



**Unidade de Xestión Forestal
Sostible (UXFS)**

Escuela Politécnica Superior
(USC)

Campus universitario s/n.

27002 Lugo (España)

Tel.: 34 982823221/222

Fax.: 34 982285926

<http://www.usc.es/uxfs/>

Grupo de Referencia Competitiva del SUG 2000-2009 y 2010-2013. Ayuda concedida por la Consellería de Cultura, Educación e O.U. (Xunta de Galicia) y cofinanciada con fondos FEDER



UNION EUROPEA
FONDO EUROPEO DE
DESARROLLO REGIONAL
"Una manera de hacer Europa"



XUNTA DE GALICIA

CONSELLERÍA DE CULTURA, EDUCACIÓN
E ORDENACIÓN UNIVERSITARIA

DOCUMENTACIÓN DE LA IV JORNADA DE DIFUSIÓN DE RESULTADOS DE INVESTIGACIÓN

**UNIDADE DE XESTIÓN FORESTAL SOSTIBLE (UXFS)
ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR DE LUGO (USC)**

Lugo, 29 de OCTUBRE de 2012

**COLABORA: LABORATORIO DEL TERRITORIO (LABORATE).
ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR**



Unidade de Xestión Forestal Sostible (UXFS)

Escuela Politécnica Superior (USC)

Campus universitario s/n.

27002 Lugo (España)

Tel.: 34 982823221/222

Fax.: 34 982285926

<http://www.usc.es/uxfs/>

Grupo de Referencia Competitiva del SUG 2000-2009 y 2010-2013. Ayuda concedida por la Consellería de Cultura, Educación e O.U. (Xunta de Galicia) y cofinanciada con fondos FEDER



UNION EUROPEA
FONDO EUROPEO DE
DESARROLLO REGIONAL

"Una manera de hacer Europa"



XUNTA DE GALICIA

CONSELLERÍA DE CULTURA, EDUCACIÓN
E ORDENACIÓN UNIVERSITARIA

IV JORNADA DE DIFUSIÓN DE RESULTADOS DE INVESTIGACIÓN DE LA “UNIDADE DE XESTIÓN FORESTAL SOSTIBLE (UXFS)” ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR de LUGO (USC), 29 de OCTUBRE de 2012

OBJETIVO:

Aportar información de utilidad directa para técnicos de la administración o de empresas forestales derivada de los trabajos de investigación desarrollados por el grupo “Unidade de Xestión Forestal Sostible” de la EPS (USC), así como por grupos (Laboratorio del Territorio) y empresas con los que se colabora. Se aportará documentación y últimas versiones de los programas en www.usc.es/uxfs y copias del IFN4 de Galicia.

PROGRAMA:

10-10:30. Entrega de documentación e inscripción

10:30. Apertura de las jornadas por parte de José Luis Chan Rodríguez (

10:40. Presentaciones.

1. Resultados del IFN4 en Galicia. Ponente: Roberto Vallejo Bombín (Jefe del área de inventario y estadística forestal, MAGRAMA)

2. GesMO, aplicativos EXCEL y diagramas: nuevas funcionalidades y especies. *Quercus robur*, *Betula pubescens*, *Eucalyptus nitens*. Ponente: Ulises Diéguez Aranda (UXFS-EPS)

12:00 Pausa café

12:30 Presentaciones

3. LiDAR aerotransportado y sus aplicaciones: estimación de existencias y nuevas herramientas para la estimación de existencias y la selvicultura preventiva de incendios. Ponente: David Miranda Barrós (LABORATE, EPS)

4. Predicción de la calidad tecnológica de la madera a partir de características externas de fustes y trozas. Ponente: Guillermo Riesco Muñoz (UXFS- EPS)

5. Visita al Laboratorio de ensayos estructurales de madera de PEMADE. Ponente: Manuel Guaita Fernández (UXFS- EPS)

14:00 Pausa comida

15:30 Salida de campo

6. Visita al sitio de ensayo de claras de *Pinus radiata* en Begonte. Resultados tras dos claras y 8 años. Ponentes: Felipe Crecente Campo, Alberto Rojo Alboreca, Roque Rodríguez Soalleiro (UXFS- EPS)

7. Demostración de LiDAR terrestre. Ponentes: Eduardo González Ferreiro, Miguel Cordero Souto (LABORATE, EPS)

8. Problemas de perforadores en coníferas. Ponente: M. Josefa Lombardero Díaz (UXFS- EPS)

9. Demostración de evaluación de la calidad de madera con equipos sónicos. Ponentes: Esther Merlo Sánchez, Óscar Santaclara Estévez (Madera+)

10. Demostración de los resultados de ensayos de poda en el Principado de Asturias. Ponentes: Andrea Hevia Cabal, Juan Majada Guijo (CETEMAS).

Fin de la jornada sobre las 18:00

Coordinación de la documentación: Rodríguez Soalleiro, Roque



**IV JORNADA DIFUSIÓN RESULTADOS INVESTIGACIÓN
UXFS, EPS DE LUGO, USC. 29/10/2012
ACTUALIZACIÓN DE MODELOS DISPONIBLES A 29/10/2012.
GesMO, APLICATIVOS EXCEL Y DIAGRAMAS**

Diéguez Aranda, Ulises; Pérez Cruzado, César; Rojo Alboreca, Alberto; Rodríguez Soalleiro, Roque (UXFS, EPS)

Desde la publicación del libro “Herramientas selvícolas para la gestión forestal sostenible en Galicia” (diciembre de 2009), se han actualizado o desarrollado por primera vez herramientas que complementan a las existentes en el libro y que pretenden ayudar en la gestión de los rodales de las principales especies. A continuación se presenta un resumen de dichas herramientas.

Calidad de estación (ver capítulo 2 del libro y aplicativo de calidad de estación)

A partir del análisis de tronco de 32 árboles dominantes de *Eucalyptus nitens* apeados en 10 parcelas localizadas en la provincia de Lugo, que abarcaban el rango de calidad observado para la especie en Galicia, se ha ajustado la ecuación de calidad de estación que se muestra en la tabla 1 (Blanco Souto, 2009). La representación gráfica de las curvas que se pueden generar con dicha ecuación para diferentes índices de sitio se muestra en la figura 1.

Tabla 1. Ecuación de calidad de estación para *Eucalyptus nitens* en Galicia.

<i>Eucalyptus nitens</i>	R^2	REMC
$H_{02} = \frac{X_0}{1 + 1466/X_0 \cdot t_2^{-1,604}}$ <p>donde $X_0 = \frac{1}{2} \cdot \left(H_{01} + \sqrt{H_{01}^2 + 4 \cdot 1466 \cdot H_{01} \cdot t_1^{-1,604}} \right)$</p>	0,992	0,749 m

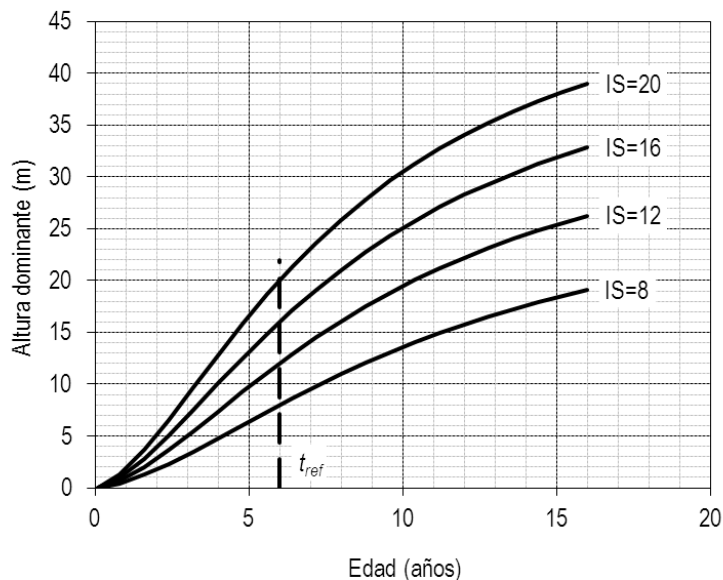


Figura 1. Curvas de calidad de estación de *Eucalyptus nitens*, con calidades, de 8, 12, 16 y 20 m a edad de referencia de 6 años

Se han actualizado las curvas de calidad para *Quercus robur*, empleando una metodología de ajuste más avanzada que la utilizada originalmente. La nueva ecuación es la función de transición para la altura dominante que se muestra en el siguiente apartado, y las curvas de calidad de estación para diferentes índices de sitio se muestran en la figura 2.

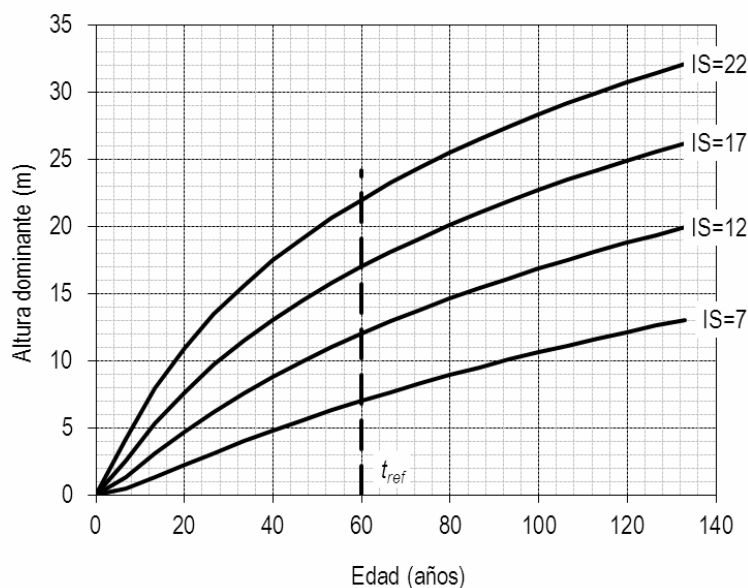


Figura 2. Curvas de calidad de estación para *Quercus robur* para índices de sitio de 7, 12, 17 y 22 m a la edad de referencia de 60 años

El aplicativo excel de calidad de estación se ha modificado en consonancia con estos desarrollos, lo que afecta a la posibilidad de calcular calidades para plantaciones de *Eucalyptus nitens*, así como a los resultados de las calidades de masas de carballo.

Modelos dinámicos de crecimiento.

Siguiendo la estructura descrita en el capítulo 4 del libro, se han desarrollado modelos dinámicos de crecimiento para rodales regulares de *Betula pubescens* y *Quercus robur* en Galicia (Gómez-García, 2011), con financiación del proyecto “Modelos de evolución de bosques de frondosas autóctonas del noroeste peninsular” (AGL2007-66739-C02-01), cofinanciado por la Unión Europea mediante fondos FEDER. La información de estadística descriptiva de las parcelas empleadas se incluye en las tablas 2 y 3.

Tabla 2. Estadísticos descriptivos de las variables de rodal empleadas en el desarrollo del modelo dinámico de crecimiento para *Betula pubescens*.

Variable	1º inventario (148 parcelas)				2º inventario (50 parcelas)			
	Media	Mínimo	Máximo	Desv. típica.	Media	Mínimo	Máximo	Desv. típica
t	32	12	94	11,9	38	22	56	9,8
H_0	15,3	7,2	24,4	3,6	18,1	11,0	24,5	3,1
N	1750	390	6000	1099	1430	350	4480	865
G	25,1	3,3	66,5	10,5	30,1	9,2	71,8	11,2
304 árboles								
d	20,0	7,3	39,2	5,97				
h	14,5	6,2	24,4	3,42				
h_{st}	0,16	0,0	0,5	0,08				

Nota: t = edad del rodal (años); H_0 = altura dominante (m, definida como la altura media de los 100 pies más gruesos por hectárea); N = número de pies por hectárea; G = área basimétrica (para el cálculo de N y G sólo

se utilizaron los pies vivos); d = diámetro normal con corteza (cm); h = altura total del árbol (m); h_{st} = altura del tocón (m).

Tabla 3. Estadísticos descriptivos de las variables de rodal empleadas en el desarrollo del modelo dinámico de crecimiento para *Quercus robur*.

Función	Variable	Media	Mín	Máx	Desv. t.	Media	Mín	Máx	Desv. t.
		Parcelas intervalo-permanentes (59)				Análisis tronco árboles dominantes (133)			
H_0	t (años)	75	37	164	27,0	31	1	132	21,6
	H_0 (m)	18,39	9,90	24,64	3,03	8,43	0,28	27,40	5,20
		Parcelas intervalo-permanentes (68)							
N	t (años)	76	37	164	26,2				
G	N (pies/ha)	846	325	3022	387				
	G (m ² /ha)	33,03	13,14	68,79	9,33				
		278 parcelas para la función de desagregación diamétrica				263 parcelas para la relación $h-d$ generalizada y la tarifa de cubicación de rodal			
$d_{distribución}$ $h-d$ V_{rodal}	t (años)	73	34	164	26,6	73	34	164	26,1
	H_0 (m)	17,93	7,33	25,76	3,17	17,87	7,33	25,76	3,19
	N (pies/ha)	872	302	3140	442	874	302	3140	446
	G (m ² /ha)	30,91	2,60	68,79	9,63	30,89	2,60	68,79	9,43
		194 árboles							
Función de perfil	d (cm)	28,9	8,4	67,5	9,3				
	h (m)	16,5	8,2	27,5	3,6				
	h_{toc} (m)	0,19	0,04	0,3	0,07				

Nota: Variables definidas en la tabla A.1.

Como en el caso de los modelos dinámicos desarrollados con anterioridad, para facilitar su uso se han implementado en el simulador informático de crecimiento y producción de rodales forestales GesMO© (v. 2.14), que se puede descargar gratuitamente de la página Web de la UXFS <http://www.usc.es/uxfs>.

En las tablas 4 y 5 se muestran las funciones elegidas para formar parte de los modelos dinámicos de crecimiento para abedul y roble en Galicia (la notación y las unidades de las variables pueden consultarse en las figuras 4.1, 4.2, 4.5 y 4.6, así como en el anexo I del libro). Para su exposición se ha seguido el orden lógico en su utilización en el modelo dinámico: las funciones de transición y las funciones de salida.

Tabla 4. Resumen de las funciones que constituyen el modelo dinámico de crecimiento para *Betula pubescens*.

