



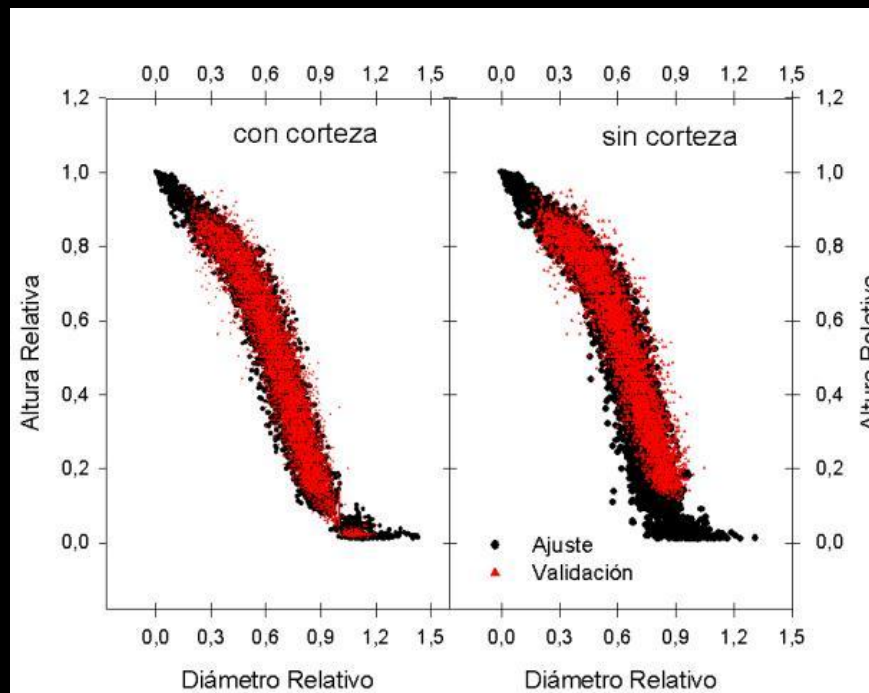
## Ecuaciones de volumen comercial para las principales especies maderables de Castilla y León

Paco Rodríguez



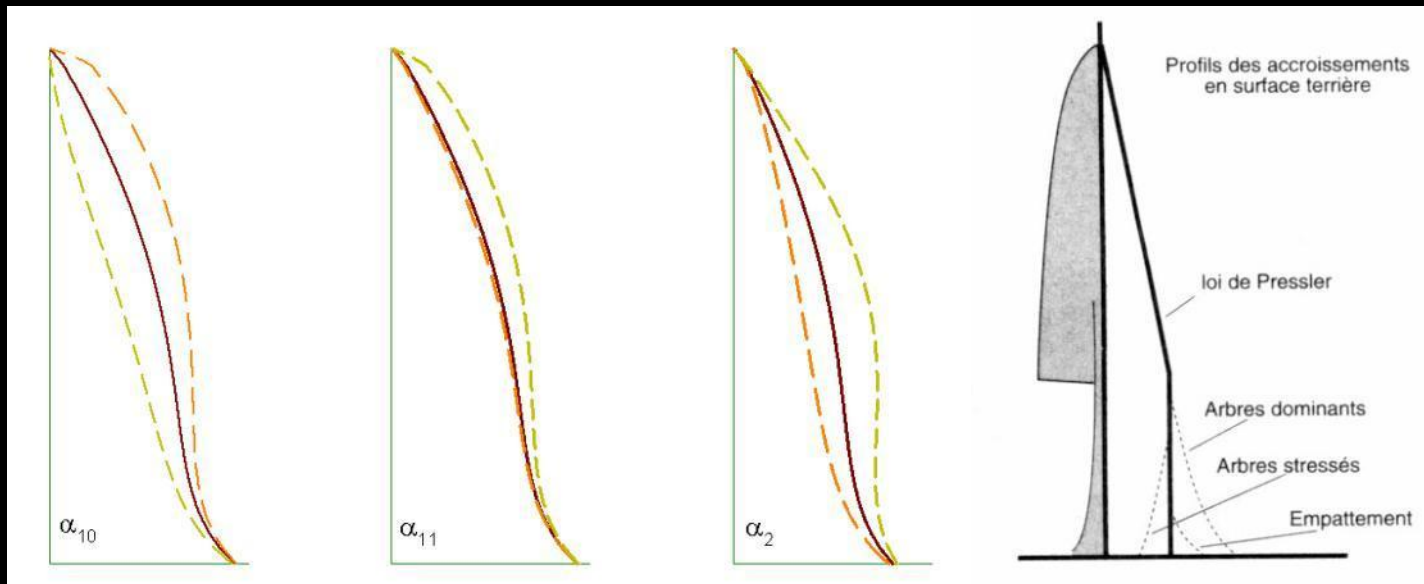
## ¿Qué es el perfil del árbol?

