

AJUSTE DE MODELOS DE CUBICACIÓN PARA *Pinus pinaster* Ait. EN LA COMARCA DEL BAIXO MIÑO

A. IRISARRI; L.NIETO; SALAS, C.; LAINO, R.

(1) (2) (3) (4)

- (1) FESERMAGA Rúa San Lázaro 93 – 2º A. 15703 SANTIAGO DE COMPOSTELA - A CORUÑA.
- (2) Departamento de E.R.N.M.A. – E.U.T. FORESTAL – UNIVERSIDADE DE VIGO. A Xunqueira s. n. 36005 PONTEVEDRA. lnieto@uvigo.es
- (3) Facultad de Ciencias Forestales. Universidad de La Frontera - Temuco. Chile.
- (4) Facultad de Ciencias Agrarias. Universidad Nacional de Asunción. Paraguay.

RESUMEN

Se presenta la metodología y primeros resultados de un proyecto de investigación llevado a cabo por la Universidad de Vigo en el que se han determinado ecuaciones de cubicación para las masas de pino gallego (*Pinus pinaster* Ait.) en la comarca natural del Baixo Miño (Pontevedra). En el proyecto se han integrado a raíz de la colaboración con la asociación empresarial de rematantes de madera de Pontevedra, un posterior desarrollo de la tabla para su uso como primera aproximación a la tasación del valor de mercado de la madera de pino gallego.

P.C.: cubicación, *Pinus pinaster* Ait., Baixo Miño, aprovechamientos

SUMMARY

This paper is the first presentation of the results of a project about *Pinus pinaster* Ait in the natural region of Baixo Miño (Pontevedra). We analyse and cube 122 trees coming from ten different places located inside the study area. The sample was distributed between different kind of cuttings: thinnings, high grading and final crops. Twenty different models of volume using dap., total height and diameters at different levels of tree, were tested.

This project is made in collaboration with the Professional Association of Harvesters of Pontevedra.

K.W.: forest mensuration, *Pinus pinaster* Ait., Baixo Miño, harvesting

INTRODUCCIÓN, MATERIAL Y MÉTODOS:

La necesidad de disponer de una herramienta sencilla que permita la obtención de valores precisos de las existencias de una masa forestal es vital tanto para el propietario forestal como para el rematante. Si a esto se une el creciente interés por la planificación de la gestión de las masas forestales - por su ordenación, en definitiva - aumentan los motivos para el estudio y el ajuste de modelos de determinación de existencias.

Dado el marcado carácter especie - región que presentan las masas forestales, se ha elegido la comarca natural del Baixo Miño para focalizar el estudio.

La Comarca del Baixo Miño comprende los términos municipales de Tui, Tomiño, A Garda, Oia y O Rosal. A superficie total que abarca es de 32.165 ha. de las cuales 24.134 están consideradas como superficie forestal. Dentro de ésta la importancia de la especie *Pinus pinaster* es clara como se puede apreciar en la TABLA 1.

Tabla 1: Distribución de superficie forestal en el Baixo Miño

	SUP. TOTAL	TOTAL FORESTAL	MASS PURAS PT	MASAS PT EN MEZCLA	TOTAL PT	%PT / FORESTAL	% FORESTAL / TOTAL
OIA	8.358	7.202	1.678	1282	2960	41%	86%
A GARDA	2.046	1.748	461	59	520	30%	85%
TOMIÑO	10.740	7.747	1.791	3652	5443	70%	72%
TUI	6.655	4.305	272	2866	3138	73%	65%
O ROSAL	4.366	3.132	1.388	155	1543	49%	72%
TOTAL	32.165	24.134	5.590	8.014	13.604		

La muestra fue seleccionada utilizando árboles que se estaban apeando en aprovechamientos forestales que se realizaron en la zona durante el invierno del año 2000, antes del comienzo del período vegetativo. Se recogieron muestras en montes de diferentes características buscando incorporar los diferentes modelos de gestión, calidad de estación, edades y tipos de aprovechamientos para poder estudiar su posible significación. Las características y distribución de la muestra se recoge en la **TABLA 2**. Se buscó que la muestra contuviese representantes de los diferentes modelos de gestión que se realizan en las masas de pinaster. Los datos tomados de cada uno de los rodales de estudio fueron tanto parámetros dasométricos de la masa (densidad (número de árboles/ha), área basimétrica medida con el relascopio, altura dominante), edad, como observaciones fisiográficas (altitud, pendiente, orientación), edafológicas (tipo de suelo, profundidad, pedregosidad), relación de especies vegetales existentes, tanto arbóreas como de matorral. Se localizó el rodal mediante la toma de coordenadas geográficas con GPS.