Funciones de transición	Función de transición para la altura dominante
	$H_{02} = \frac{19,80 + X_0}{1 + 758,0/X_0 \cdot t_2^{-1,398}}, \text{ donde } X_0 = \frac{H_{01} - 19,80 + \sqrt{(19,80 - H_{01})^2 + 3032 \cdot H_{01} \cdot t_1^{-1,398}}}{2}$
	Función de transición para el número de pies por hectárea
Funciones de salida	$N_2 = \left(N_1^{-1/1,581} + 0,004637 \cdot \ln(IS) \cdot \left(\left(\frac{t_2}{100} \right)^{1,581} - \left(\frac{t_1}{100} \right)^{1,581} \right) \right)^{-1,581}$
	Función de transición para el área basimétrica
	$G_2 = \exp(X_0) \cdot \exp\left(\left(136,4 - 642,8/X_0\right) \cdot t_2^{-0,9385}\right), \text{ donde}$ $X_0 = \frac{t_1^{-0,9385}}{2} \cdot \left(-136,4 + t_1^{0,9385} \cdot \ln(G_1) + \sqrt{2571 \cdot t_1^{0,9385} + \left(136,4 - t_1^{0,9385} \cdot \ln(G_1)\right)^2} \right)$
Funciones de salida	Función de inicialización del área basimétrica
	$G = 1,512 \cdot N^{0,3799} \cdot \exp(-27,01/t + 0,07972 \cdot IS)$
	Desagregación (diámetro medio aritmético)
	$\bar{d} = d_g - \exp(-1,31 + 0,08459 \cdot H_0 - 0,04192 \cdot IS)$
	Función altura-diámetro generalizada
	$h = 1,3 + (H_0 - 1,3) \cdot \exp\left(\left(2,461 - 0,2336 \cdot H_0 - 0,2737 \cdot d_g \right) \cdot \left(\frac{1}{d} - \frac{1}{d_0} \right) \right)$
Funciones de salida	Función de perfil del tronco y tarifa de cubicación de árbol individual
	$d_i = 0,9652 \cdot d^{0,9421} \cdot h^{0,08482} \cdot X^{4,094 - 0,3939 \cdot q^4 - 0,4112 \cdot (1/e^{d/h}) - 4,153 \cdot x^{0,1} + 2,813 \cdot (1/d) + 0,05345 \cdot h^w + 0,3332 \cdot x},$ donde $x = w / (1 - (1,3/h)^{1/3}), \quad w = 1 - q^{1/3}, \quad q = h_i / h$
	Tarifa de cubicación de rodal
	$V = 0,8003 \cdot G^{0,971} \cdot H_0^{0,7971}$

Nota: La edad a la que referenciar el índice de sitio para los rodales de esta especie es 20 años (ver capítulo 2). El volumen total (v) o comercial (v_i) para cada árbol debe calcularse mediante integración numérica.

Tabla 5. Resumen de las funciones que constituyen el modelo dinámico de crecimiento para *Quercus robur*.

Funciones de transición	Función de transición para la altura dominante
	$H_{02} = H_{01} \cdot \left(\frac{1 - \exp(-0,0144 \cdot t_2)}{1 - \exp(-0,0144 \cdot t_1)} \right)^{-1,049 + 7,479/X_0}, \text{ donde}$ $X_0 = 0,5 \cdot \left(\ln(H_{01}) + 1,049 \cdot L_0 + \sqrt{(\ln(H_{01}) + 1,049 \cdot L_0)^2 - 29,92 \cdot L_0} \right) \text{ y}$ $L_0 = \ln(1 - \exp(-0,0144 \cdot t_1))$
	Función de transición para el número de pies por hectárea
	$N_2 = N_1 \cdot \exp(-0,01533 \cdot (t_2 - t_1))$
	Función de transición para el área basimétrica
	$G_2 = G_1^{t_1/t_2} \cdot \exp\left(0,8579 \cdot \ln(H_{01}) \cdot \left(1 - \frac{t_1}{t_2}\right) + 0,306 \cdot \ln(N_1) \cdot \left(1 - \frac{t_1}{t_2}\right)\right)$
Funciones de salida	Función de inicialización del área basimétrica
	$G = 104,8 \cdot (1 - \exp(-0,006031 \cdot t))^{14,62/IS+167,1/N}$
	Desagregación (diámetro medio aritmético)
	$\bar{d} = d_g - \exp(-0,0001691 \cdot N + 0,01334 \cdot G)$
	Función altura-diámetro generalizada
	$h = 1,3 + (H_0 - 1,3) \cdot \exp\left(-0,604 \cdot H_0 + 0,001119 \cdot N\right) \cdot \left(\frac{1}{d} - \frac{1}{d_0}\right)$
	Función de perfil del tronco y tarifa de cubicación de árbol individual
	$d_i = c_1 \cdot \sqrt{H^{(k-b_1)/b_1} \cdot (1-q)^{(k-\beta)/\beta} \cdot \alpha_1^{l_1+l_2} \cdot \alpha_2^{l_2}}; k = \pi/40.000; q = h_i/h;$ $\begin{cases} l_1 = 1 \text{ si } p_1 \leq q \leq p_2; 0 \text{ en caso contrario} \\ l_2 = 1 \text{ si } p_2 < q \leq 1; 0 \text{ en caso contrario} \end{cases}; \beta = b_1^{1-(l_1+l_2)} \cdot b_2^{l_1} \cdot b_3^{l_2}; \alpha_1 = (1-p_1)^{\frac{(b_2-b_1)k}{b_1 \cdot b_2}};$ $\alpha_2 = (1-p_2)^{\frac{(b_3-b_2)k}{b_2 \cdot b_3}}; r_0 = (1-h_{st}/h)^{k/b_1}; r_1 = (1-p_1)^{k/b_1}; r_2 = (1-p_2)^{k/b_2};$ $c_1 = \sqrt{\frac{a_0 \cdot d^{a_1} \cdot h^{a_2-k/b_1}}{b_1 \cdot (r_0 - r_1) + b_2 \cdot (r_1 - \alpha_1 \cdot r_2) + b_3 \cdot \alpha_1 \cdot r_2}}; v = a_0 \cdot d^{a_1} \cdot h^{a_2}$ $a_0 = 4,618 \cdot 10^{-5}; a_1 = 1,771; a_2 = 1,165; b_1 = 5,159 \cdot 10^{-6}; b_2 = 3,157 \cdot 10^{-5}; b_3 = 2,553 \cdot 10^{-5};$ $p_1 = 0,04025; p_2 = 0,5184$
	Tarifa de cubicación de rodal
	$V = 5,030 \cdot 10^{-5} \cdot d_g^{1,974} \cdot H_0^{0,9243} \cdot N^{0,9752}$

Nota: La edad a la que referenciar el índice de sitio para los rodales de esta especie es 60 años (ver capítulo 2).

Inclusión de *Eucalyptus nitens* en aplicativos excel

Por último, se ha incluido la especie *Eucalyptus nitens* en varios aplicativos en los que no figuraba en el menú desplegable. Para el aplicativo de cubicación con clasificación de productos (08_TCCP) se han empleado datos de 62 árboles tipo apeados en 22 parcelas, con un rango de diámetros de 5 a 41,6 cm, y rango de alturas de 7 a 31,6 m. Se recuerda en este caso que el aplicativo permite la definición de destinos, introduciendo el diámetro mínimo en punta delgada y la longitud mínima de la troza. SDe obtiene asimismo el volumen total de cada árbol.

En el caso del aplicativo de cubicación a partir de tocones (09_TOC) se ha empleado la información de los 62 árboles antes indicados, obteniéndose relaciones lineales sencillas entre el diámetro normal y del diámetro del tocón.

Tabla 6. Ecuaciones de cubicación a partir de tocones para *Eucalyptus nitens* en Galicia.

<i>Eucalyptus nitens</i>	R^2	REMC
$d = -0,59302 + 0,82596 d_{st}$ $v = -0,04346 - 0,000860966 d_{st} + 0,000599578 d_{st}^2$	0,923	0,0983 m ³

Diagramas de manejo de densidad y tablas de producción para *Eucalyptus nitens*

Se han desarrollado DMDs y tablas de producción para las plantaciones de esta especie en Galicia, con información procedente de parcelas que se detalla en las tablas.

Tabla 7. Resumen estadísticos descriptivos de variables empleadas para la elaboración de los diagramas

Variable	<i>Eucalyptus nitens</i>			
	Mean	Min.	Max.	S.D.
<i>dg</i> (cm)	19.60	6.452	35.23	5.39
<i>G</i> (m ² ha ⁻¹)	35.33	2.185	81.98	16.92
\bar{d} (cm)	18.66	6.248	34.06	5.20
\bar{h} (m)	19,61	5.857	32.07	5.23
<i>N</i> (stems ha ⁻¹)	1152	446	2196	387
<i>Ho</i> (m)	24.54	7.40	40.41	7.08
<i>SI</i> (m)	16.30	8.80	26.20	4.90
<i>V</i> (m ³ ha ⁻¹)	365.82	8.133	1129.46	223.86

Las ecuaciones en que se basan los diagramas construidos son:

$$dg = b_0 \cdot N^{b_1} \cdot H_0^{b_2} \tag{1}$$

$$V = b_3 \cdot dg^{b_4} \cdot H_0^{b_5} \cdot N^{b_6} \tag{2}$$

$$W = b_7 \cdot dg^{b_8} \cdot H_0^{b_9} \cdot N^{b_{10}} \tag{3}$$

Tabla 8. Estadísticos de ajuste de los modelos para construcción de DMD

Equation	<i>Eucalyptus nitens</i>				Adjusted R ²	RMSE
	Parameter estimates					
(1)	$b_0=23.23792$ (11.4785)	$b_1=-0.34626$ (0.0586)	$b_2=0.70549$ (0.0728)		0.8437	3.0194
(2)	$b_3=0.000068$ (0.000017)	$b_4=1.936645$ (0.0752)	$b_5=0.800026$ (0.0628)	$b_6=1,005736$ (0.0252)	0.9956	14.9311
(3)	$b_7=0.000025$ (2.157E-6)	$b_8=2.24867$ (0.0140)	$b_9=0.665185$ (0.0128)	$b_{10}=0.980934$ (0.00781)	0.9987	4.2858

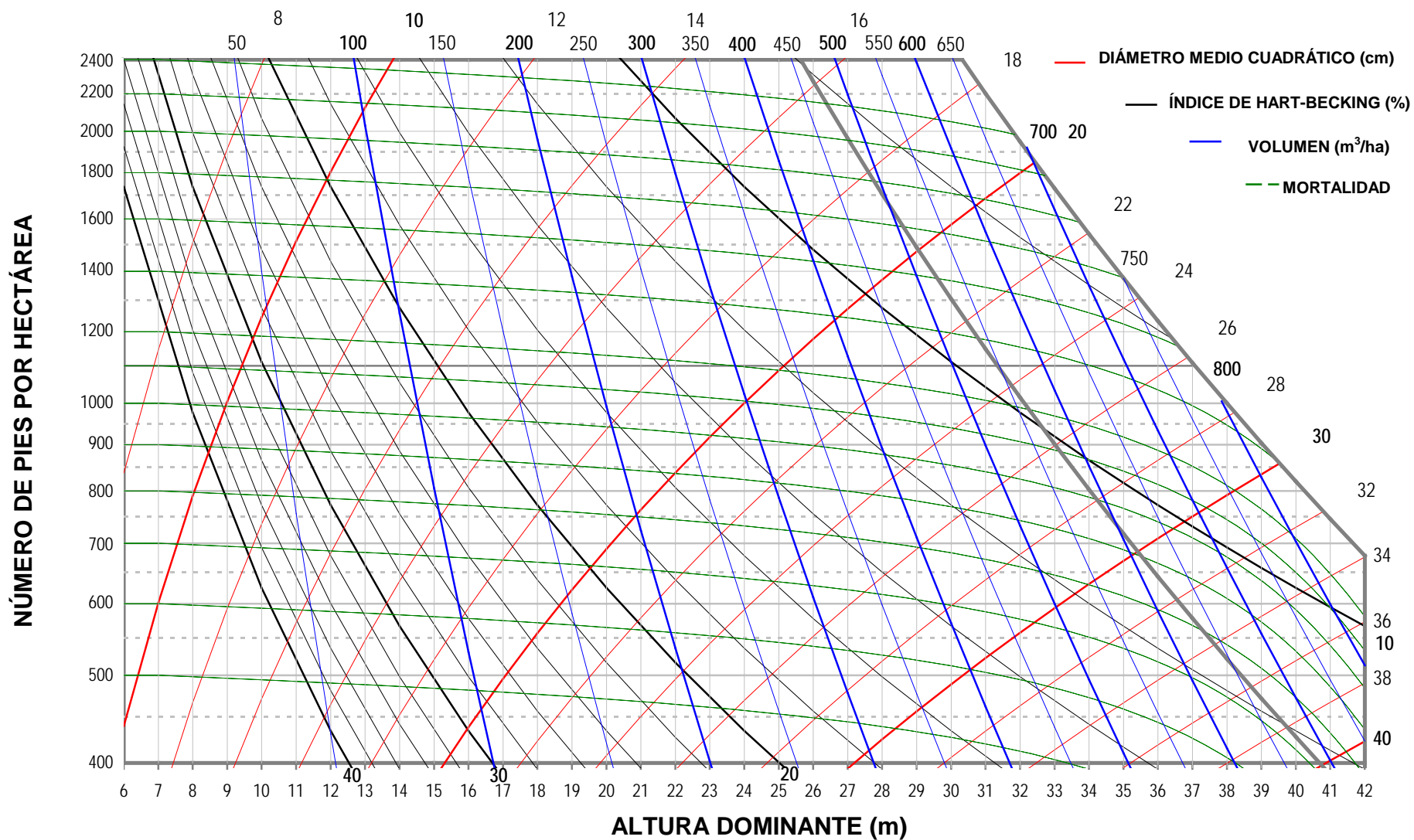


Tabla 9. Tabla de producción E. nitens, IS de 10, 14 y 18 m. Densidad de plantación de 1200 pies/ha

Variables entrada t	Masa principal antes de clara						Mortalidad natural					Masa principal después de clara					Masa total			
	H0	N	dg	G	V	W	Ne	dge	Ge	Ve	Vac	We	Ndc	dgdc	Gdc	Vdc	Wdc	Vt	Cm	Cc
4	6.1	1197	7.1	4.8	16.1	7.2	3	4.0	0	0	0	0	1194	7.1	4.8	16.1	7.2	16.1	4.0	--
6	10.0	1190	10.2	9.6	47.4	22.1	3	5.6	0	0	0.1	0	1187	10.2	9.6	47.3	22.1	47.4	7.9	17.7
8	13.5	1183	12.6	14.8	91.2	43.6	4	7.0	0	0.1	0.3	0	1179	12.6	14.7	91.1	43.6	91.3	11.4	23.1
10	16.5	1174	14.6	19.5	140.5	68.5	3	8.1	0	0.2	0.6	0.1	1171	14.6	19.5	140.3	68.4	140.9	14.1	25.1
12	19.0	1166	16.1	23.8	189.8	93.7	5	8.9	0	0.3	1.1	0.1	1161	16.1	23.7	189.6	93.7	190.6	15.9	24.7
14	21.1	1156	17.4	27.4	236.2	117.8	4	9.6	0	0.3	1.7	0.1	1152	17.4	27.4	235.9	117.7	237.6	17.0	23.0
16	22.8	1146	18.4	30.4	278.1	139.7	5	10.2	0	0.4	2.5	0.1	1141	18.4	30.4	277.7	139.6	280.2	17.5	20.8
18	24.2	1135	19.2	33.0	315.3	159.4	4	10.7	0	0.5	3.5	0.2	1131	19.3	33.0	314.8	159.2	318.2	17.7	18.4