- El perfil viene a ser la silueta del árbol
- Integrando la función entre dos alturas, se obtiene el volumen entre esas dos alturas



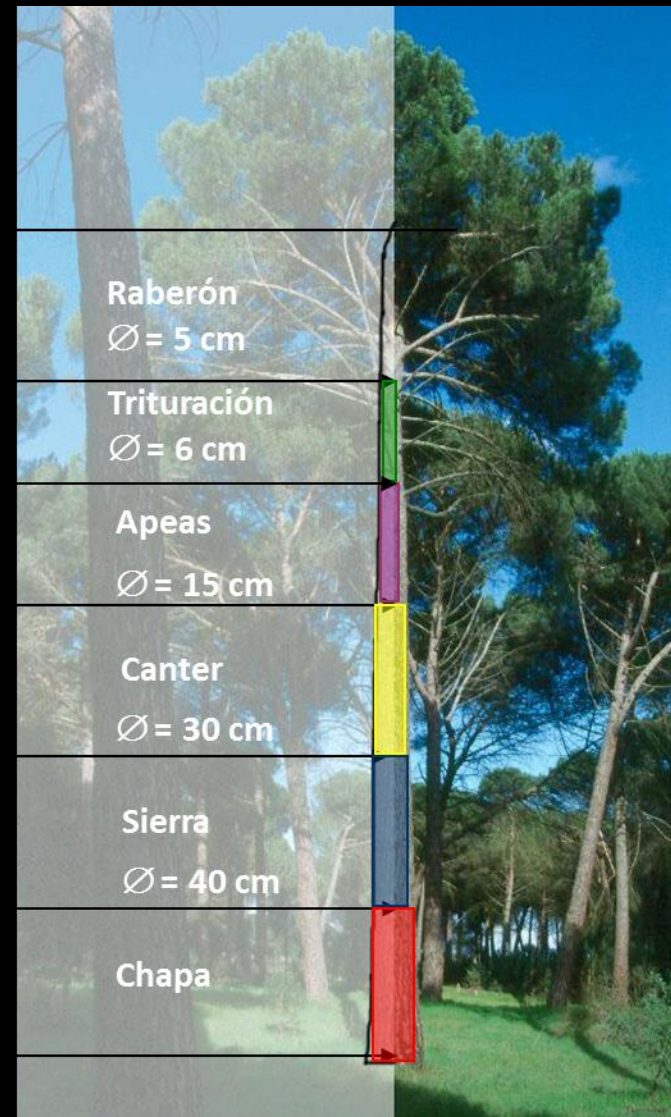
## ¿Qué es el perfil del árbol?

- Normalmente un árbol está compuesto por todos los tipos dendrométricos
- La variabilidad de los parámetros es debido a rasgos comunes de la especie y/ o a factores de crecimiento



## ¿Qué son los productos de madera?

- Excepto los árboles de pequeñas dimensiones, el resto poseen más de un producto de madera en su fuste



## ¿Cómo se clasifican?

Producto	Diámetros de trozas (cm)	Longitud Mínima (m)	Diámetro Normal (cm)
Desenrollo	$\geq 40$	3	$\geq 45$
Chapa p.	$\geq 40$	3	$\geq 45$
Sierra Gruesa	$\geq 40$	2,5	$\geq 45$
Sierra	$\geq 25$	2,5	$\geq 30$
Canter	$\geq 15$ y $\leq 28$	2,5	$> 15$ y $< 30$
Postes	$\geq 15$ y $\leq 28$	$\geq 6$ y $\leq 14$	$> 15$ y $< 30$
Apeas	$\geq 6$ y $\leq 16$	1,8	$\leq 15$ y $\geq 7,5$
Desintegración	$\geq 5$	1	$\geq 7,5$
Energía	-	-	Todos



