que nuestro agradecimiento va dirigido a todas las personas que han trabajado durante tantos años. Agradecemos también al INIA la concesión de una beca predoctoral dentro de este departamento para continuar esta labor.

## BIBLIOGRAFÍA

- ASSMANN, E.; (1970). *The principle of Forest Yield Study*. English Edition. Pergamon Press Ltd. Oxford. 506 pp.
- CATALÁN, G et al.; (1991). *Regiones de procedencia de Pinus sylvestris L. y Pinus nigra Arn. subsp. salzmannii (Dunal) Franco*. ICONA-INIA. Madrid. 100 pp.
- ERVITI, JJ; (1991). *Desarrollo de modelos de crecimiento y producción de las masas de Pinus halepensis Mill. en España*. Tesis Doctoral. Departamento de Silvopascicultura. Universidad Politécnica. E.T.S.I.M. Madrid. 312 pp.
- HUMMEL, F.C., LOCKE, G.M.L., JERRERS, J.N.R.; CHRISTIE, J.M.; (1959). *Code of sample plot procedure*. Forestry Commission Bulletin 31. Pp 113.
- FORESTRY COMMISSION; (1971). *Forest Management Tables (metric)*. Revised by Hamilton, G.J., and Christie, J.M. For Com. Booklet nº 34. Her Majesty's Stationery Office. Londres. 201 pp.
- GARCÍA, O; (1980). *A stochastic differential equation model for the Height growth of forest stands*. 5<sup>th</sup> Australian Statistical Conference. Sydney, August 1980, pp.42.
- GARCÍA, O; (1983). *A stochastic differential equation model for the height growth of forest stands*. Biometrics 39. December 1983, pp.1059-1072.
- GÓMEZ, J.A; (1996). *Pinus nigra Arn. en el Sistema Ibérico: Tablas de crecimiento y producción*. Monografía INIA nº 93. Madrid. 106 pp.
- MADRIGAL, A, (1991). *Tablas de producción*. Seminario sobre Inventario y Ordenación de Montes. Valsaín 20-30 mayo 1991. Segovia. Pp 34
- MADRIGAL, A, ÁLVAREZ J.G, RODRÍGUEZ, R; ROJO, A; (1999). *Tablas de producción para los montes españoles*. Fundación Conde del Valle de Salazar. E.T.S.I.M. Madrid.253 pp.
- MARTÍNEZ, J; ARA, P; GONZÁLEZ, I; (1993) *Ecuaciones alométricas de tres variables: estimación de volumen, crecimiento y porcentaje de corteza de las principales especies maderables españolas*. Investigación agraria. Sistemas y Recursos Forestales. Vol. 2 (2) pp. 211-218.
- MONTERO, J.M; GRAU, J.M; RUIZ-PEINADO, R; ORTEGA, C; CAÑELLAS, I; 1999. *Modelos y Tablas de producción de selvicultura variable para Pinus halepensis Mill*. Actas de la II Reunión Científica del Grupo de Selvicultura Mediterránea de la S.E.C.F. sobre "Selvicultura del pino carrasco". Albacete, 28-30 septiembre 1999.
- PITA, P.A; (1965). *Clasificación provisional de las calidades de estación en las masas de pino laricio y pino carrasco de la Península Ibérica*. Anales del IFIE, 1965. Tomo I. Año XXXVII. Núm 10. Madrid. Pp 35-59.
- RICHARDS, F.J; (1959). *A flexible growth function for empirical use*. Journal of Experimental Botany, vol.10, nº 29, pp. 290-300.