Variables entrada t	Masa principal antes de clara						Mortalidad natural					Masa principal después de clara					Masa total			
	H0	N	dg	G	V	W	Ne	dge	Ge	Ve	Vac	We	Ndc	dgdc	Gdc	Vdc	Wdc	Vt	Cm	Cc
4	8.7	1193	9.2	7.9	35.1	16.1	6	5.1	0	0.1	0.1	0	1187	9.2	7.9	35.0	16.1	35.1	8.8	--
6	14.0	1179	12.9	15.5	97.9	47.0	7	7.2	0	0.2	0.4	0.1	1172	12.9	15.4	97.7	46.9	98.1	16.4	34.9
8	18.6	1164	15.8	22.9	179.5	88.4	8	8.8	0.1	0.4	1.2	0.1	1156	15.9	22.9	179.1	88.3	180.3	22.5	42.5
10	22.3	1147	18.1	29.5	265.5	133.1	9	10.1	0.1	0.7	2.4	0.2	1138	18.2	29.5	264.8	132.9	267.2	26.7	43.4
12	25.3	1128	19.9	35.1	346.8	176.1	9	11.0	0.1	1.0	4.3	0.3	1119	20.0	35.0	345.8	175.8	350.0	29.2	40.6
14	27.7	1109	21.3	39.7	419.3	215.2	10	11.8	0.1	1.3	6.7	0.4	1099	21.4	39.5	418.1	214.8	424.8	30.3	36.2
16	29.6	1088	22.5	43.4	482.1	249.4	10	12.5	0.1	1.6	9.7	0.5	1078	22.6	43.2	480.5	248.9	490.2	30.6	31.6
18	31.2	1067	23.5	46.3	535.4	278.9	10	13.1	0.1	1.8	13.2	0.6	1057	23.6	46.2	533.6	278.4	546.8	30.4	27.2

Variables entrada t	Masa principal antes de clara						Mortalidad natural					Masa principal después de clara					Masa total			
	H0	N	dg	G	V	W	Ne	dge	Ge	Ve	Vac	We	Ndc	dgdc	Gdc	Vdc	Wdc	Vt	Cm	Cc
4	11.4	1187	11.2	11.6	63.0	29.7	13	6.2	0	0.2	0.3	0.1	1174	11.2	11.6	62.8	29.6	63.1	15.8	--
6	18.0	1159	15.5	21.9	167.7	82.5	15	8.6	0.1	0.7	1.5	0.2	1144	15.6	21.8	167.0	82.3	168.5	28.1	57.5
8	23.5	1128	18.9	31.6	295.2	149.0	16	10.5	0.1	1.4	4.0	0.4	1112	19.0	31.5	293.7	148.6	297.8	37.2	65.9
10	27.8	1095	21.5	39.8	421.7	216.8	17	12.0	0.2	2.2	8.1	0.7	1078	21.6	39.6	419.5	216.1	427.6	42.8	64.0
12	31.2	1060	23.6	46.3	535.2	279.1	18	13.1	0.2	3.1	13.9	1.0	1042	23.7	46.1	532.1	278.1	545.9	45.5	57.4
14	33.8	1023	25.3	51.4	631.5	333.2	18	14.1	0.3	3.9	21.3	1.2	1005	25.4	51.1	627.6	331.9	648.9	46.4	49.5
16	35.9	985	26.7	55.3	710.9	378.9	18	14.9	0.3	4.7	30.2	1.5	967	26.9	55.0	706.2	377.4	736.4	46.0	41.9

Miranda Barros, David; González-Ferreiro, Eduardo; Buján, Sandra; Barreiro Fernández, Laura; Crecente Maseda, Rafael; Gonçalves Seco, Luis; Diéguez Aranda, Ulises (LABORATE y UXFS, EPS)

En este documento se plasman de forma sintética algunas de las utilidades y experiencias basadas en la tecnología LiDAR (Light Detection and Ranking) aerotransportada, que desde un grupo de investigación GI-1934-T.B (Laboratorio del Territorio) de la Universidad de Santiago de Compostela se vienen desarrollando en aras de una mejor gestión forestal.

Para ello, se presentan los resultados obtenidos en la estimación de diferentes variables dasométricas a nivel de masa mediante LiDAR, en dos zonas de estudio: la Zona I situada en el noreste de la provincia de Lugo, donde predominan las masas puras de *Eucalyptus globulus* Labill. y la Zona II, ubicada en el cuadrante más occidental de la provincia de Lugo, con elevada presencia de masas puras de *Pinus radiata* D. Don.

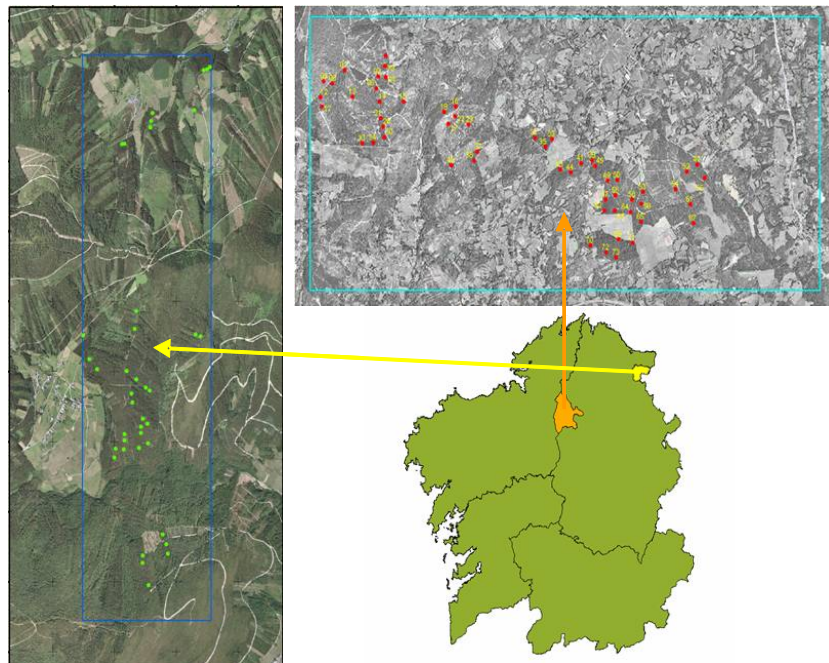


Figura 1. Zonas de estudio situadas en Trabada (4 pulsos m⁻²) y Guitiriz (8 pulsos m⁻²)

También se evaluó, en el caso de los rodales de *P. radiata*, para cada una de las variables estimadas: altura media (H_m), altura dominante (H_d), volumen (V), área basimétrica (G), biomasa de copa (W_{cr}), biomasa de fuste (W_{st}), biomasa aérea (W_{abg}) los efectos de una reducción sistemática de la densidad de pulsos láser, ya que ésta se traducirá en una rebaja sustancial de los costes.

Algunos de los resultados obtenidos en la Zona I, en el caso de la estimación de variables dasométricas en rodales de *E. globulus*, se presentan en la siguiente tabla:

Tabla 1. Resultados obtenidos en los rodales de *E. globulus* situados en la Zona I.

Variable Dependiente	Modelo	Variable independiente	R ²
H_m	Linear	$p_{95}, h_{trees}, h_{meane}$	0.776
H_d	Linear	$p_{99}, h_{trees}, h_{meane}$	0.915
d_m	Linear	$CC, h_{trees}, h_{80f}, h_{10l}, N_{LD}$	0.658
d_g	Linear	$CC, h_{trees}, h_{80f}, h_{10l}, N_{LD}$	0.704
N	Linear	$h_{trees}, h_{meane}, h_{d3}$	0.485
G	Allometric	CC, h_{d3}, q_1, c^2	0.778
V	Allometric	h_{d3}, c^2	0.812

Para más información acerca de las variables y los procedimientos consultar Gonçalves-Seco et al. (2011).

En la presentación de los resultados obtenidos en el caso del *P. radiata*, detallaremos la precisión obtenida para cada variable estudiada en función de la densidad de pulsos láser. En este caso se ha reducido la resolución espacial de los datos LiDAR, desde 8 pulsos m⁻² hasta 0,5 pulsos m⁻², con la pretensión de emular el escenario que se derivará de los datos del PNOA (Plan Nacional de Ortofotografía Aérea), donde la densidad de pulsos láser para toda Galicia es de aproximadamente de 0.5 pulsos m⁻².

Se muestran en las tablas 2 y 3 los resultados obtenidos para cada variable, según la densidad de pulsos láser.

Tabla 2. Resultados del mejor modelo encontrado para H_m , H_d , G , V , W_{cr} , W_{st} , y W_{abg} usando 0.5 pulsos m⁻².

Variable dependiente	Modelo	Nº de variables	Variable independiente	R ²
H_m	Lin	2	h_{median}, i_{ID}	0.786
H_d	Lin	1	h_{95}	0.846
G	Exp	4	$h_{SD}, h_{skw}, h_{05}, r_2$	0.678
V	P. Funct	1	h_{median}	0.691
W_{cr}	Exp	4	$h_{SD}, h_{skw}, h_{05}, r_2$	0.687
W_{st}	Exp	2	h_{skw}, h_{80}	0.732
W_{abg}	Exp	3	h_{SD}, h_{skw}, h_{05}	0.746

Para más información acerca de las variables y los procedimientos consultar Gonzalez-Ferreiro et al. (2012).

Puede apreciarse una buena precisión en la estimación de variables como la biomasa aérea, la biomasa de fuste, la altura dominante o incluso el volumen. La intensificación x16 de los pulsos láser mejoró notoriamente la precisión en la estimación de biomasa, tal como se recoge en la tabla 3.

Tabla 3. Resultados del mejor modelo encontrado para H_m , H_d , G , V , W_{cr} , W_{st} , y W_{abg} usando 8 pulsos m^{-2} .

Variable dependiente	Modelo	Nº de variables	Variable independiente	R^2
H_m	Lin	1	h_{30}	0.759
H_d	Exp	2	h_{95} , h_{10}	0.865
G	Exp	4	h_{skw} , h_{1D} , i_{max} , r_2	0.692
V	Exp	3	h_{skw} , h_{60} , i_{max}	0.794
W_{cr}	Exp	4	h_{skw} , h_{1D} , i_{max} , r_2	0.688
W_{st}	Exp	4	h_{skw} , h_{60} , i_{max} , r_2	0.827
W_{abg}	Exp	4	h_{skw} , h_{80} , i_{max} , r_2	0.804

Para más información acerca de las variables y los procedimientos consultar Gonzalez-Ferreiro et al. (2012).

Referencias Bibliográficas:

- Gonçalves-Seco, L., González-Ferreiro, E., Diéguez-Aranda, U., Fraga-Bugallo, B., Crecente, R., and Miranda, D. 2011. Assessing the attributes of high-density *Eucalyptus globulus* stands using airborne laser scanner data. *International Journal of Remote Sensing*. 32; 1-21.
- González-Ferreiro, E., Diéguez-Aranda, U., and Miranda, D. 2012. Estimation of stand variables in *Pinus radiata* D. Don plantations using different LiDAR pulse densities. *Forestry*. 85; 281–292.



**IV JORNADA DIFUSIÓN RESULTADOS INVESTIGACIÓN
UXFS, EPS DE LUGO, USC. 29/10/2012
PREDICCIÓN DE LA CALIDAD DE LA MADERA A PARTIR
DE CARACTERÍSTICAS EXTERNAS DE FUSTES Y TROZAS**

Riesco Muñoz, Guillermo (UXFS, EPS)

Introducción

Se presentan los resultados de diversos trabajos de investigación sobre propiedades de la madera en los que he participado desde 2001. Se va a tratar de la influencia del sitio, del aspecto del fuste y de las características de las trozas en la calidad tecnológica de la madera de pinos, eucaliptos, robles y castaños procedentes de montes gallegos.

Variación del peso específico al 12 % de humedad (en kg/m³) entre fustes sanos y fustes afectados por el fuego en pino y eucalipto

A partir del estudio de 25 árboles de cada especie se comprobó que entre los árboles afectados por el fuego y los no afectados no había diferencia significativa en cuanto a peso específico de la madera en el caso de *Pinus pinaster*, *Pinus radiata* y *Eucalyptus globulus*. En el caso de *Eucalyptus nitens* la madera procedente de árboles afectados por el fuego era significativamente más ligera (un 7,4 %) que la madera de pies verdes. En toda la muestra los diámetros normales de los fustes eran similares (10-20 cm) y la acción del fuego se debió en todos los casos a incendios lentos e incipientes.

Título del estudio: Investigación da matriz forestal de INTASA para a produción de MDF e enerxía. Entidad promotora: INTASA. Años 2006 y 2007. Investigador principal: Guillermo Riesco Muñoz.

Influencia de las características externas del fuste en la resistencia mecánica de la madera de roble (*Quercus robur*)

La forma de cubicación del fuste (variable que se asigna subjetivamente al árbol en función de su aspecto) guarda relación significativa con la resistencia a flexión dinámica de la madera libre de defectos (resistencia al choque), observándose que la madera es más resistente en los fustes mejor formados. En concreto, el coeficiente de resiliencia de la madera (kgm/cm²) es 2,2 veces mayor en los fustes de mejor forma que en los fustes más defectuosos.

Riesco Muñoz, G. 2001. Estudio de las propiedades físico-mecánicas de la madera de roble (*Quercus robur* L.) de Galicia en relación con las variables del medio. Tesis Doctoral. Univ. Politécnica de Madrid.

Evolución durante el tiempo de apilado de la densidad básica en trozas de *Pinus pinaster* afectadas por el fuego

La madera de *Pinus pinaster* procedente de plantaciones afectadas por fuegos lentos e incipientes, apilada en rollo y con corteza, pierde en promedio 55 kg/año de materia seca por cada metro cúbico de madera recién apeada y sin corteza.

Título del estudio: Investigación da matriz forestal de INTASA para a produción de MDF e enerxía. Entidad promotora: INTASA. Años 2006 y 2007. Investigador principal: Guillermo Riesco Muñoz.

Influencia del tamaño de la troza en el rendimiento de aserrado en castaño

El rendimiento de aserrado en viguetas aptas para estructuras fue del 24 % del volumen con corteza. Se constató la influencia significativa del diámetro de la troza y de su conicidad ($R = -0,78$; $p = 0,040$) en el rendimiento por lo que se ajustó el modelo:

$$v_{est} = 350,66 - \frac{12.277}{d_{min} cc} + \frac{107.973}{d_{min} cc^2} \quad (R^2 = 0,76)$$

donde v_{est} : volumen total obtenido de piezas estructurales (calidad TH1 o TH2), en dm^3
 $d_{min} cc$: diámetro de la troza en punta delgada con corteza, en cm.

Riesco Muñoz, G.; Álvarez Álvarez, P.; Rego Vázquez, L. 2009. La calidad estructural de la madera aserrada de castaño en función de las características de las trozas. Actas del V Congreso Nacional y II Congreso Ibérico AGROINGENIERÍA 2009. Sociedad Española de Agroingeniería, Lugo.