# ¿Quién los elabora?

Species	Area	Original taper equation	Sample of trees used	Goodness of fit	Compatibility	Implementation	Join validation	References
Eucalyptus globulus	Galicia	Fang et al. (2000)	200	R2=0.985	YES	TCCP	None	Diéguez-Aranda et al. (2009)
Fagus sylvatica	Castile and Leon	Daquitaine et al. (1999)	189	R2=0,983	NO	cubiFOR	Cross-validation	Rodríguez (2010)
	Navarra	Fang et al. (2000)	2714	R2=0,975	YES	WinCP Navarra	None	Dieguez-Aranda et al.,(2007)
Juniperus thurifera	Castile and Leon	Daquitaine et al. (1999)	326	R2=0,960	NO	cubiFOR	Cross-validation	Rodríguez (2010)
Pinus canariensis	Canary Islands	Daquitaine et al. (1999)	303	R2=0,906	NO	cubiFOR	Independent Sample	Martínez and Herranz (2006)
Pinus halepensis	Middle Ebro Valley	Riemer et at. (1995)	96	R2=0,958	NO	cubiFOR	None	Cabanillas (2010)
Pinus nigra	Castile and Leon	Daquitaine et al. (1999)	533	R2=0,993	NO	cubiFOR	Cross-validation	Rodríguez (2010)
Pinus pinaster subsp. atlantica	Galicia	Kozak (2004)	203	R2=0.989	NO	TCCP	Cross-validation	Rojo et al. (2005)
Pinus pinaster subsp. mesogeensis	Castile and Leon	Daquitaine et al. (1999)	2220	R2=0,977	NO	cubiFOR	Cross-validation	Rodríguez (2010)
	Southern Iberian Range	Daquitaine et al. (1999)	273	R2 = 0.977	NO	-	Cross-validation	Lizarralde (2008)
Pinus pinea	Castile and Leon	Daquitaine et al. (1999)	456	R2=0,971	NO	cubiFOR	Cross-validation	Rodríguez (2010)
	Spain	Calama	536	R2=0,954	YES	PINEA	None	Calama and Montero (2006)
Pinus radiata	Asturias	Fang et al. (2000)	232	R2=0.989	YES	-	None	Canga (2008 )
	Basque Country	Daquitaine et al. (1999)	719	R2=0,983	NO	cubiFOR	Cross-validation	Rodríguez (2010)
	Canary Islands	Daquitaine et al. (1999)	149	R2=0,894	NO	cubiFOR	Split Sample	Martínez and Herranz (2006)
	Catalonia	Daquitaine et al. (1999)	6	R2=0,995	NO	CUBICA	None	Badía et al. (2001)
	El Bierzo (León)	Fang et al. (2000)	41	R2=0.989	YES	-	None	Sevillano-Marco et al. (2009)
	Galicia	Fang et al. (2000)	421	R2=0.989	YES	GesMO	None	Castedo et al. (2007)
Pinus sylvestris	Castile and Leon	Daquitaine et al. (1999)	327	R2 = 0.982	NO	cubiFOR	Cross-validation	Lizarralde (2008)
	Galicia	Fang et al. (2000)	228	R2=0.987	YES	GesMO	None	Diéguez-Aranda et al. (2006)
	Spain	Fang et al. (2000)	2682	R2=0,982	YES	-	None	Crecente-Campo et al. (2009)
Pinus uncinata	Spain	Kozak (1988)	191	R2 = 0.97	NO	-	None	Calama et al. (2004)
Populus x euramericana cv. Canadá Blanco	Navarra	Daquitaine et al. (1999)	66	R2=0,982	NO	-	None	Rodríguez and Molina (2003)
Populus x euramericana cv. I214	Navarra	Daquitaine et al. (1999)	29	R2=0,989	NO	-	None	Rodríguez and Molina (2003)
	Aragón	Daquitaine et al. (1999)	58	R2=0,992	NO	cubiFOR	Cross-validation	Rodríguez (2005)
	Central plateau	Tassisa et al. (1997)	1289	R2=0,991	YES	-	None	Barrio-Anta et al. (2007)
	Castile and Leon	Daquitaine et al. (1999)	992	R2=0,995	NO	cubiFOR	Cross-validation	Rodríguez (2010)
Populus x euramericana cv. Luisa Avanzo	Aragón	Daquitaine et al. (1999)	40	R2=0,994	NO	cubiFOR	Cross-validation	Rodríguez (2005)
Populus x euramericana cv. MC	Aragón	Daquitaine et al. (1999)	41	R2=0,995	NO	cubiFOR	Cross-validation	Rodríguez (2005)
	Navarra	Daquitaine et al. (1999)	48	R2=0,983	NO	-	None	Rodríguez and Molina (2003)
Pseudotsuga menziesii	Spain <sup>1</sup>	Fang et al. (2000)	282	R2 = 0.988	YES	-	None	López-Sanchez (2009)
Quercus pyrenaica	Castile and Leon	Daquitaine et al. (1999)	302	R2=0,985	NO	cubiFOR	Cross-validation	Rodríguez (2010)
Quercus robur	Galicia	Fang et al. (2000)	251	R2 = 0.978	YES	TCCP	None	Barrio-Anta et al. (2007)

## Zona de estudio: Castilla y León



## Especies a estudiar

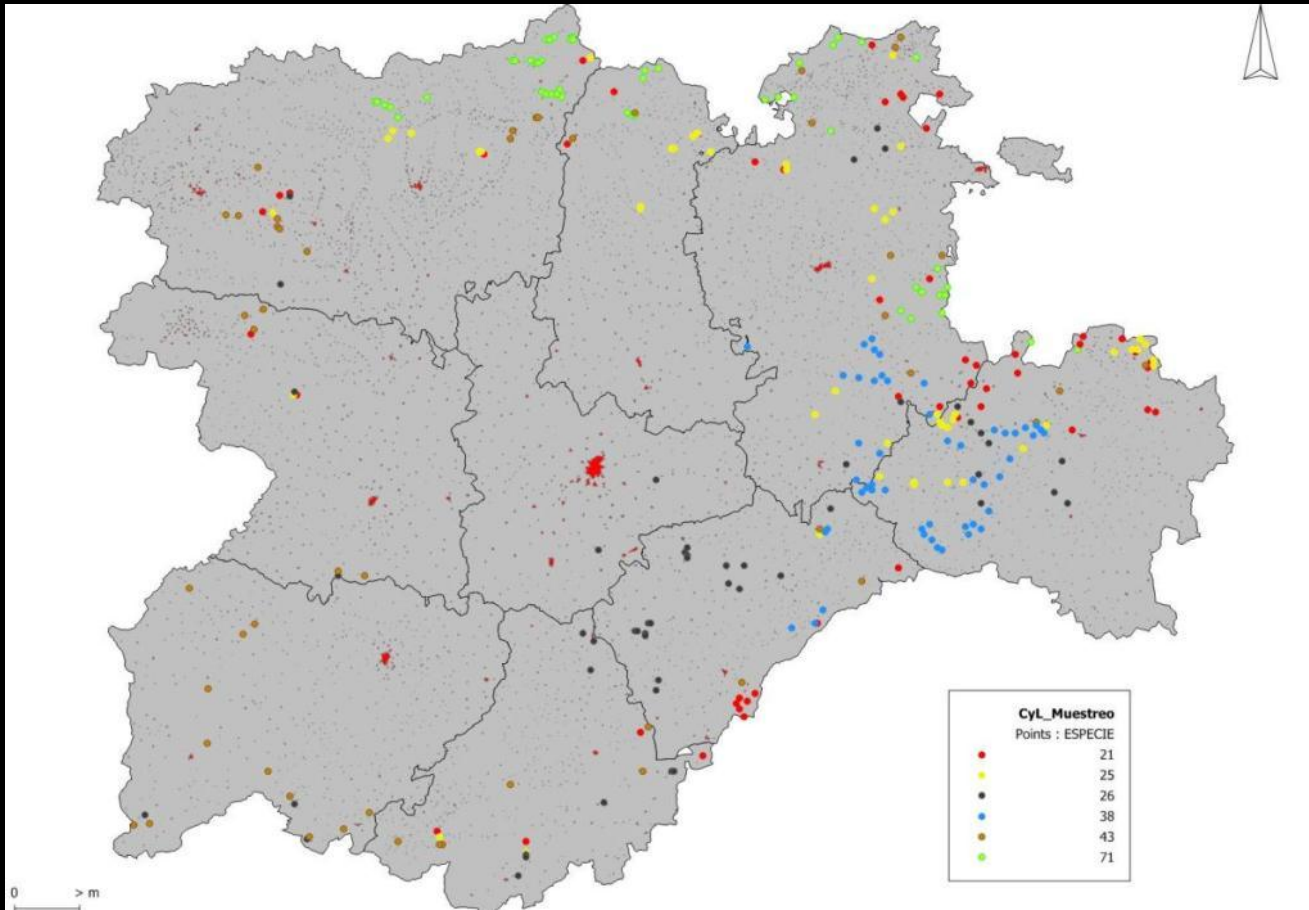
Según el IFN3 en Castilla y León las principales especies maderables están distribuidas de la siguiente manera