Tabla 2: Características generales de la muestra

RODAL	CONCELLO	PARROQUIA	MONTE	EDAD: Med (MIN - MÁX)	EDAD	TIPO DE CORTA	CALIDAD
1	OIA	MOUGAS	M.V. MOUGÁS	18 (14 - 23)	18	CLARA	14,4
2	OIA	BURGUEIRA	PARTICULAR	44 (42 - 46)	44	ENTRESACA	13,2
3	OIA	BURGUEIRA	M. V. BURGUEIRA	22 (13 - 27)	22	CLARA	15
4	OIA	LOUREZA	VALGA E LOUSADO	30 (18 - 37)	30	CLARA	13,9
5	OIA	LOUREZA	VALGA E LOUSADO	34 (28 - 40)	34	CLARA	14,6
6	TOMIÑO	STA. MARIÑA TEBRA	FERROIO	64 (29 - 74)	64	ENTRESACA	14,8
7	O ROSAL	S. MIGUEL DE TABAGÓN	MONTE VECINAL	45 (35 - 61)	45	CORTA FINAL	11,7
8	TUI	PAZOS DE REIS	MTE. ALOIA	56	56	CORTA FINAL	11,6
9	TUI	PAZOS DE REIS	MTE. ALOIA	38 (28 - 51)	38	CORTA FINAL	11,7
10	TUI	PEXEGUEIRO	M. V. PEXEGUEIRO	42 (30 - 48)	42	CORTA FINAL	13,6

En cada uno de los rodales estudiados, de los árboles medidos se tomaron en campo datos de: diámetro normal, altura total, altura de fuste (se ha considerado el fuste hasta la altura de fin de aprovechamiento maderable del árbol), altura de la primera rama viva, posición sociológica y la altura de cada una de las secciones de corte. En cada una de ellas se extrajo una rodaja para la posterior realización en laboratorio de análisis de troncos. Finalizado este proceso de cada uno de los árboles se han obtenido los valores de su edad, volúmenes total y del fuste, con y sin corteza, así como la variación con el tiempo de diámetro normal, altura, volúmenes y crecimiento en volumen. Los datos obtenidos servirán también para la construcción de modelos de perfil y crecimiento.

Utilizando una aplicación informática desarrollada en MatLab (Matrix laboratory) se probó el ajuste de 20 modelos de volumen diferentes que se recogen en la **TABLA 3** en la que se utiliza la siguiente notación: d , diámetro normal en cm.; V , volumen maderable con corteza en m.c.; h , altura total en m.; d_4 , diámetro a la altura de 4 m. y Ff , coeficiente mórfico artificial. Hay que aclarar que en los modelos originales en los que aparece un valor del diámetro en altura se utiliza el diámetro a la altura de 3 m. En nuestro caso, para comparar resultados con las ecuaciones propuestas por el Segundo I.F.N. se ha sustituido este valor por el del diámetro a 4 metros que utiliza aquel.

Tabla 3: Modelos de cubicación testados

NÚMERO	MODELO	FUENTE
Modelo 1.	$V = bo + b_1 d$	
Modelo 2.	$V = bo + b_1 d^2$	
Modelo 3.	$V = bo + b_1 d^3$	Manosalva (1995)
Modelo 4.	$V = bo + b_1 d + b_2 d^2$	
Modelo 5.	$V = bo + b_1 * d + b_2 d^{0,5}$	Manosalva (1995)
Modelo 6.	$V = b_1 d + b_2 d^2 + b_3 d^3$	Schmidt (1990)
Modelo 7.	$V = bo + b_1 d^2 h$	SPURR (Schmidt, 1990)
Modelo 8.	$V = bo + b_1 d d_4 h$	Zöhler (1980)
Modelo 9.	$V = bo + b_1 d^2 + b_2 d^2 h^2 + b_3 d_4^2$	Gezan y Salas (2000)