Influencia del tamaño de la troza en el rendimiento de aserrado en roble

Se apearon y trocearon 46 ejemplares de roble (*Quercus robur*). Las trozas obtenidas se clasificaron en calidades y se aserraron para producir principalmente tablones radiales, que fueron secados, cepillados y clasificados visualmente para uso estructural según la norma UNE 56544:2007. El rendimiento de aserrado fue del 47,6 %, bajando al 8,4 % al considerar solo las piezas aserradas aptas para uso resistente. En el rendimiento de aserrado no influyó la calidad de la troza pero sí el tipo de despiece, obteniéndose mayor rendimiento mediante el aserrado radial con un solo corte central y aserrado paralelo de los dos medios rollos. Se propusieron tres modelos (R^2 entre 0,33 y 0,79) para estimar el volumen aserrado a partir del diámetro con corteza en punta delgada de la troza:

$$\begin{aligned} vt &= 100,302 - 7,450 \times d + 0,263 \times d^2 \\ ve &= 129,509 - 9,510 \times d + 0,284 \times d^2 \\ vc &= 188,537 - 12,467 \times d + 0,220 \times d^2 \end{aligned}$$

donde vt : volumen total de madera aserrada, en dm^3
 ve : volumen de madera aserrada, en dm^3 , de dimensión $7 \times 12 \times 200$ o $7 \times 17 \times 300$ cm
 vc : volumen de madera aserrada, en dm^3 , de dimensión $7 \times 12 \times 200$ o $7 \times 17 \times 300$ cm, con calidad apta para su uso en estructuras (clase ME-1 o ME-2)
 d : diámetro medio geométrico con corteza en punta delgada ($22 \text{ cm} \leq d \leq 77 \text{ cm}$)

Riesco Muñoz, G.; Remacha Gete, A.; Gasalla Regueiro, M. 2012. Log quality and sawing yield prediction in oak (*Quercus robur*) wood. Annals of Forest Science (en revisión).

Influencia del sitio en la presencia de defectos en madera de *Pinus pinaster*

Se analizó la influencia del factor parcela en la presencia de singularidades (nudos, fendas, bolsas de resina, etc.) en madera aserrada de *Pinus pinaster*. Se hallaron diferencias significativas entre las 11 parcelas de ensayo para casi todas las variables. Se comprobó que en las parcelas más occidentales y situadas a menor altitud hay mayor presencia de bolsas de resina y entrecasco. No se encontró influencia de la edad de la masa en la presencia de dichos defectos. Por tanto, el lugar de plantación condiciona la existencia en la madera adulta de defectos que afectan a la calidad del material.

Título del estudio: Calidad estructural de la madera de *Pinus pinaster* en Galicia. Variabilidad y plasticidad fenotípica. Métodos no destructivos de evaluación. Entidad promotora: CIS-Madeira y Universidad de Santiago de Compostela. Años 2008 a 2011. Investigador principal: Esther Merlo Sánchez y Juan Gabriel Álvarez González.



**IV JORNADA DIFUSIÓN RESULTADOS INVESTIGACIÓN
UXFS, EPS DE LUGO, USC. 29/10/2012
VISITA AL LABORATORIO DE ESTRUCTURAS. MÁQUINAS
DE ENSAYO DE MADERA**

Crespo Outes, Jorge; Guaita Fernández, Manuel

La plataforma PEMADE

La Plataforma de Enxeñería da Madeira Estrutural (PEMADE) perteneciente a la Red de Infraestructuras de Apoyo a la Investigación y al Desarrollo Tecnológico de la USC, con sede en la Escola Politécnica Superior del Campus de Lugo.

PEMADE se funda a finales del 2008 como estructura de la USC para investigar, dar servicio a la sociedad y apoyo docente en los aspectos del conocimiento relacionados con la ingeniería de la madera con fines estructurales. Nace con vocación de generar desde el ámbito universitario, un apoyo a las iniciativas privadas y organismos públicos implicados en el desarrollo y normalización de la madera como material de construcción. Para ello, cuenta con 4 bastidores de 200 kN de fuerza pudiendo uno de ellos llegar hasta los 600 kN, esto le aporta gran versatilidad pudiendo albergar estructuras de hasta 10 m de largo por 3 m de alto.

El objetivo de PEMADE consiste en prestar servicios de investigación, innovación y desarrollo a la sociedad poniendo a su disposición, un laboratorio con la más moderna tecnología para la realización de ensayos mecánicos que permiten la evaluación de las propiedades mecánicas de los materiales, así como especializar a titulados universitarios mediante un Máster en Ingeniería de la Madera Estructural.

Ensayos para madera estructural



Ensayo de flexión (según norma UNE-EN 408). Determinación del Módulo de elasticidad local, Módulo de elasticidad global, Resistencia a flexión, Densidad y Humedad, de madera aserrada y madera laminada encolada para uso estructural



Ensayos de tracción paralela a la fibra. Según norma UNE-EN 408. Determinación del Módulo de elasticidad a tracción paralela a la fibra, Resistencia a tracción paralela, Densidad y Humedad, de madera aserrada y madera laminada encolada para uso estructural.

Ensayos para madera estructural (continuación)



Ensayo de compresión paralela a la fibra. Según norma UNE-EN 14251. Determinación del Módulo de elasticidad a compresión paralela a la fibra, Resistencia a compresión paralela, Densidad y Humedad, de madera en rollo para uso estructural.

Otros ensayos: Ensayos de carga puntual UNE-EN 1195. Ensayo de cortante en línea de cola UNE-EN 392



Ensayos de rozamiento. Máquina de ensayo exclusiva de PEMADE que permite la obtención de los coeficientes de rozamiento tanto estáticos como dinámicos de diferentes especies de madera.

Ensayos para probeta pequeña

Para los ensayos de probeta pequeña, el laboratorio de PEMADE cuenta con unos modernos equipos que permiten la utilización de la extensometría aplicada a la madera consiguiendo unos óptimos resultados. Estos ensayos se realizan según las normas:

- UNE 56538: Determinación de la resistencia a tracción perpendicular.
- UNE 56535: Determinación de la resistencia a compresión axial.
- UNE 56542: Determinación de la resistencia a compresión perpendicular.
- UNE 56543: Determinación del esfuerzo cortante.

Optimización de uniones.

Otra parte fundamental del laboratorio relacionada con la investigación, consiste en la optimización de uniones con el objetivo de simplificar el proceso de cálculo y facilitar la labor al proyectista.



Crecente Campo, Felipe; Rojo Alboreca, Alberto; Rodríguez Soalleiro, Roque (UXFS, EPS)

Ensayo instalado en dos rodales de *Pinus radiata* de 21 años de edad actual (procedencias de Galicia, verde oscuro en plano y Nueva Zelanda, verde claro) en MVMC de Bóveda (Begonte, Lugo). Dos sitios de ensayo, cada uno de ellos con 4 tratamientos de clara (testigo T, clara baja débil B, clara baja fuerte F, clara de selección positiva de pies de porvenir S) y 3 repeticiones. Los restos de clara se trituraron y se practicaron podas altas. La intervención se realizó en abril de 2004 y desde entonces se realizaron inventarios en 2005, 2007 y 2009. En enero de 2011 se realizó una segunda clara, con el mismo criterio considerado en la primera, último inventario de noviembre de 2011, con 20 años.

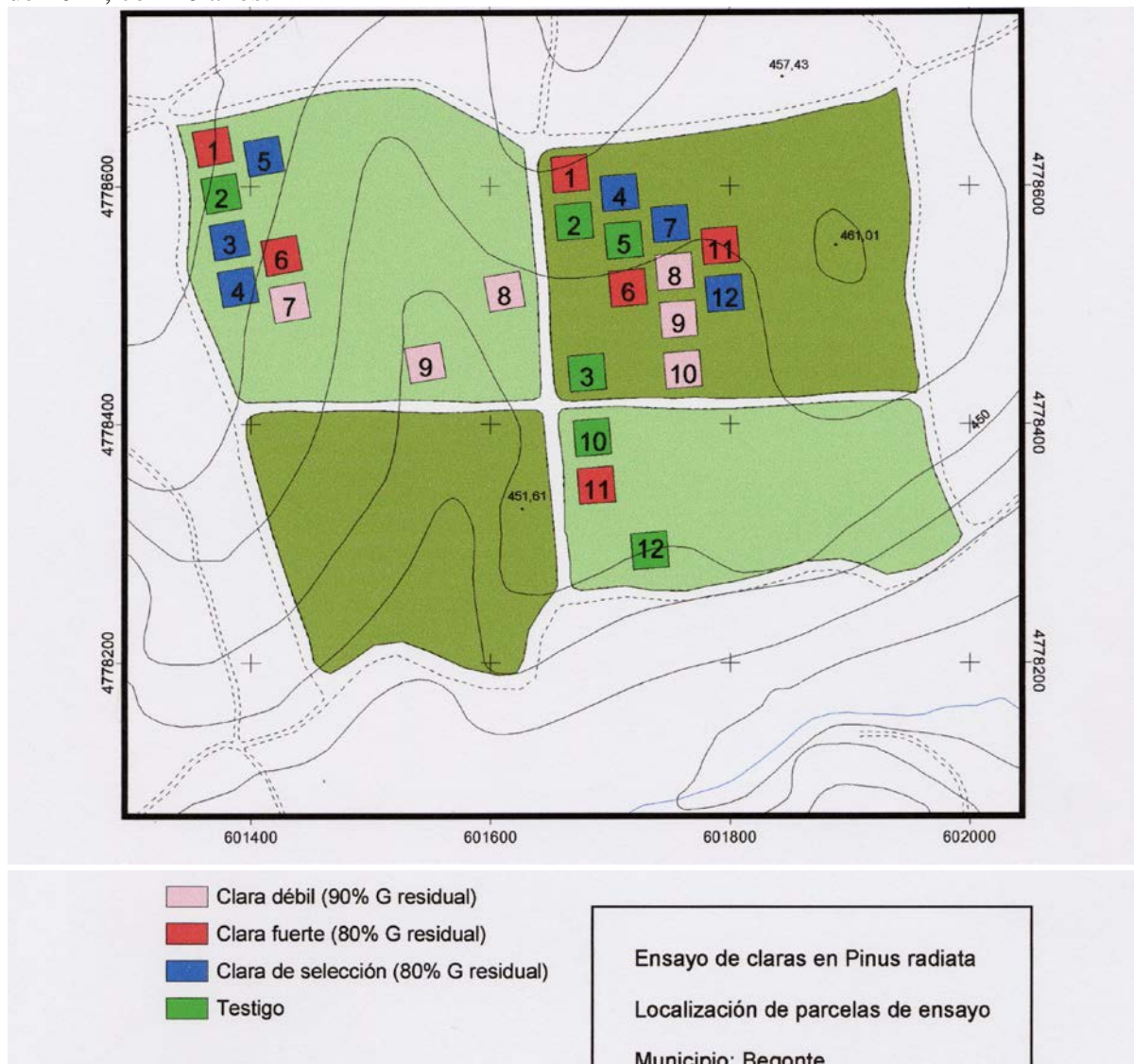
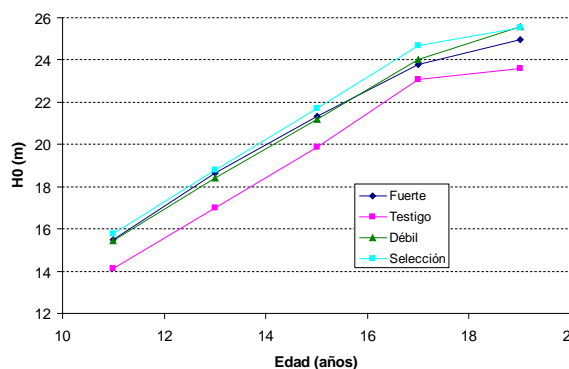


Figura 1. Croquis con posición de los sitios de ensayo y tratamientos

Algunos resultados se indican a continuación:



Calidad de estación. No se producen cambios significativos en D_0 ni en H_0 con ninguno de los tratamientos. H_m no varía significativamente con la clara baja débil ni con la clara de selección positiva, pero sí cuando se realiza una clara baja fuerte. Observar a la izquierda evolución de H_0 según tratamientos para procedencia neozelandesa. Calidad de estación media: 25,9 m (Nueva Zelanda) y 24,9 (Galicia), extraordinariamente altas

Figura 2. Evolución de la altura dominante en diferentes tratamientos

Crecimientos medios. De la masa principal, en N. Zelanda: $20,5 \text{ m}^3$ fuste a 7 cm cc/ha año. Solo $17,2 \text{ m}^3/\text{ha}$ año en la semilla comercial gallega. Crece un 19,2% más en volumen la semilla mejorada neozelandesa (¿casualidad con el GF20?). Volúmenes en pie particularmente altos en tratamientos testigo. Parcela 2 de Nueva Zelanda: $347 \text{ m}^3/\text{ha}$ a los 19 años (2011). En parcela 5, volumen solo $264 \text{ m}^3/\text{ha}$. La parcela 12 tiene $400 \text{ m}^3/\text{ha}$ (inventario de noviembre de 2011).

Efectos de las claras en el crecimiento. Evaluación mediante el área basimétrica en pie. Se observa que en algunos casos el tratamiento F consigue recuperar la diferencia con respecto al testigo. F mantiene diferencia con respecto a S, debiendo esperarse una ralentización de la recuperación del área basimétrica en este tratamiento. Gráficos de evolución de G con la edad. Izquierda para Nueva Zelanda, derecha para Galicia.

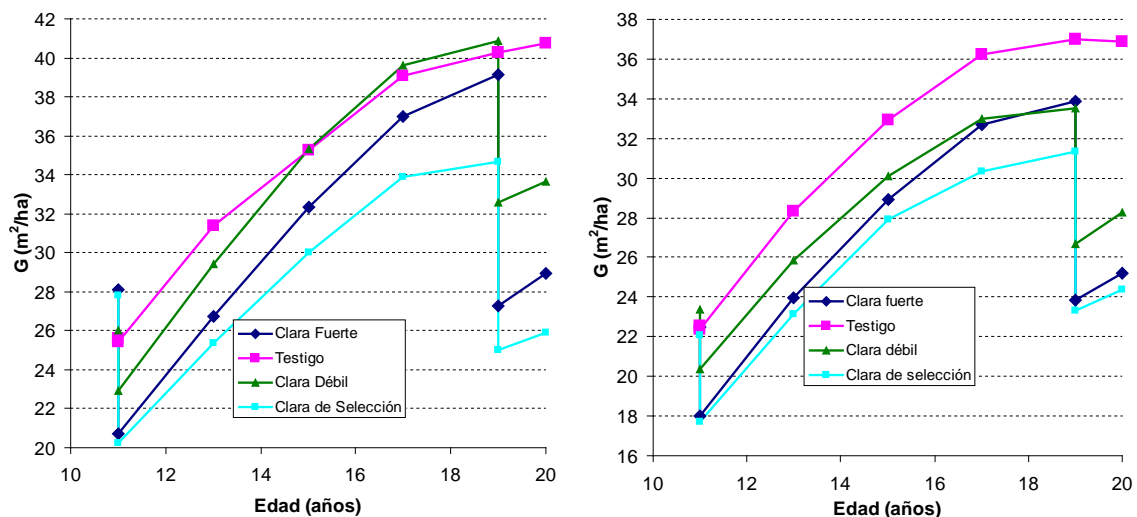


Figura 3. Evolución del área basimétrica en los dos sitios de ensayo según tratamientos: izquierda: Nueva Zelanda. Derecha: Galicia

Estabilidad de la masa. Con las claras por lo bajo se produce cierta mejora en las características de la masa residual que más afectan a la estabilidad individual de los pies: reducción de la densidad y menor esbeltez, sobre todo cuando su intensidad es fuerte. Con la extracción de los individuos de la clases inferiores, los más susceptibles de sufrir daños por viento y nieve, aumenta sensiblemente la estabilidad de la masa frente a este tipo de daños. Considerando aspectos de estabilidad mecánica frente a factores abióticos, el tratamiento más adecuado para la masa es la clara baja fuerte (con área basimétrica residual del 80%).