Espece	Existencias (m <sup>3</sup> )	Superficie (ha)	Cortas (m <sup>3</sup> )
<b>Pino silvestre [21]</b>	40.701.986	336.742	493.824
<b>Pino piñonero [23]</b>	4.309.075	87.793	43.097
<b>Pino laricio [25]</b>	6.644.062	79.666	112.589
<b>Pino negral [26]</b>	39.012.229	412.713	603.436
<b>Sabina [38]</b>	2.038.244	103.288	n.d.
<b>Rebollo [43]</b>	20.731.416	722.773	21.648
<b>Chopo [58]</b>	7.990.250	61.519	333.943
<b>Haya [71]</b>	7.929.422	66.257	532





# Distribución de las parcelas de campo



# Datos empleados (I)

Espece	Variable	n	media	desviación	máximo	mínimo
Pino silvestre [21]	secciones	23319	8,09	6,22	35,00	2,00
	D [cm]	1844	30,48	12,07	82,00	9,50
	H [m]	1844	16,76	5,24	35,80	5,05
	V [m <sup>3</sup> ]	1844	0,72	0,84	9,13	0,00
Pino piñonero [23]	secciones	4534	9,94	2,98	20,00	2,00
	D [cm]	456	36,49	14,30	98,00	12,10
	H [m]	456	10,67	3,85	23,40	3,57
	V [m <sup>3</sup> ]	456	0,73	0,83	5,00	0,01
Pino laricio [25]	secciones	5691	9,44	4,29	25,00	2,00
	D [cm]	533	24,86	8,06	51,85	9,85
	H [m]	533	15,35	4,70	29,80	5,00
	V [m <sup>3</sup> ]	533	0,44	0,38	2,41	0,01
Pino negral [26]	secciones	25416	12,82	4,67	28,00	2,00
	D [cm]	2220	38,21	9,40	86,00	10,15
	H [m]	2220	15,29	3,61	29,00	3,90
	V [m <sup>3</sup> ]	2220	1,06	0,69	6,60	0,00