Modelo 10.	$V=bo+ b_1 d^2 h +b_2 d^2 h^2 + b_3 h^3+ b_4 d_4^2$	INFORA(1996)
Modelo 11.	$Ff = bo+ b_1/ d+ b_2/ d^2 h+ b_3 / h^2$	Gezan y Salas (2000)
Modelo 12.	$d^2 / V= bo+ b_1 \ln h + b_2 \ln d_4+ b_3 d^2 h$	Salas (2000)
Modelo 13.	$\ln V= bo+ b_1 \ln d$	(Schmidt y Caldentey, 1991)
Modelo 14.	$\ln V = bo+ b_1 \ln d+ b_2 / \ln d$	Manosalva (1995)
Modelo 15.	$\ln V= bo+ b_1 \ln d+ b_2 / \ln d^2$	Manosalva (1995)
Modelo 16.	$\ln V = bo+ b_1 \ln d + b_2 \ln d^2+ b_3 \ln d^3$	Schmidt (1990)
Modelo 17.	$\ln V = bo+ b_1 \ln d^2 h$	Salas(2000)
Modelo 18.	$\ln V = bo+ b_1 \ln d + b_2 \ln h$	Schmidt (1990)
Modelo 19.	$\ln V= bo+ b_1 \ln d + b_2 \ln h + b_3 \ln d_4$	Zöhler (1980)
Modelo 20.	$\ln V = bo + b_1 \ln d_4 + b_2 \ln h + b_3 d^2 h$	Salas (2000)

Se probaron además los modelos propuestos por el resumen provincial del Segundo Inventario Forestal Nacional (en adelante, I.F.N.2) tanto para las variables diámetro y altura como para tres variables diámetro normal, altura total y diámetro a 4 metros.

RESULTADOS Y/O DISCUSIÓN

El programa desarrollado calcula para cada uno de los modelos indicadores estadísticos típicos como el error cuadrático medio, el error relativo, la diferencia agregada, R2 ajustado y el índice de Furnival. Los resultados de la aplicación del programa se recogen en varios ficheros en formato “.txt”. En “RANAJU.TXT” se recogen, entre otros, los valores de los coeficientes de los modelos de regresión así como los indicadores señalados anteriormente que se ofrecen en la TABLA 4. Finalmente, en el fichero “RANVOL.TXT” se establece una clasificación de los modelos en función de los mejores resultados obtenidos para estos indicadores, otorgándoles una puntuación global a partir de la que se ordenan de mejor a peor los modelos.

En la TABLA 5 puede verse la clasificación obtenida para los diferentes modelos en la primera columna. Las restantes contienen la posición - 1 para el mejor y 22 para el peor - en una clasificación en función de los valores de los modelos de los indicadores: error medio cuadrático, la media del error para las clases de validación establecidas, la desviación típica del error, la diferencia agregada, su media y desviación típica.

Tabla 4: Resultados de los diferentes modelos de regresión (b_i , coeficientes de los modelos)

MODELO	b_0	b_1	b_2	b_3	b_4	E.C.M.	E.C.M. (%)	DIFA	DIFA RELATIVA	R ² _a	INFU
19	-8,718	0,209	0,655	0,859020	-	0,046	10,71	0,0044	-1,02	0,981	0,024
20	-8,357	1,859	0,609	1,92E-06	-	0,049	11,45	0,0021	-0,48	0,981	0,024
9	-0,001	0,000	0,000	0,001069	-	0,045	10,36	1,05E-16	0,00	0,977	0,045
10	-0,036	0,000	0,000	7,18E-06	1,02E-03	0,046	10,60	9,18E-17	0,00	0,966	0,047
17	-10,065	0,959	-	-	-	0,115	26,85	0,0019	-0,44	0,967	0,053
18	-10,236	1,872	1,073	-	-	0,118	27,38	0,0019	-0,43	0,957	0,054
8	0,043	0,000	-	-	-	0,078	18,04	2,91E-17	0,00	0,972	0,078
13	-8,450	2,243	-	-	-	0,111	25,77	0,0062	-1,43	0,941	0,067
14	-4,796	1,675	-5,806	-	-	0,110	25,71	0,0110	-2,57	0,933	0,067
15	-4,796	1,675	-11,613	-	-	0,110	25,71	0,0110	-2,57	0,933	0,067
16	-22,822	15,350	-3,937	0,389	-	0,121	28,15	0,0080	-1,86	0,924	0,066
12	9066,700	-1847,878	-679,175	0,017	-	0,090	20,93	0,0097	-2,27	0,528	0,051
2	-0,046	0,001	-	-	-	0,109	25,35	-2,09E-17	0,00	0,936	0,110
5	1,670	0,114	-0,846	-	-	0,108	25,18	3,46E-16	0,00	0,927	0,110
6	-0,006	0,001	0,000	-	-	0,108	25,17	0,0014	-0,34	0,916	0,110
7	0,057	0,000	-	-	-	0,115	26,70	-1,67E-16	0,00	0,928	0,116
4	-0,001	-0,003	0,001	-	-	0,109	25,30	1,92E-17	0,00	0,926	0,110
22	0,002	1,593	0,633	0,443	-	0,110	25,69	-0,0348	8,11	0,838	0,100
21	41,100	0,000	-	-	-	0,136	31,54	-0,0416	9,67	0,859	0,100
3	0,147	0,000	-	-	-	0,134	31,23	1,65E-18	0,00	0,897	0,136
1	-0,568	0,037	-	-	-	0,142	33,16	2,74E-16	0,00	0,883	0,144
11	0,000	0,000	-0,022	1,89E-04	-	0,115	26,67	-0,0023	0,53	0,042	0,261