Tabla 1. Daños producidos por Klaus en el ensayo de *Pinus radiata* (origen Nueva Zelanda)

parcela	tratamiento	N _{ext} (%)	G _{ext} (%)	N _{dam}	N _{dam} (%)	G _{dam}	G _{dam} (%)
1	fuerte	48,37	27,72	11	1,3	0,5	1,4
2	testigo	3,18	1,64	22	1,5	0,2	0,6
3	selección	35,48	25,74	0	0,0	0,0	0,0
4	selección	34,78	28,99	22	2,0	0,8	2,5
5	selección	32,47	26,94	0	0,0	0,0	0,0
6	fuerte	49,33	28,66	0	0,0	0,0	0,0
7	débil	39,29	19,61	0	0,0	0,0	0,0
8	débil	30,61	9,82	11	1,0	0,1	0,3
9	débil	18,32	5,24	22	1,9	1,5	4,3
10	testigo	0,00	0,00	0	0,0	0,0	0,0
11	fuerte	43,36	22,46	0	0,0	0,0	0,0
12	testigo	0,00	0,00	11	0,7	0,4	1,0

Tabla 2. Daños producidos por Klaus en el ensayo de *Pinus radiata* (origen Galicia)

parcela	tratamiento	N _{ext} (%)	G _{ext} (%)	N _{dam}	N _{dam} (%)	G _{dam}	G _{dam} (%)
1	fuerte	43,66	17,37	11	1,3	0,3	1,0
2	testigo	0,00	0,00	0	0,0	0,0	0,0
3	testigo	0,00	0,00	0	0,0	0,0	0,0
4	selección	26,95	22,84	0	0,0	0,0	0,0
5	testigo	1,97	2,14	11	0,8	0,1	0,3
6	fuerte	42,04	23,82	0	0,0	0,0	0,0
7	selección	23,66	17,45	33	3,2	1,8	6,2
8	débil	13,67	5,62	22	1,7	0,4	1,2
9	débil	17,02	5,49	0	0,0	0,0	0,0
10	débil	41,98	23,24	0	0,0	0,0	0,0
11	fuerte	37,91	18,46	0	0,0	0,0	0,0
12	selección	19,46	18,93	78	6,5	2,6	9,9

Coefficientes de esbeltez de masa actual (2011). En los testigos toma los valores más altos, del orden de 100. Le siguen las claras de selección, con coeficientes de 93 a 96. Las claras bajas débiles presentan de 89 a 95, mientras que las claras fuertes muestran los valores más bajos, de 84 a 86, lo que denota mayor estabilidad.

Tabla 1. Parámetros de clara en el ensayo de *Pinus radiata* (origen de la semilla Nueva Zelanda) en el momento de instalación.

parcela	clara	fecha	H ₀	D ₀	Masa antes de clara				Masa extraída						Masa después de clara				var_IH (%)
					N	G	Vcc	IH	N	N (%)	G	G (%)	Vcc	V (%)	N	G	Vcc	IH	
1	fuerte	20/10/2003	15,09	23,79	1700	28,89	170,65	16,07	822	48,37	8,01	27,72	42,57	24,94	878	20,88	128,08	22,37	6,30
2	testigo	20/10/2003	14,94	21,73	1744	25,35	148,21	16,02	56	3,18	0,41	1,64	2,16	1,46	1689	24,94	146,05	16,28	0,26
3	selección	21/10/2003	15,81	23,34	1722	27,02	165,29	15,24	611	35,48	6,96	25,74	39,78	24,06	1111	20,07	125,51	18,97	3,73
4	selección	21/10/2003	15,63	22,71	1789	28,03	171,28	15,12	622	34,78	8,12	28,99	48,10	28,08	1167	19,90	123,19	18,73	3,60
5	selección	22/10/2003	15,91	25,13	1711	28,37	173,90	15,19	556	32,47	7,64	26,94	44,97	25,86	1156	20,73	128,93	18,49	3,30
6	fuerte	22/10/2003	16,64	24,27	1667	28,66	184,95	14,72	822	49,33	8,21	28,66	47,35	25,60	844	20,45	137,60	20,67	5,96
7	débil	24/10/2003	16,93	23,83	1556	28,27	187,67	14,97	611	39,29	5,54	19,61	31,57	16,82	944	22,73	156,10	19,22	4,24
8	débil	05/11/2003	14,80	23,27	1633	26,04	150,80	16,72	500	30,61	2,56	9,82	11,36	7,53	1133	23,48	139,44	20,07	3,35
9	débil	05/11/2003	14,66	25,11	1456	23,76	133,87	17,88	267	18,32	1,25	5,24	5,42	4,05	1189	22,51	128,45	19,79	1,90
10	testigo	06/11/2003	14,22	23,96	1567	25,32	140,42	17,76	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1567	25,32	140,42	17,76	0,00
11	fuerte	06/11/2003	14,76	23,34	1589	26,74	155,48	17,00	689	43,36	6,01	22,46	30,61	19,69	900	20,73	124,87	22,59	5,59
12	testigo	07/11/2003	13,16	21,92	1711	26,06	136,30	18,38	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1711	26,06	136,30	18,38	0,00

Tabla 2. Parámetros de clara en el ensayo de *Pinus radiata* (origen de la semilla país) en el momento de instalación.

parcela	clara	fecha	H ₀	D ₀	Masa antes de clara				Masa extraída						Masa después de clara				var_IH (%)
					N	G	Vcc	IH	N	N (%)	G	G (%)	Vcc	V (%)	N	G	Vcc	IH	
1	fuerte	26/08/2003	12,91	22,14	1578	20,93	106,71	19,50	689	43,66	3,64	17,37	15,18	14,23	889	17,29	91,53	25,98	6,48
2	testigo	26/08/2003	13,26	21,97	1656	22,29	116,63	18,54	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1656	22,29	116,63	18,54	0,00
3	testigo	26/08/2003	13,01	21,13	1711	21,47	110,35	18,58	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1711	21,47	110,35	18,58	0,00
4	selección	29/08/2003	14,99	22,08	1567	24,01	142,77	16,86	422	26,95	5,48	22,84	31,98	22,40	1144	18,52	110,79	19,72	2,87
5	testigo	29/08/2003	14,44	21,98	1689	23,84	135,19	16,85	33	1,97	0,51	2,14	2,87	2,12	1656	23,33	132,32	17,01	0,17
6	fuerte	29/08/2003	13,51	20,73	1744	23,26	125,07	17,72	733	42,04	5,54	23,82	26,87	21,48	1011	17,72	98,21	23,28	5,56
7	selección	01/09/2003	14,38	22,47	1456	21,43	121,21	18,23	344	23,66	3,74	17,45	19,85	16,38	1111	17,69	101,36	20,87	2,64
8	débil	01/09/2003	14,09	21,14	1544	20,31	112,93	18,06	211	13,67	1,14	5,62	5,36	4,75	1333	19,16	107,56	19,44	1,38
9	débil	02/09/2003	14,36	19,88	1567	21,25	122,70	17,60	267	17,02	1,17	5,49	5,23	4,26	1300	20,08	117,47	19,32	1,72
10	débil	03/09/2003	16,08	22,71	1800	28,58	180,51	14,66	756	41,98	6,64	23,24	37,16	20,59	1044	21,94	143,35	19,25	4,59
11	fuerte	03/09/2003	13,57	21,33	1700	23,33	125,02	17,88	644	37,91	4,31	18,46	19,78	15,82	1056	19,03	105,24	22,69	4,81
12	selección	04/09/2003	13,37	19,10	1656	20,85	112,23	18,39	322	19,46	3,95	18,93	21,18	18,87	1333	16,90	91,06	20,49	2,10

Donde: D₀ diámetro dominante en cm, IH índice de hart en %, var_IH es el índice de Hart después de clara menos el índice de Hart antes de clara.

Tabla 5. Parámetros dasométricos en el ensayo de *Pinus radiata* (Nueva Zelanda) en la segunda clara, noviembre de 2010-enero de 2011

Parcela	Bloque	Tratamiento	H0	D0	Antes de clara						Después de clara						Extraído			SG	
					N	G	Dg	Hm	IH	Ce	N	G	Dg	Hm	IH	Ce	N	N (%)	G		G (%)
1	III	Fuerte	25,61	36,61	856	39,75	24,32	22,36	13,35	96,62	367	27,31	30,80	25,44	20,39	83,58	489	57,14	12,44	31,29	1,83
2	II	Testigo	24,61	30,67	1133	36,04	20,12	20,37	12,07	106,03	1133	36,04	20,12	20,37	12,07	106,03	0	0	0	0	0
3	II	Selección	25,99	35,17	867	34,21	22,42	20,85	13,07	98,75	489	25,58	25,81	22,55	17,40	90,93	378	43,59	8,63	25,23	1,73
4	III	Selección	25,17	33,71	889	34,31	22,17	20,63	13,33	99,25	511	25,13	25,02	22,06	17,58	92,62	378	42,50	9,18	26,75	1,59
5	I	Selección	25,47	37,87	800	35,50	23,77	21,48	13,88	97,43	556	26,12	24,47	21,80	16,66	95,82	244	30,56	9,37	26,40	1,16
6	II	Fuerte	25,03	33,37	800	36,79	24,20	22,02	14,12	94,64	400	25,71	28,60	24,60	19,97	86,88	400	50,00	11,08	30,12	1,66
7	I	Débil	27,23	35,26	856	40,17	24,45	23,90	12,55	101,74	533	33,31	28,20	25,97	15,90	93,40	322	37,66	6,86	17,07	2,21
8	III	Débil	24,84	34,66	1011	41,22	22,78	20,46	12,66	93,67	622	33,50	26,18	22,45	16,14	87,49	389	38,46	7,72	18,74	2,05
9	II	Débil	24,68	38,48	1022	41,13	22,63	20,06	12,67	94,56	589	32,30	26,43	22,41	16,70	87,68	433	42,39	8,83	21,46	1,98
10	I	Testigo	23,16	35,97	1089	39,79	21,57	19,18	13,09	95,92	1089	39,79	21,57	19,18	13,09	95,92	0	0	0	0	0
11	I	Fuerte	24,21	34,90	878	40,95	24,37	21,25	13,94	90,25	456	28,69	28,32	23,06	19,35	82,75	422	48,10	12,26	29,94	1,61
12	III	Testigo	22,99	33,27	1411	45,04	20,16	18,22	11,58	97,35	1411	45,04	20,16	18,22	11,58	97,35	0	0	0	0	0

Tabla 6. Parámetros dasométricos en el ensayo de *Pinus radiata* (origen de la semilla país) en la segunda clara, noviembre de 2010-enero de 2011

Parcela	Bloque	Tratamiento	H0	D0	Antes de clara						Después de clara						Extraído			SG	
					N	G	Dg	Hm	IH	Ce	N	G	Dg	Hm	IH	Ce	N	N (%)	G		G (%)
1	I	Fuerte	22,34	33,27	833	33,35	22,57	19,57	15,50	90,42	400	23,24	27,20	21,36	22,38	79,83	433	52,00	10,11	30,32	1,72
2	II	Testigo	22,90	32,57	1144	37,62	20,46	18,64	12,91	97,38	1144	37,62	20,46	18,64	12,91	97,38	0	0	0	0	0
3	I	Testigo	23,41	32,64	1222	36,98	19,63	18,48	12,22	101,56	1222	36,98	19,63	18,48	12,22	101,56	0	0	0	0	0
4	III	Selección	24,71	33,04	878	34,99	22,53	20,58	13,66	95,46	600	26,27	23,61	21,03	16,52	93,22	278	31,65	8,73	24,94	1,27
5	III	Testigo	23,40	32,33	1133	36,31	20,20	19,71	12,69	103,12	1133	36,31	20,20	19,71	12,69	103,12	0	0	0	0	0
6	II	Fuerte	24,16	30,93	956	33,76	21,21	20,43	13,39	99,84	478	23,59	25,07	22,47	18,94	90,83	478	50,00	10,17	30,13	1,66
7	II	Selección	25,28	34,89	756	32,35	23,35	21,04	14,39	95,51	511	24,01	24,46	21,25	17,50	92,16	244	32,35	8,34	25,77	1,26
8	I	Débil	24,32	33,25	1000	32,05	20,20	19,21	13,00	101,61	544	25,50	24,42	21,77	17,62	91,75	456	45,56	6,55	20,44	2,23
9	II	Débil	23,77	29,61	956	29,59	19,86	20,17	13,61	105,70	578	23,68	22,85	21,91	17,50	97,73	378	39,53	5,91	19,97	1,98
10	III	Débil	26,57	34,26	944	38,94	22,91	22,98	12,25	104,16	578	30,94	26,11	24,78	15,66	96,56	367	38,82	7,99	20,53	1,89
11	III	Fuerte	24,43	32,01	922	34,46	21,81	20,71	13,48	98,47	467	24,01	25,60	22,53	18,95	89,45	456	49,40	10,45	30,32	1,63
12	I	Selección	22,21	28,77	933	26,70	19,09	19,21	14,74	105,13	633	20,19	20,14	19,90	17,89	102,30	300	32,14	6,51	24,40	1,32

Tabla 7. Parámetros dasométricos del último inventario (noviembre-diciembre de 2011, origen Nueva Zelanda)

Parcela	Bloque	Trat.	H ₀	D ₀	Antes de clara							
					N	G	Dg	Hm	V	B	IH	Ce
1	III	Fuerte	26,62	37,74	378	29,51	31,54	25,44	318,28	154,83	19,33	81,64
2	II	Testigo	26,30	31,48	1056	35,85	20,80	21,61	365,84	182,90	11,70	108,96
3	II	Selección	26,79	36,28	456	26,12	27,02	23,45	274,40	133,34	17,49	90,18
4	III	Selección	26,33	34,94	467	25,75	26,51	23,33	273,77	133,51	17,58	91,98
5	I	Selección	27,46	38,15	456	25,85	26,88	23,73	281,35	137,02	17,06	93,66
6	II	Fuerte	26,73	34,21	400	26,65	29,13	25,31	288,21	140,13	18,70	87,88
7	I	Débil	27,74	35,18	511	32,36	28,39	25,65	357,64	176,28	15,94	91,61
8	III	Débil	25,62	35,22	633	35,12	26,57	23,44	360,37	175,77	15,51	90,13
9	II	Débil	25,82	38,66	578	33,43	27,14	23,38	343,13	166,74	16,11	89,31
10	I	Testigo	25,70	37,26	1022	41,59	22,76	20,14	407,43	199,21	12,17	95,26
11	I	Fuerte	26,11	36,33	456	30,44	29,17	24,32	317,96	154,01	17,94	84,78
12	III	Testigo	24,46	34,01	1233	44,85	21,52	19,56	423,35	208,26	11,64	96,63