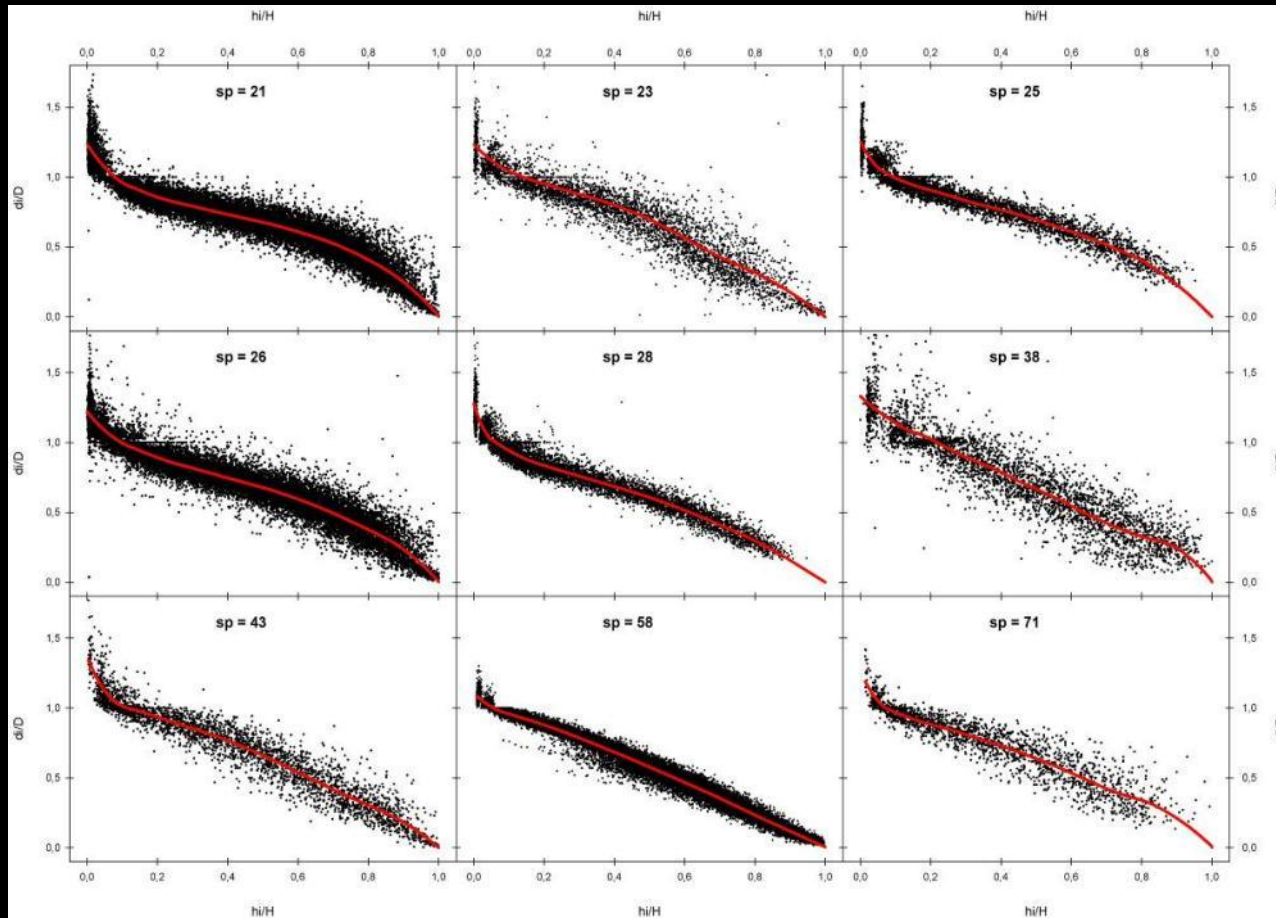


## Datos empleados (II)

Especie	Variable	n	media	desviación	máximo	mínimo
Pino radiata [28]	secciones	9128	12,71	3,98	23,00	2,00
	D [cm]	719	29,53	11,58	63,25	7,50
	H [m]	719	20,26	7,06	41,50	6,00
	V [m <sup>3</sup> ]	719	0,78	0,74	4,60	0,02
Sabina albar [38]	secciones	2593	7,95	2,49	15,00	2,00
	D [cm]	326	21,41	7,38	45,87	7,99
	H [m]	326	6,33	1,72	12,60	3,00
	V [m <sup>3</sup> ]	326	0,13	0,11	0,69	0,01
Rebollo [43]	secciones	3046	10,09	3,23	20,00	3,00
	D [cm]	302	19,24	9,85	63,34	5,00
	H [m]	302	11,67	4,01	24,50	3,90
	V [m <sup>3</sup> ]	302	0,23	0,29	2,20	0,00
Chopo [58]	secciones	28980	29,24	4,56	40,00	17,00
	D [cm]	992	29,94	6,28	47,90	11,10
	H [m]	992	24,17	4,70	36,20	13,20
	V [m <sup>3</sup> ]	992	0,75	0,42	2,13	0,05
Haya [71]	secciones	1829	9,68	2,78	22,00	3,00
	D [cm]	189	25,93	10,29	72,45	9,51
	H [m]	189	18,29	4,15	31,80	8,10
	V [m <sup>3</sup> ]	189	0,49	0,55	5,31	0,04



# Datos empleados



## Modelos empleados

### Modelo de perfil STUD (Daquitaine et al., 1999)

$$d_i = \left( 1 + \alpha_3 \cdot e^{-\alpha_4 \cdot q} \right) \cdot \alpha_{50} + \alpha_{51} \cdot D \cdot (1 - q)^{\alpha_1 + \alpha_{11} \cdot \left( \frac{100 \cdot H}{D} \right) + \alpha_2 (1 - q)}$$



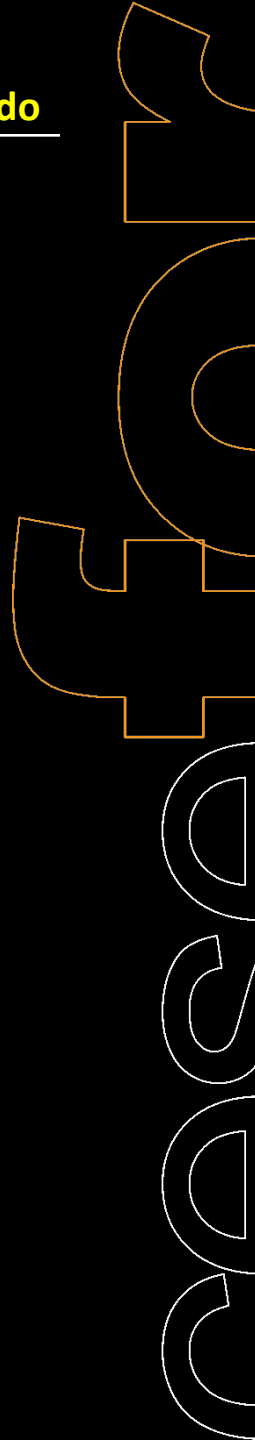
## Diagnosis de los modelos

- La precisión hace referencia a la dispersión de las medidas

$$\text{RMSE} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (y_i - \hat{y}_i)^2}{n-p}}$$