Tabla 5: Clasificación de los modelos en función de los parámetros indicados.

MODELO	PECMT	PMEDIAECM	PSXECM	PDIFAT	PMEDIADIFA	PSXDIFA
9	1	3	2	10	2	3
20	4	2	4	16	3	2
19	3	1	3	17	6	4
10	2	4	1	9	8	12
8	5	5	5	8	11	16
4	9	11	12	7	4	8
11	15	8	20	3	1	5
12	6	6	7	20	15	1
2	10	15	9	5	10	13
5	8	19	6	12	5	18
6	7	16	8	13	12	15
22	11	7	17	2	20	20
18	18	10	21	14	7	9
17	17	9	19	15	9	11
14	12	12	14	21	17	6
7	16	18	11	4	16	19
13	14	14	13	18	13	14
15	13	13	15	22	18	7
16	19	17	18	19	14	10
3	20	21	10	6	19	21
21	21	20	22	1	22	17
1	22	22	16	11	21	22

Como es lógico a mayor número de variables independientes mejores ajustes se han obtenido; así los modelos que ocupan los primeros puestos de la clasificación son modelos obtenidos a partir de datos de diámetro normal, altura total y diámetro a cuatro metros. Los modelos 19 y 20, los mejores, corresponden a transformaciones logarítmicas de las variables. Con estos modelos los errores relativos se sitúan en torno al 10%.

Los modelos desarrollados en función de valores de diámetro normal y altura total responden bien cuando se aplican transformaciones logarítmicas de las variables.

Los modelos en función solamente del diámetro normal igualan en error relativo a los modelos desarrollados para un área geográfica más amplia por el I.F.N.2

Estos resultados son los primeros obtenidos al analizar el conjunto de la muestra. Se pretende, dados de los valores encontrados, filtrar la muestra en función de diferentes parámetros tomados en los lugares de muestreo para conseguir un mejor ajuste de los resultados. Se realizarán las pruebas estadísticas pertinentes para la segregación de la muestra.

Otro de los pasos futuros a desarrollar es la obtención de modelos de perfil que pueden definirse a partir de la toma de datos en diferentes secciones del árbol. Estos modelos tienen la ventaja de que permiten realizar una clasificación de productos en función de las dimensiones de la madera y por tanto realizar una integración en funciones de valor.

Otro de los modelos que se probará en el futuro son las funciones de razón en volumen que permiten obtener también porcentajes de madera de diferentes dimensiones y calidades.

CONCLUSIONES

Se presentan los resultados preliminares del proyecto en curso para la determinación de ecuaciones de cubicación para *Pinus pinaster* en la comarca del Baixo Miño. La aplicación de los modelos encontrados supone un descenso en el error de las estimaciones obtenidas mediante las ecuaciones de las que se disponía anteriormente. En particular, un modelo definido en función del diámetro ofrece valores de ajuste similares a los que se obtienen con modelos que necesitan un mayor número de variables.

Se espera que los análisis en curso consigan mejores ajustes de los valores de volúmenes.

AGRADECIMIENTOS

Queremos hacer constar un agradecimiento expreso a los rematantes de madera que han sido

colaboradores y testigos, pacientemente, de la recogida de datos: Maderas y Transportes Rafael Costas S.L., Juan José Rodríguez Pérez, Javier y Ramiro, Comunidad de Montes de Burgueira, Rogelio Piñeiro Vázquez e hijos S.L., José Fernández Grande y Maderas Amorín S. L.

BIBLIOGRAFÍA

- DUPLAT, P. & PERROTTE, G. (1981) *Inventaire et estimation de l'accroissement des peuplements forestiers*. O.N.F. Francia.
- PRIETO, A. & HERNANDO; (1995). *Tarifas de cubicación e inventario por ordenador..* E.T.S.I. Montes. U.P.M. Madrid.
- SOKAL, R. & ROHLF, F.J. (1995) *Biometry*. Freeman. New York.