Tabla 8. Parámetros dasométricos del último inventario (noviembre-diciembre de 2011, origen semilla país)

Parcela	Bloque	Trat.	H ₀	D ₀	Antes de clara							
					N	G	Dg	Hm	V	B	IH	Ce
1	I	Fuerte	23,92	34,28	422	25,35	27,65	22,29	245,80	118,60	20,34	82,10
2	II	Testigo	24,28	33,27	1089	37,54	20,95	19,53	356,83	176,08	12,48	99,71
3	I	Testigo	24,46	33,67	1044	37,12	21,27	20,00	356,50	175,97	12,65	99,71
4	III	Selección	26,23	34,25	567	27,70	24,95	21,87	277,52	136,59	16,01	91,23
5	III	Testigo	25,00	33,31	978	36,06	21,67	21,45	359,10	178,49	12,79	103,87
6	II	Fuerte	24,87	31,54	478	24,48	25,54	23,19	248,39	121,75	18,40	92,04
7	II	Selección	26,66	34,71	500	24,97	25,22	22,48	264,40	129,15	16,78	94,57
8	I	Débil	25,62	34,56	533	26,76	25,28	22,71	270,36	132,12	16,90	92,63
9	II	Débil	25,49	30,73	589	25,01	23,25	22,57	253,13	125,11	16,17	99,28
10	III	Débil	27,32	35,82	578	32,95	26,95	25,46	362,88	178,30	15,23	96,27
11	III	Fuerte	24,97	33,37	467	25,81	26,54	23,27	261,74	127,47	18,54	89,23
12	I	Selección	23,79	28,69	578	20,43	21,22	21,05	197,30	97,97	17,49	102,59



**IV JORNADA DIFUSIÓN RESULTADOS INVESTIGACIÓN
UXFS, EPS DE LUGO, USC. 29/10/2012
Ensayos de podas en masas de *Pinus radiata* D. Don y *Pinus
pinaster* Aiton en el noroeste de España**

Hevia Cabal, Andrea; Majada Guijo, Juan (CETEMAS, Centro tecnológico Forestal y de la Madera)

Las plantaciones de especies de crecimiento rápido constituyen un importante potencial forestal del Arco Atlántico del sur de Europa. Sin embargo, la ausencia de una gestión adecuada impide la producción de materias primas con la calidad suficiente que demanda el mercado. Por ello dada la necesidad de disponer de herramientas eficientes para el manejo de plantaciones forestales en el noroeste de España, se han instalado parcelas de ensayo de podas para las especies *Pinus radiata* y *Pinus pinaster*. Las parcelas instaladas durante el invierno 2005-2006 constituyen una red de investigación de ensayos permanentes para estudiar el efecto de distintas intensidades de poda, efectuadas en una primera fase experimental, y de la poda combinada con la clara, en una segunda fase de los ensayos. El objetivo final es generar modelos de producción de madera de calidad para ambas especies, favoreciendo la toma de decisiones sobre los modelos de silvicultura a aplicar en distintas situaciones, considerando así mismo el riesgo de incendio y el impacto de la silvicultura sobre la sostenibilidad del sistema forestal.

Material: Red experimental de ensayos de podas y claras en masas de *Pinus radiata* D. Don y *Pinus pinaster* Aiton

El material utilizado para la realización del presente estudio pertenece a la red experimental de parcelas de podas y claras instalada y gestionada por la Fundación Centro Tecnológico Forestal y de la Madera de Asturias. La red experimental ha sido establecida en montes públicos gestionados por técnicos de los distritos forestales de la Dirección General de Política Forestal de la Consejería de Agroganadería y Recursos Autóctonos del Principado de Asturias. En la instalación han colaborado técnicos de la administración y de los distritos forestales, así como la Universidad de Santiago de Compostela, por medio de la Unidad de Gestión Forestal Sostenible (abreviado en gallego UXFS).

La red de investigación está conformada por ocho parcelas permanentes, cuatro de *Pinus radiata* y cuatro de *Pinus pinaster*. Se procuró que los rodales seleccionados fuesen representativos dentro del área de distribución de ambas especies en la Comunidad Autónoma de Asturias. Todos ellos estuvieron localizados en masas jóvenes (7-11 años) puras que se encontraban en un estado de monte bravo-latizal, procurando seleccionar rodales con un rango de edades adecuado para la ejecución de las actividades silvícolas planteadas en el diseño experimental (podas y claras). Las parcelas de *Pinus radiata* fueron instaladas en masas coetáneas procedentes de plantación, situadas en la zona interior de la provincia, mientras que para *Pinus pinaster* los ensayos fueron establecidos en rodales regulares, de origen natural y repoblación, situados en las zonas costera e interior de la región (Figura 1). Las ocho parcelas cuentan con una superficie aproximada de una hectárea.



Figura 1. Localización, por concejos, de las parcelas pertenecientes a la red experimental de ensayos permanentes de podas y claras de *Pinus radiata* y *Pinus pinaster* (verde). Fuente: Elaboración propia.

Para investigar la respuesta de los distintos tratamientos selvícolas sobre la producción de madera de calidad y el riesgo de incendio, se planteó un diseño factorial con dos factores:

- intensidad de poda de copa viva (inviernos 2005-2006 - 2010-2011):
 - 1ª Poda (% copa viva eliminada): 0% -control-; 20% y 40%.
 - 2ª Poda (altura de poda): 6,0-6,5 m.
- intensidad de clara (inviernos 2009-2010 - 2010-2011):
 - 1ª Clara: sin clara-control, clara selectiva (mín. 150 pies/ha), clara baja fuerte (30-40% área basimétrica).

Las herramientas seleccionadas para la realización de las podas en ambas especies fueron tijeras de accionamiento manual, concretamente tijeras o tijerones neozelandeses (tipo “Prun-off”, fabricadas por Levin Sawmakers e importadas para su evaluación), diseñados específicamente para la poda de *Pinus radiata*. La elección de esta herramienta de poda se basó en un estudio previo comparativo de herramientas de poda, en las que se tuvo en cuenta la calidad del corte, cicatrización y eficiencia en la producción de madera libre de nudos. Cuando el grosor de la rama no permitió el empleo de este tipo de tijera, se acudió a un serrucho de poda.

Tras la poda se realizó la trituración de restos en las parcelas que lo permitieron, no pudiendo realizarse en algunos ensayos de origen natural de *Pinus pinaster*, en donde la distribución de los árboles dificultaba enormemente la tarea.

Métodos: Evaluación de la poda efectuada en la 1ª fase experimental

Durante el período comprendido entre los inviernos 2005-2006 y 2010-2011 se llevaron a cabo diversos inventarios forestales para caracterizar la calidad de la poda y evaluar los efectos de los tratamientos sobre el desarrollo de la masa, diferenciando el trabajo realizado por especie. De esta manera, se han podido determinar diversas variables de copa y fuste relacionadas con la poda, variables dendrométricas y dasométricas clásicas relacionadas con el crecimiento y producción del árbol, así como características asociadas con la estructura de la masa.

Las principales variables dendrométricas que se relacionan con la calidad de la poda, entendida como la proporción de madera libre de nudos que se obtendrá en la corta final, son el diámetro sobre muñón (*DSM* o *DOS*, término en inglés “Diameter Over Stubs”) y el diámetro sobre oclusión (*DSO* o *DOO*, término en inglés “Diameter Over

Oclusionion”). El DSM es el diámetro sobre muñón existente en la parte podada del fuste, que en las especies con ramificación verticilada, como *Pinus radiata* y *Pinus pinaster*, se corresponderá con el diámetro sobre los verticilos podados. El valor máximo que alcanza este diámetro en la zona del fuste podada se denomina diámetro máximo sobre muñón (DSM_m) y está directamente relacionado con el volumen de madera del fuste que, en el momento de la corta final, contendrá las ramas y otros defectos. Una vez cerradas las heridas de poda, todos los defectos quedarán confinados en una zona nudosa en el centro del árbol, cuyo diámetro recibe el nombre de diámetro sobre oclusión (DSO) (Figura 2).

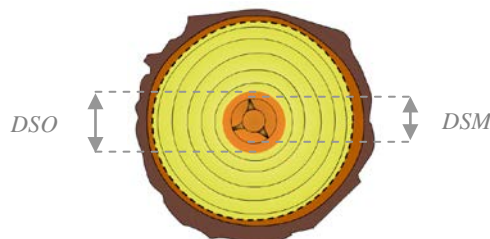


Figura 2. Corte transversal de un árbol podado. Se puede apreciar el diámetro sobre muñón (DSM) y el diámetro sobre oclusión (DSO), a partir del cual se forma madera libre de defectos (color amarillo). Fuente: Adaptado de Reid y Stephen (2001).

Resultados

Los resultados mostrados en este apartado se corresponden con los efectos de la primera fase experimental (primera poda bajo diferentes intensidades).

Diámetro sobre muñón (DSM)

Por lo general, los resultados obtenidos en todos los tratamientos de poda efectuados mostraban mayores valores en el diámetro sobre muñón del primer verticilo podado (DSM_i) que en el último (DSM_f), resultado lógico si tenemos en cuenta la mayor conicidad del árbol en su parte inferior. Una de las medidas más importantes relacionada con la ejecución de la poda es la del diámetro máximo sobre muñón (DSM_m), situado en el verticilo podado de máximo diámetro. A pesar de la importancia de conocer el DSM_m para el esquema de poda adoptado, dado que se debe mantener su valor constante en cada intervención de poda, no hay antecedentes para *pinaster* y *radiata* en el Arco Atlántico.

En el presente trabajo, el valor más frecuente de DSM_m en el momento inmediatamente posterior a la poda, evaluado en una parcela de cada especie (monte de La Campa para *Pinus radiata* y monte de Valsera para *Pinus pinaster*), se situó en torno a los 12,5-17,5 cm para *Pinus radiata*, y 7,5-12,5 cm para *Pinus pinaster*. Los valores medios de esta variable fueron 15,7 cm para *Pinus radiata* y 10,8 cm para *Pinus pinaster*.

La altura más frecuente a la que se observó el diámetro máximo sobre muñón (h_{DSMm}) para la primera poda se situó entre 0,8 y 1,3 m. en *pinaster*, con un valor medio de 0,9 m., y entre 1,0-1,5 en *radiata*, cuyo valor medio fue de 1,1 m.

Cicatrización

Una vez que se produce la intervención de poda tiene lugar el proceso de oclusión, produciéndose un engrosamiento del fuste en el lugar donde se insertan las ramas más el muñón que queda de las ramas podadas. El valor de dicho engrosamiento va a depender de aspectos como la calidad del corte efectuado, el tamaño del árbol en el momento de la poda, el crecimiento del árbol tras la intervención, o la calidad del sitio, entre otros. La evaluación del cierre de las heridas en una de las parcelas de ensayo de pino radiata mostró valores medios de oclusión de 0,5 cm/año, recomendando podar ramas que no superen los 3 cm de diámetro para minimizar el tiempo de oclusión de las heridas.

Brotos epicórmicos

La aparición de brotes epicórmicos como respuesta a la poda fue evaluada en todas las parcelas de ensayo dos años después del tratamiento. En ese tiempo, no se observaron brotes epicórmicos para *Pinus pinaster*, pero sí para *Pinus radiata* (11% de los árboles podados). La caracterización de los brotes mostró el desarrollo de estas formaciones para todas las intensidades de poda efectuadas, con una mayor aparición a mayor intensidad del tratamiento. Los brotes extendidos fueron observados en mayor proporción en los árboles podados con mayor severidad, y en los árboles de menor tamaño (diámetro normal y longitud de copa remanente). Estos brotes pueden causar una depreciación importante en la calidad de la madera. Dentro del fuste, los brotes surgidos se distribuyeron con mayor frecuencia en la mitad de la altura del fuste podado y en las orientaciones de mayor exposición (sur), siendo también más frecuente la aparición de estas formaciones entre verticilos y, dentro de los verticilos, entre nudos. La respuesta de *Pinus radiata* no supuso la producción de numerosos brotes epicórmicos tras la poda, pero su mayor susceptibilidad para desarrollar estas formaciones permite constatar que al menos para este factor, *Pinus pinaster* sea mejor candidato para la producción de madera de calidad.

Crecimiento y producción

El tratamiento de poda mostró un efecto negativo significativo sobre el crecimiento en grosor de ambas especies, no así para el crecimiento en altura. El volumen unitario final evaluado cuatro y cinco años después de la intervención en ambas especies mostró una reducción de la producción tras la poda, que fue menos marcada para los árboles de los estratos dominante y codominante. Atendiendo a la evaluación conjunta crecimiento-perfil, se podría apuntar que el menor volumen de los árboles podados con mayor intensidad podría verse compensado por una mayor forma cilíndrica de los mismos, cuyo aprovechamiento tecnológico resulta mucho mejor.

Producción de madera libre de nudos

Teniendo en cuenta los resultados obtenidos en las parcelas de ensayo permanente tras la primera poda fue realizada una primera estimación del porcentaje de madera limpia que habría al final del turno en función del diámetro normal del árbol en el momento de la poda, para un engrosamiento medio de 6 cm en ambas especies. De acuerdo con esto, se representa en la Figura 3 el porcentaje de madera libre de nudos para los casos hipotéticos de diámetro normal en el momento de la corta final de 35 cm y 40 cm en ambas coníferas.

La poda de árboles de clases diamétricas inferiores o iguales a 10 cm permitiría obtener los mejores resultados para la optimización del tratamiento y la obtención de productos de mayor calidad. Sin embargo, la poda de árboles con clases diamétricas superiores, especialmente a partir de 20 cm de diámetro, tamaño bastante común para la poda de

árboles en la provincia de Asturias, supondrían una inversión que no se vería recuperada al final del turno, dando lugar a productos con muy bajo porcentaje de madera limpia. Comparativamente, *Pinus radiata* mostró un menor porcentaje de madera libre de nudos para un mismo diámetro en el momento de la poda, dado el mayor engrosamiento producido en esta especie en relación con el diámetro normal del fuste. Es por ello que resulta aun más importante para *Pinus radiata* tener la precaución de no podar árboles de excesivo diámetro, debiendo, en todo caso, aplicar unas técnicas de corte y herramientas de poda que faciliten la cicatrización de las heridas, ya que estos factores afectarán directamente al resultado final de la operación y la calidad del producto obtenido.

En cuanto al diámetro del árbol en el momento de la corta, y como era de esperar en ambas especies el diámetro de 40 cm genera mayores porcentajes de madera limpia respecto a la producción en trozas con 35 cm de diámetro.