- El sesgo es el valor medio de los errores cometidos

$$e = \frac{(y_i - \hat{y}_i)}{n}$$



# Validación: árboles tipo IFN2

Espece	Variable	n	medida	desviación	máximo	mínimo
Pino silvestre natural [21]	D [cm]	6508	24,9	13,3	86,9	7,5
	H [m]	6508	11,4	5,1	32,0	2,3
	V [m <sup>3</sup> ]	6508	0,420	0,587	5,111	0,008
Pino piñonero [23]	D [cm]	2405	31,4	12,5	100,3	7,8
	H [m]	2405	8,6	2,9	19,5	2,5
	V [m <sup>3</sup> ]	2405	0,382	0,380	2,639	0,009
Pino laricio natural [25]	D [cm]	1332	17,3	8,5	92,3	7,5
	H [m]	1332	7,8	3,5	28,0	2,5
	V [m <sup>3</sup> ]	1332	0,143	0,286	4,926	0,007
Pino negral [26]	D [cm]	11595	28,4	11,8	114,6	7,5
	H [m]	11595	10,3	3,6	29,0	2,0
	V [m <sup>3</sup> ]	11595	0,419	0,460	6,695	0,008
Pino radiata [28]	D [cm]	114	23,4	10,1	51,1	7,7
	H [m]	114	14,9	6,1	28,0	5,0
	V [m <sup>3</sup> ]	114	0,364	0,416	1,981	0,007
Sabina [38]	D [cm]	86	17,8	6,6	43,0	7,9
	H [m]	86	6,1	2,1	16,5	3,0
	V [m <sup>3</sup> ]	86	0,087	0,069	0,435	0,013



# Validación: árboles tipo IFN2

Especie	Variable	n	medida	desviación	máximo	mínimo
Rebollo [43]	D [cm]	5024	22,4	15,9	172,4	7,5
	H [m]	5024	8,8	3,2	30,0	2,0
	V [m <sup>3</sup> ]	5024	0,200	0,399	8,387	0,006
Chopo [58]	D [cm]	542	25,8	12,8	101,9	7,5
	H [m]	542	17,4	6,3	32,0	4,0
	V [m <sup>3</sup> ]	542	0,472	0,555	4,291	0,007
Haya [71]	D [cm]	1265	29,5	16,7	114,6	7,6
	H [m]	1265	12,5	4,4	28,0	2,5
	V [m <sup>3</sup> ]	1265	0,411	0,494	4,079	0,011
Pino silvestre de repoblación [210]	D [cm]	1677	24,5	9,2	72,3	7,8
	H [m]	1677	10,7	5,9	31,0	2,5
	V [m <sup>3</sup> ]	1677	0,318	0,343	2,408	0,015
Pino laricio de repoblación [250]	D [cm]	206	17,0	4,6	29,5	7,5
	H [m]	206	7,5	2,0	12,5	3,0
	V [m <sup>3</sup> ]	206	0,104	0,072	0,384	0,009
Pino negral resinado [926]	D [cm]	830	38,4	14,0	114,9	7,8
	H [m]	830	12,9	4,5	29,0	3,5
	V [m <sup>3</sup> ]	830	0,902	0,832	8,519	0,009





# Diagnosis (I):

Código	Modelo	RMSE	e	R <sup>2</sup>	IC	BIC
21	Stud	1,5489	-0,0689*	0,9845	23,1	7272,9
	Fang	1,6285	-0,0314*	0,9829	42,9	8082,4
23	Stud	2,7241	0,0836	0,9714	21,4	3551,8
	Fang	2,6939	0,0598	0,972	42,6	3520,5
25	Stud	0,8408	-0,0459	0,9931	30,5	-151,1
	Fang	0,8486	-0,0142	0,993	39,3	-135,2
26	Stud	1,6426	-0,0294*	0,9775	18,0	6875,6
	Fang	1,7121	0,0049	0,9756	43,7	7456,6
28	Stud	1,4381	0,0345*	0,9839	14,8	2681,4
	Fang	1,5189	-0,0627*	0,982	56,7	3090,6



## Diagnosis (II):

Código	Modelo	RMSE	e	R <sup>2</sup>	IC	BIC
38	Stud	1,6892	0,1519*	0,9602	14,5	1053,9
	Fang	1,5808	0,0115	0,9651	34,2	930,1
43	Stud	1,1855	0,0316	0,9855	9,6	426,1
	Fang	1,1909	-0,0036	0,9853	35,8	444,8
58	Stud	0,7531	0,0336*	0,9949	26,8	-6873,7
	Fang	0,7574	0,033*	0,9948	109,9	-6726,0
71	Stud	1,2901	-0,1057*	0,9836	10,3	381,3
	Fang	1,4016	-0,1882*	0,9806	--	507,0
250	Stud	1,1677	0,0076	0,9807	16,3	559,0
	Fang	1,1503	-0,0283	0,9812	47,5	514,9
926	Stud	2,0863	-0,005	0,9766	11,5	4661,8
	Fang	2,0813	0,033	0,9767	59,8	4655,4



## Conclusiones

1. Se elaboran modelos de cubicación (con clasificación de productos) para las principales especies maderables de Castilla y León, con datos procedentes de distintas tipologías de masa que se consideran como representativas de la región
2. En algunas especies como es el caso de la **sabina** y el **rebollo**, estos modelos son novedosos al no existir antecedentes bibliográficos para estas especies
3. Los modelos se **validan** se forma con datos procedentes de los árboles tipo del **IFN2**. En general los resultados obtenidos son **poco sesgados** y **bastante precisos**



## Conclusiones

4. Todos los modelos se incluyen en **cubiFOR** considerando siempre el modelo **Stud** como el mejor predice el volumen. Para el caso concreto en el que sólo se desee obtener el **volumen total del árbol**, resulta sencillo y cómodo utilizar la ecuación de volumen compatible de **Fang**
5. Con este trabajo se pretende **homogeneizar el sistema de cubicación en Castilla y León**, a través de modelos de volumen con clasificación de productos para las principales especies maderables de la región



# Desarrollado por...



# Con la colaboración de...



# [cubi**for**.]

cubica y clasifica productos 

FOR  
ESE  
CES  
CES  
CES

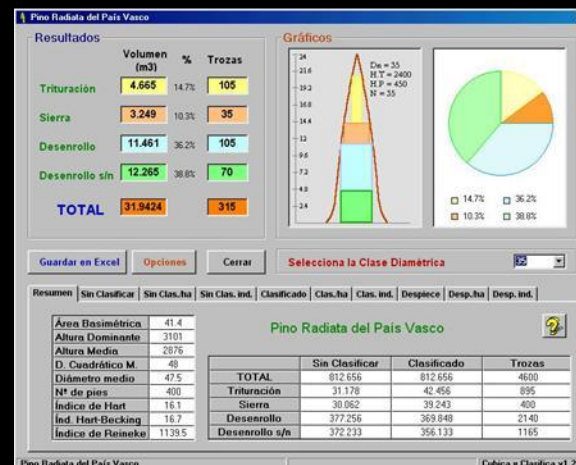
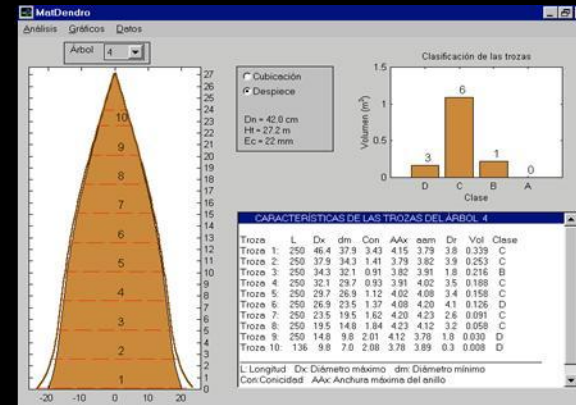
## OBJETIVOS

- Homogeneizar el sistema de cubicación y clasificar productos en los aprovechamientos forestales de CyL
- Reducir la toma de datos en campo durante el proceso del inventario forestal (se puede estimar el diámetro sin corteza y la altura total individual)
- Reducir el costoso proceso de apeo de árboles tipo para la construcción de tarifas de cubicación
- Calcular la biomasa y sus distintas fracciones



# Antecedentes a cubiFOR

- F. RODRÍGUEZ, J. RODRÍGUEZ (2000): MatDendro v1.0: Programa para el cálculo de existencias con clasificación de productos. Montes: Revista de ámbito forestal. 62:13-16
- F. RODRÍGUEZ, M. BROTO (2003): Cubica v1.2: Programa informático para cubicar y clasificar productos a partir de los datos procedentes de un inventario. Montes: Revista de Ámbito Forestal. 72:21-29






# Antecedentes en la Administración

- Universidad de Santiago de Compostela (USC):  
Aplicativo de Cubicación mediante Tarifa de Clasificación de productos (Xunta de Galicia)

EXPEDIENTES...  
Expediente: 20 Especie: 28 Forma: 1

### Configuración de Destinos



Seleccionar	Descripción	Dmin	LTmin	LTmax	Precio
<input checked="" type="checkbox"/>	Destino 1	30	2	2,5	50
<input checked="" type="checkbox"/>	Destino 2	15	2	2,5	40
<input checked="" type="checkbox"/>	Destino 3	7	1,4	2,5	20

PROCESAR...

< ATRÁS

EXPEDIENTES...  
Expediente: 20 Especie: 28 Forma: 1



**Aplicativo de Cubicación mediante Tarifas de Clasificación de Productos**

**1 Codificación de Datos**

Neste primeiro procedemento farase a carga informatizada dos datos recollidos no estadiño de campo disposto no impreso S/GFSXU-IM-072. Estes datos volcaránse en gabinete debendo comprobar que non existien erros antes de seguir co proceso de cubicación.