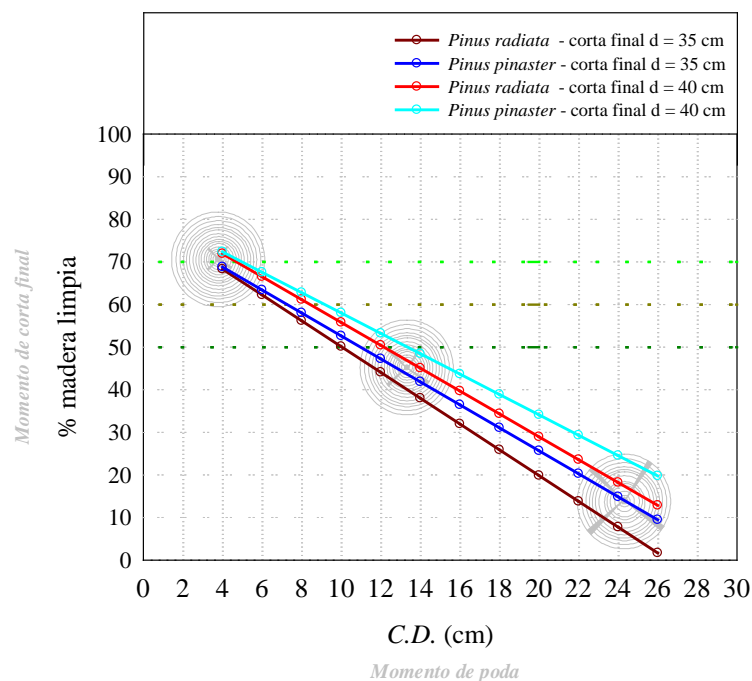


Figura 3. Porcentaje de madera limpia obtenido al final del turno en función de la clase diamétrica (C.D.) del árbol en el momento de poda y un engrosamiento medio de 6 cm para pies de *Pinus radiata* y *Pinus pinaster*.

Por todo lo anterior, considerando la respuesta de ambas coníferas a la poda, y dadas las diferencias observadas para cada una de ellas, podría apuntarse la necesidad de adoptar unas pautas de poda específicas para cada especie.



**LIDAR TERRESTRE PARA INVENTARIO FORESTAL:
DEMOSTRACIÓN EN EL ENSAYO DE CLARAS DE *Pinus
radiata* EN BEGONTE
LABORATORIO DEL TERRITORIO (LABORATE)**

González-Ferreiro, Eduardo, Buján, Sandra, Barreiro-Fernández, Laura, Guimarey-Fernández, Beatriz, Cordero, Miguel, Diéguez-Aranda, Ulises, Miranda Barrós, David (LABORATE y UXFS, EPS)

Una adecuada gestión forestal necesita de información de calidad sobre los recursos existentes. En las últimas décadas, la aplicación de los sistemas terrestres de escaneo láser (*Terrestrial Laser Scanner* – TLS) ha despertado gran interés en la comunidad científica. En concreto, en el ámbito forestal se pueden utilizar sus mediciones para el inventario forestal tradicional, como datos de referencia en los inventarios con teledetección o para la obtención de variables dasométricas a nivel de árbol individual (Liang et al., 2010).

Sistemas de LIDAR terrestre

El sistema TLS puede definirse como una estación total monitorizada, la cual es capaz de medir todos los objetos que se encuentran en su campo de visión. Está compuesto principalmente de una plataforma de nivelación, un emisor-receptor láser, un escáner y un sistema de almacenamiento de datos. El láser es utilizado para producir haces de luz que son dispersados por el escáner, de forma que cubren la superficie de interés. La tecnología basa su principio de funcionamiento, por un lado en la medición de la distancia recorrida por cada pulso láser, desde que sale desde el emisor láser sobre la plataforma hasta que impacta con los objetos y vuelve al receptor; y por otro, en la orientación precisa de estas mediciones. Conocida la orientación del sistema en cada momento, la distancia recorrida por cada pulso láser puede ser convertida en un punto georreferenciado. El conjunto de todos los puntos registrados forman una nube tridimensional de puntos, la cual representa a los objetos que han reflejado el haz de luz emitido por el sistema. Además de la distancia al objeto en cada punto de medición, se obtienen también valores de reflectancia, es decir, la proporción de luz emitida que retorna al instrumento (Fröhlich y Mettenleiter, 2004). Finalmente, muchos sistemas TLS cuentan con cámaras fotográficas, que permiten extraer fotografías geoposicionadas con respecto a la medición láser y la obtención de información acerca de la textura de los objetos.

Aplicaciones

Los sistemas TLS son capaces de medir variables dasométricas de árbol individual tales como diámetro normal, altura y volumen (Henning and Radtke, 2006; Hopkinson et al., 2004; Watt and Donoghue, 2005). De igual forma, permiten estimar parámetros de masa tales como el índice de área foliar (*Leaf Area Index*, LAI; Hosoi and Omasa, 2006; Lovell et al., 2003), fracción de cabida cubierta (Danson et al., 2007) y caracterizar combustibles de superficie (Loudermilk et al., 2009) y de copa (García et al., 2011).

La principales ventajas de los sistemas TLS son su elevada precisión y la posibilidad de realizar un procesado automático de los datos (Liang et al., 2010). Adicionalmente, los sistemas TLS más modernos permiten una elevada velocidad de medición y la posibilidad de obtener grandes volúmenes de datos en tiempos razonables. Otra ventaja que no se debe pasar por alto es la posibilidad de reutilizar las mediciones tomadas en

campo para fines diferentes a los inicialmente proyectados, que en su día pudieron carecer de interés, pero que en el futuro pueden ser reconsiderados, sin necesidad de volver a campo, permitiendo de esta forma tener una gran cobertura temporal de una amplia variedad de datos.

La medición de parcelas en campo se puede realizar tanto a partir de escaneados simples como múltiples. Éstos últimos requieren varios estacionamientos de la plataforma, con el fin de contar con varios puntos de observación de la misma parcela. El conjunto de datos de las diferentes observaciones cubre los troncos, copas y resto del material vegetal de la parcela desde varias direcciones, incrementando el número de objetos detectables (en un posterior tratamiento automático o manual de los datos) y la precisión de las mediciones y estimaciones. Sin embargo, el escaneado simple ofrece un gran interés práctico para el inventario forestal, ya que se asemeja a un muestreo relascópico tradicional, es más simple y rápido en campo (solo es necesario realizar el escaneado desde el centro de una parcela circular) y sencillo para su posterior procesado en gabinete (se evitan las labores de unión y geoprocesado de datos procedentes de varias observaciones) y es por tanto más barato.

Los resultados previos han demostrado que se pueden detectar de forma automática aproximadamente el 70% de los árboles utilizando un escaneado simple en masas forestales de elevada densidad (Liang et al., 2010). El hecho de que esta metodología solo permita medir una cara de los troncos, el efecto de sombreado que ejercen los árboles próximos al sistema TLS y la menor resolución de los datos láser sobre aquellos árboles que se encuentran alejados del sistema son las principales causas de error.

Equipo empleado en la demostración

En esta visita a campo, al sitio de claras que la *Unidade de Xestión Forestal Sostible* (UXFS) tiene sobre masas puras de *Pinus radiata* D. Don en el término municipal de Begonte (Galicia), realizaremos un levantamiento de una parcela relascópica con el láser-escáner terrestre Trimble GX 3D, con un ángulo de visión de $360^\circ \cdot 60^\circ$, una distancia máxima de escaneado de 350 m, una velocidad máxima de escaneado de 5000 pulsos s^{-1} , una resolución angular horizontal y vertical de 0.0018° y una precisión de 12 mm a los 100 m de distancia y que cuenta además con una cámara fotográfica integrada. La visualización de los datos del sistema TLS se realizará con el software Trimble RealworksTM.

Referencias Bibliográficas

- Danson, F.M., Hetherington, D., Morsdorf, F., Koetz, B., Allgöwer, B. 2007. Forest canopy gap fraction from terrestrial laser scanning. *IEEE Geoscience and Remote Sensing Letters*, 4, 157-160.
- Fröhlich, C., Mettenleiter, M. 2004. Terrestrial laser scanning - new perspectives in 3D surveying. *International Archives of Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, 36, 7-13.
- García, M., Danson, F.M., Riaño, D., Chuvieco, E., Ramírez, A., Bandugula, V. 2011. Terrestrial laser scanning to estimate plot-level forest canopy fuel properties. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*, 13, 636-645.
- Henning, J.G., Radtke, P.J. 2006. Ground-based laser imaging for assessing three-dimensional forest canopy structure. *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*, 72, 1349-1358.
- Hopkinson, C., Chasmer, L., Young-Pow, C., Treitz, P. 2004. Assessing forest metrics with a ground-based scanning lidar. *Canadian Journal of Forest Research*, 34, 573-583.
- Hosoi, F., Omasa, K. 2006. Voxel-based 3D modelling of individual trees for estimating leaf area density using high-resolution portable scanning lidar. *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing*, 44, 3610-3618.
- Liang, X., Kaartinen, H., Hyypä, J., Litkey, P. 2010. The stem location mapping from single scan TLS using automatic detection and manual edition. In *ForestSat 2010: Operational tools in forestry using remote sensing techniques*, Lugo, pp. 291-292.

- Loudermilk, E.L., Hiers, J.K., O'Brien, J.J., Mitchell, R.J., Singhanian, A., Fernandez, J.C., Cropper, W.P., Slatton, K.C. 2009. Ground-based LiDAR: a novel approach to quantify fine-scale fuel bed characteristics. *International Journal of Wildland Fire*, 18, 676–685.
- Lovell, J.L., Jupp, D.L.B., Culvenor, D.S., Coops, N.C. 2003. Using airborne and ground-based lidar to measure canopy structure in Australian forests. *Canadian Journal of Remote Sensing*, 29, 607–622.
- Watt, P.J., Donoghue, D.N.M. 2005. Measuring forest structure with terrestrial laser scanning. *International Journal of Remote Sensing*, 26, 1437–1446.



**IV JORNADA DIFUSIÓN RESULTADOS INVESTIGACIÓN
UXFS, EPS DE LUGO, USC. 29/10/2012
EFECTO DE LAS CLARAS EN LA SANIDAD FORESTAL**

Lombardero, M.J. (UXFS, EPS)

Dentro del marco del proyecto “08MRU019291PR Influencia de las claras en la sanidad y en el riesgo de incendios forestales en las masas de coníferas de Galicia (Proyecto Claras III)” financiado por la Xunta de Galicia, se estudió el efecto de las claras en la incidencia de las principales plagas y enfermedades de *Pinus pinaster* y *P. radiata* en Galicia.

Las claras pueden mejorar la productividad y la calidad de la madera incrementando el crecimiento de los árboles que permanecen en las parcelas. Pero, en paralelo a los cambios que se producen en la fisiología de la planta, pueden producirse variaciones en su calidad nutritiva o en la concentración de sustancia del metabolismo secundario y por tanto variar su tolerancia a plagas y enfermedades. Las claras además contribuyen a abrir la masa favoreciendo la entrada de luz solar al sotobosque y ello puede repercutir en la diversidad del mismo, lo que a su vez puede influir en la abundancia y diversidad de otros organismos viviendo en la misma zona, incluyendo enemigos naturales o competidores de las plagas.

En este trabajo por tanto se ha evaluado el papel que juegan las claras en estos tres aspectos: (1) en la presencia o ausencia de insectos y patógenos en los árboles estudiados. Para ello se realizaron revisiones sanitarias de cada pie individual de modo estacional. (2) Se estudió el efecto de la clara en la calidad nutritiva y en la respuesta defensiva de las plantas, lo que representa una medida indirecta de su vulnerabilidad a insectos y patógenos. (3) Se estudió la influencia de la clara en las comunidades de insectos presentes en la parcela entre los que se encuentran sus enemigos naturales (depredadores y parasitoides) y otros insectos asociados que pueden competir con los insectos plaga y que actúan como reguladores naturales de los insectos que causan plagas.

El trabajo se llevó a cabo en dos focos de ensayo de *Pinus radiata* (con diferentes orígenes de semilla Galicia y Nueva Zelanda) localizados en Begonte (Lugo), correspondiente a la visita de campo de esta jornada y dos focos de *Pinus pinaster* (de las variedades costa e interior) localizados en Punxín (Carballiño, Ourense) y O Corgo (Lugo) respectivamente. En el ensayo de Begonte se trabajó en seis parcelas control y en seis parcelas sometidas a una clara fuerte (80% G_{res}). En el ensayo de O Corgo se utilizó una parcela control y una parcela sometida a una clara fuerte (60% G_{res}). Finalmente en el ensayo de Punxín se estudiaron tres parcelas control y 3 parcelas sometidas a una clara fuerte (60% G_{res}). En todos los casos los restos de corta se trituraron después de clara y la extracción de la madera se realizó en plazos y momentos adecuados de cara a evitar problemas posteriores de perforadores, por lo que se consideran los resultados representativos del aclarado de la masa arbórea.

1. Influencia de la clara en la presencia ausencia de insectos y patógenos

En las revisiones sanitarias observamos un número significativamente mayor tanto de especies de hongos presentes como del porcentaje de pies afectados en el foco de ensayo de *Pinus radiata*, sin embargo el número de especies de insectos y el número de pies atacados fue mayor en los focos de *Pinus pinaster*. Esto sugiere preferencias

distintas de insectos y patógenos en función del origen de la planta. El patrón de ataque diferente entre hongos e insectos podría explicarse por modo en que llegan a la planta huésped. La mayor parte de las especies de hongos presentes son dispersadas pasivamente por el viento con lo que todos los árboles tienen la misma probabilidad de recibir inóculo. La mayor incidencia de hongos en *P. radiata* podría interpretarse como una mayor vulnerabilidad de esta especie, quizás debida a la falta de una co-evolución conjunta con los patógenos que la colonizan, al tratarse de una especie arbórea introducida.

Los insectos sin embargo buscan activamente a los árboles susceptibles de ser atacados usando estímulos visuales y químicos. Desde este punto de vista la co-evolución puede ser desfavorable para la especie nativa ya que los insectos la reconocen mejor. Aun así cuando analizamos los distintos tipos de insectos que detectamos atacando a los árboles estudiados, observamos diferencias en función de los grupos tróficos analizados. Por ejemplos los insectos perforadores muestran clara preferencia por *P. pinaster*, pero no así los insectos asociados a las copas (defoliadores o perforadores de brotes) que presentan preferencias más variables dependiendo de la especie estudiada. Los defoliadores tienden a preferir *P. radiata* y los perforadores de brotes y conos a *P. pinaster*.

La clara contribuyó a reducir la incidencia de hongos foliares. Las claras conducen a una apertura de las copas, lo que facilita la penetración de aire a través de las mismas. Esto unido a una mayor incidencia de luz solar provoca una desecación las superficies foliares, dificultando la germinación de los hongos.

Sin embargo el papel de la clara sobre los insectos fue más variable y depende del grupo trófico considerado. Las parcelas no clareadas mostraban una incidencia mucho mayor de insectos perforadores en el tronco. La alta densidad del arbolado y la competencia entre individuos da lugar a ejemplares poco vigorosos más atractivos para perforadores. Sin embargo algunos insectos asociados a las copas se vieron favorecidos por la clara tal es el caso de *Tomicus piniperda* en su fase de ramillos y de la procesionaria del pino (*Thaumetopoea pityocampa*)

2. Influencia de las claras en la calidad nutritiva y en la respuesta defensiva del arbolado

2.1. Claras y calidad nutritiva del arbolado

El Nitrógeno (N) es un elemento decisivo para el desarrollo de insectos y es clave a la hora de explicar las preferencias de determinados patógenos. En este trabajo analizamos los contenidos de N a nivel de acículas (base de la alimentación de insectos y hongos defoliadores) y a nivel de floema (base de la alimentación de la mayoría de los perforadores localizados en este estudio). Los contenidos de N en las acículas fueron significativamente superiores en los focos de *P. radiata* lo que explicaría la preferencia por esta especie de insectos como la Procesionaria. Mediante bioensayos realizados en laboratorio observamos que las larvas de procesionaria crecían más y sobrevivían más tiempo cuando se las alimentaban con acículas de *P. radiata*.

La clara no afectó al contenido de N de las acículas ni tampoco en la supervivencia y crecimiento del insecto.

En lo que respecta al floema no encontramos diferencias significativas entre los contenidos de N del floema entre *P. pinaster* y *P. radiata*, pero el grosor del mismo es significativamente mayor en *P. pinaster*, lo que podría explicar la preferencia de los perforadores por esta especie. En este estudio observamos que los escoltídos que completaban su desarrollo en *P. pinaster* pesaban más que los que los completaban en *P. radiata* lo cual es un indicador de la calidad nutritiva de la especie.

El régimen de claras ensayado en el momento de estudio no afectó a los niveles de N en el floema, tan solo en grosor del mismo aumentó en el caso de *P. pinaster*. Aún así, la concentración de N en el floema fue superior en parcelas mixtas de ambas especies arbóreas localizadas en suelo de buena calidad y utilizadas como complemento a este estudio, por lo que una clara más intensa podría favorecer la calidad nutritiva del floema de estas especies.

2.2 Claras y respuesta defensiva del arbolado

El análisis del flujo de resina como indicador del estado defensivo de la planta pone de manifiesto que *P. pinaster* es una especie mejor defendida que *P. radiata*. Ello explicaría por qué los insectos perforadores se concentran en las plantas debilitadas, a pesar de que disponen mayor cantidad de alimento (medido como peso seco del floema) en las parcelas clareadas. En estudios posteriores observamos también concentraciones más bajas de terpenos (sustancias defensivas del arbolado) en las acículas de *P. radiata* que en las de *P. pinaster*, lo que también explicaría su mayor vulnerabilidad a insectos y hongos defoliadores.

Las claras no influyeron en el flujo de resina, sin embargo éste fue superior en las parcelas mixtas de ambas especies localizadas en suelos de buena calidad. De este modo es posible que un régimen de claras más intenso favorezca el sistema defensivo de estas especies y las haga menos vulnerables a perforadores a pesar de la mejora en calidad nutritiva.

3. Influencia de las claras en las comunidades de insectos

La especie *P. pinaster* tiende a sustentar una mayor abundancia de competidores y enemigos naturales que la especie *P. radiata*, lo que convierte a sus plantaciones en sistemas más estables y con menor riesgo de plagas.

En el momento de realizar el estudio no se observó ningún efecto de la clara sobre la abundancia y riqueza específica de los enemigos naturales o competidores de los insectos plaga, lo que podría estar relacionado con el tiempo transcurrido desde la realización de la clara.

Conclusiones:

- Las claras ejercen una importante influencia en la sanidad de la masa, pero sus efectos dependen del tipo de patógeno o insecto y del estrato de la planta considerado:
 - Las claras reducen el ataque hongos foliares e insectos perforadores de troncos
 - No obstante las claras pueden favorecer a algunos insectos que viven a nivel de las copas.
- No se observaron diferencias en el contenido de nutrientes tras la clara, pero se observó un aumento en el grosor del floema en *P. pinaster*.
- Tampoco se observó efecto de la clara en la respuesta defensiva. Sin embargo esta fue mayor en parcelas de buena calidad por lo que un régimen más intenso de claras podría favorecer la resistencia de los árboles frente a insectos.
- No se observaron diferencias en la abundancia y diversidad de enemigos naturales y competidores entre parcelas clareadas y parcelas no clareadas.



**IV JORNADA DIFUSIÓN RESULTADOS INVESTIGACIÓN
UXFS, EPS DE LUGO, USC. 29/10/2012
DEMOSTRACIÓN DE EVALUACIÓN DE CALIDAD DE
MADERA CON EQUIPOS SÓNICOS**

Esther Merlo, Óscar Santaclara (MADERA +)

La demostración corresponde a métodos no destructivos de análisis de la velocidad de propagación de ondas sónicas a lo largo del fuste del árbol. Los equipos sónicos permiten determinar de forma muy fiable el módulo de elasticidad de la madera (MOE), obteniéndose también información de densidad bien mediante resistógrafos u obteniendo una muestra por barrenado. El aparato utilizado será el HITMAN ST300. Se muestra asimismo el HITMAN HM200, que se emplea en trozas de madera.

En general, el empleo de los sistemas de ondas permite conocer también la presencia de singularidades o defectos que reducirían las posibilidades comerciales de la madera.

La aplicación de la técnica de métodos sónicos a parcelas de pino pinaster en Galicia, con 4 mediciones con los árboles en pie, combinado con el apeo de los árboles, aserrado y ensayo de piezas a resistencia a rotura indicó buenas opciones para estimar el MOU en base a parámetros medibles en el arbolado en pie, tales como el diámetro (correlación negativa con el MOU) o la esbeltez (correlación positiva).

Los resultados obtenidos resultaron relevantes para la aplicación de tratamientos silvícolas orientados a producir madera de mayor calidad para uso estructural. En general árboles altos, de no mucha copa, no mucho diámetro y esbeltos, resultarían el objetivo para corta final (Santaclara et al, 2011).



Referencias

Santaclara, O, Alvarez, JG., Merlo, E., 2011. Modeling structural lumber quality for Pinus pinaster Ait. in northwestern Spain using standing tree acoustic assesment, tree characteristics and stand variables. International non destructive testing and evaluation of wood. Sofron, Hungary



**IV JORNADA DIFUSIÓN RESULTADOS INVESTIGACIÓN
UXFS, EPS DE LUGO, USC. 29/10/2012
HERRAMIENTA DE ESTIMACIÓN DEL RIESGO DE FUEGO
DE COPAS EN MASAS DE PINAR EN GALICIA**

José María Fernández-Alonso¹, Iciar Alberdi², Juan Gabriel Álvarez-González³,
José Antonio Vega¹, Isabel Cañellas², Ana Daría Ruiz-González³

¹Centro de Investigación Forestal de Lourizán. PO Box 127. 36080, Pontevedra.

²INIA-CIFOR, Dpto. Selvicultura y Gestión de los Sistema Forestales, Ctra La Coruña km 7,5. 28040, Madrid.

³Departamento de Ingeniería Agroforestal. Escuela Politécnica Superior. Universidad de Santiago de Compostela. Campus Universitario s/n. 27002, Lugo.

Los datos empleados son las parcelas del 4 Inventario Forestal Nacional realizado en Galicia (MARM, 2011). De total de parcelas se seleccionaron aquellas que se corresponden a masas de pinar, distinguiendo masas puras de pino pinaster, pino radiata y pino silvestre (aquellas en las que más del 90% del área basimétrica pertenece a una única especie de pino) y masas de mezcla de pinos (aquellas en las que más del 90% del área basimétrica pertenece a una mezcla de especies de pino). El número total de parcelas empleado fue de 1396 (829 de pino pinaster; 255 de pino radiata; 176 de pino silvestre y 136 de mezcla de pinos). En la siguiente tabla se muestran los valores de las principales variables de rodal de las parcelas utilizadas.

	Valor	<i>d</i> (cm)	<i>h</i> (m)	<i>cl</i> (m)	<i>N</i> (árboles/ha)	<i>dg</i> (cm)	<i>G</i> (m ² /ha)	<i>H</i> ₀ (m)
Pino pinaster (n = 829)	Mínimo	7.50	1.50	0.10	5	4.07	0.44	3.69
	Máximo	92.00	45.80	23.70	8,179	56.73	86.20	33.25
	Medio	27.87	15.90	6.28	936	20.53	23.02	15.99
	Desv. Est.	12.70	5.94	2.91	865	8.79	14.71	5.79
	Mínimo	7.50	1.30	0.60	5	4.57	0.91	3.90
Pino radiata (n = 255)	Máximo	107.00	39.30	23.30	3,191	92.28	78.28	35.21
	Medio	26.58	17.35	8.13	765	22.71	24.00	17.80
	Desv. Est.	11.28	6.20	3.86	515	10.32	13.74	6.01
	Mínimo	7.50	1.30	0.20	10	5.04	0.57	3.57
	Máximo	114.60	36.50	15.40	3,066	51.14	74.49	22.89
Pino silvestre (n = 176)	Medio	23.74	13.89	5.95	872	20.15	24.37	12.21
	Desv. Est.	9.09	5.56	3.06	572	7.27	16.00	4.61
	Mínimo	7.50	2.00	0.90	10	5.38	1.40	4.94
	Máximo	86.60	37.30	21.90	9,590	49.37	67.23	33.27
	Medio	25.97	15.17	7.70	850	20.86	22.33	15.50
Mezcla de pinos (n = 136)	Desv. Est.	11.19	5.59	3.64	920	8.19	14.68	5.41

Siendo Desv. Est. la desviación estándar; *d* el diámetro del árbol; *h* la altura total; *cl* la longitud de la copa; *N* la densidad; *dg* el diámetro medio cuadrático; *G* el área basimétrica y *H*₀, la altura dominante.

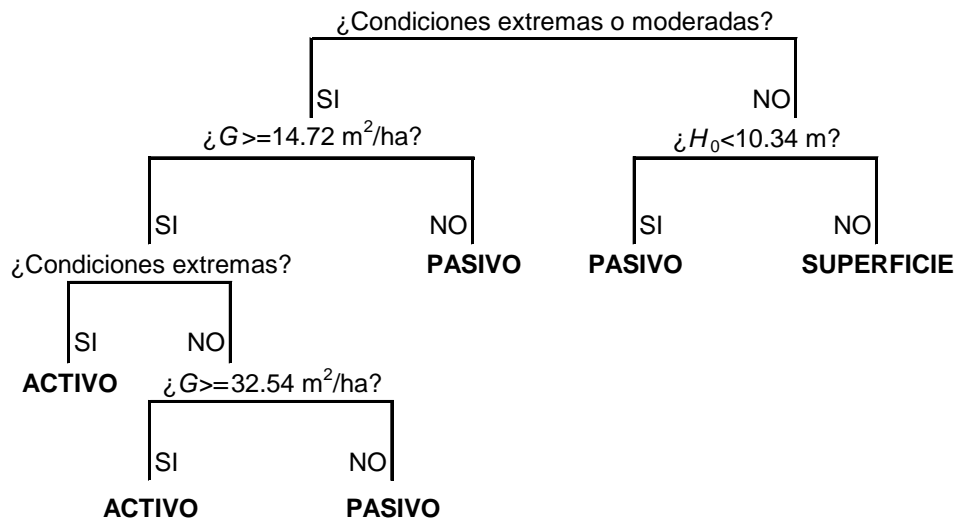
Con los datos del inventario y las ecuaciones de biomasa desarrolladas para pino pinaster y pino radiata en Galicia (Diéguez-Aranda et al. 2009) y para pino silvestre en España (Montero et al., 2005) se calcularon las variables de copa que intervienen en los simuladores de fuegos. Estas variables son, la carga de combustibles finos en las copas (CFL), la densidad aparente de combustible en las copas (CBD) y la altura de la base de la copa (CBH). Como combustibles finos se han considerado las acículas y las ramillas menores de 0,5 cm de grosor. En la siguiente tabla se muestra un resumen de los valores de esas variables de copa en las parcelas de estudio.

	Valor	CFL (kg/m²)	CBD (kg/m³)	CBH (m)
Pino pinaster (n = 829)	Mínimo	0.01	0.002	0.68
	Máximo	2.71	0.58	20.39
	Medio	0.61	0.11	6.36
	Desv. Est.	0.42	0.08	3.78
Pino radiata (n = 255)	Mínimo	0.03	0.001	0.60
	Máximo	2.25	0.45	20.91
	Medio	0.72	0.08	5.54
	Desv. Est.	0.40	0.05	3.57
Pino silvestre (n = 176)	Mínimo	0.02	0.004	0.81
	Máximo	3.37	0.71	15.31
	Medio	1.04	0.18	5.11
	Desv. Est.	0.65	0.12	3.36
Mezcla de pinos (n = 136)	Mínimo	0.04	0.004	0.75
	Máximo	2.36	0.43	15.23
	Medio	0.67	0.10	5.39
	Desv. Est.	0.45	0.08	3.49

A partir de estos datos se realizaron simulaciones para determinar el potencial de que, produciéndose un fuego de superficie en las masas, este llegase a pasar a las copas, distinguiendo entre fuego de copas pasivo (el fuego llega a las copas pero no se propaga por ellas) y fuego de copas activo (el fuego de superficie y el de copas se propaga como un único frente). Como modelos de combustible de superficie se emplearon los obtenidos por el Centro de Investigación Forestal de Lourizán para estas especies en Galicia (Arellano Pérez, 2011). Se simularon tres condiciones ambientales: poco favorables al fuego (14% de humedad de los combustibles muertos y un viento de 10 km/h), medianamente favorables (10% de humedad de los combustibles muertos y un viento de 20 km/h) y muy favorables (6% de humedad de los combustibles muertos y un viento de 30 km/h). Los porcentajes de cada uno de los tres tipos de fuegos descritos obtenidos en las simulaciones para cada una de las tres condiciones ambientales analizadas se muestran en la tabla siguiente.

	Condiciones ambientales								
	Poco favorables			Moderadas			Muy favorables		
	Activo	Pasivo	Superficie	Activo	Pasivo	Superficie	Activo	Pasivo	Superficie
Pino pinaster	-	-	100	15.68	64.05	20.27	69.60	29.79	0.60
Pino radiata	-	-	100	5.49	82.75	11.76	60.78	38.04	1.18
Pino silvestre	-	-	100	47.16	37.50	15.34	85.23	14.77	-
Mezcla de pinos	-	-	100	11.03	75.74	13.24	63.24	36.76	-
Total	-	-	100	17.33	65.26	17.41	69.34	30.09	0.57

A partir de estos datos se ha desarrollado un modelo sencillo que relaciona el riesgo de estos tres tipos de incendios con las principales variables de rodal y que se resume en el siguiente árbol dicotómico:



BIBLIOGRAFÍA

- Arellano Pérez S (2011) Modelos de combustibles forestales de Galicia. MD. Thesis. University of Santiago de Compostela, Lugo, Spain.
- Diéguez-Aranda U, Rojo Alboreca A, Castedo-Dorado F, Álvarez González JG, Barrio-Anta M, Crecente-Campo F, et al. (2009) Herramientas selvícolas para la gestión forestal sostenible en Galicia. Consellería do Medio Rural, Xunta de Galicia.
- MARM (2011) Cuarto Inventario Forestal Nacional. Comunidad Autónoma de Galicia. Ed. Dirección General del Medio Natural y Política Forestal.