**Arbores Mostra**      **Conteo Diamétrico**

CODIFICAR ... ✓      CODIFICAR ... ✓

**2 Clasificación e Taxación**

Unha vez codificados os datos, mediante a aplicación de tarifas de cubicación con clasificación de produtos (tccp), poderase clasificar a madeira por destinos, permitindo realizar unha valoración económica (taxación) da produción dunha forma máis exacta.

CLASIFICAR ...

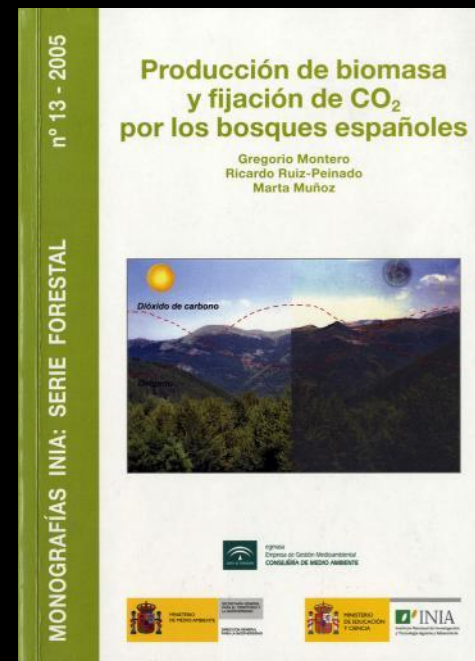
## Productos de Madera

Producto	Diámetros de trozas (cm)	Longitud Mínima (m)	Diámetro Normal (cm)
Desenrollo	$\geq 40$	3	$\geq 45$
Chapa p.	$\geq 40$	3	$\geq 45$
Sierra Gruesa	$\geq 40$	2,5	$\geq 45$
Sierra	$\geq 25$	2,5	$\geq 30$
Canter	$\geq 15$ y $\leq 28$	2,5	$> 15$ y $< 30$
Postes	$\geq 15$ y $\leq 28$	$\geq 6$ y $\leq 14$	$> 15$ y $< 30$
Apeas	$\geq 6$ y $\leq 16$	1,8	$\leq 15$ y $\geq 7,5$
Desintegración	$\geq 5$	1	$\geq 7,5$
Energía	-	-	Todos



# Productos de Biomasa

- Fuste
- Ramas
- Material grueso ( $\emptyset > 7\text{cm}$ )
- Material intermedio ( $\emptyset$ : 2 a 7cm)
- Material pequeño ( $\emptyset < 2\text{cm}$ )
- Hojas
- Raíces



MONTERO et al., 2005

## Productos de Biomasa - Cesefor

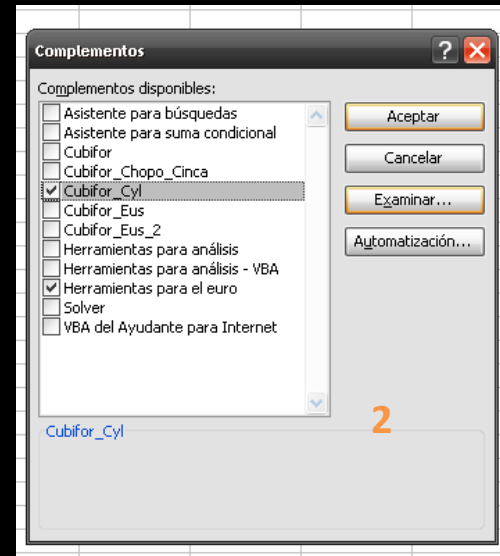
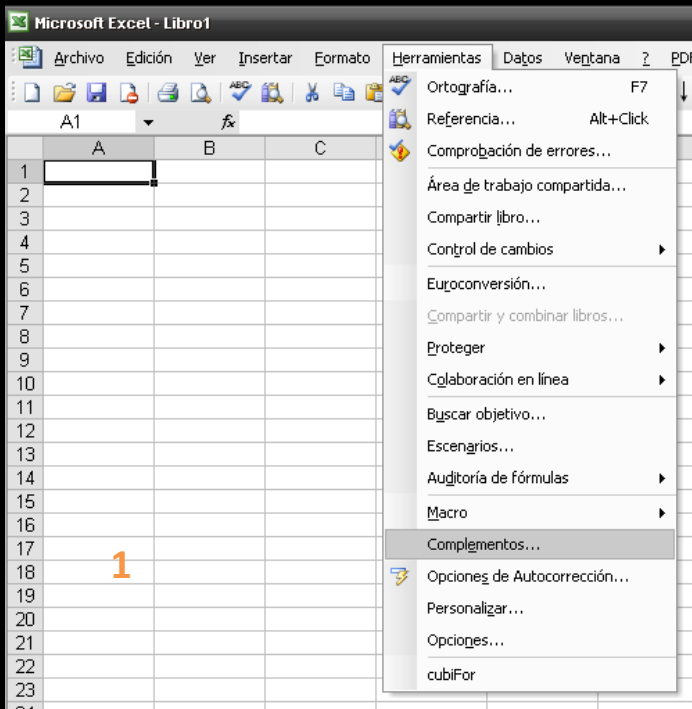
- Cubifor
- Productos de Madera
- Trituración
- Ramas y Hojas
- Raíces



# ¿Cómo funciona?



# Instalación en Excel 2003



# Instalación en Excel 2007

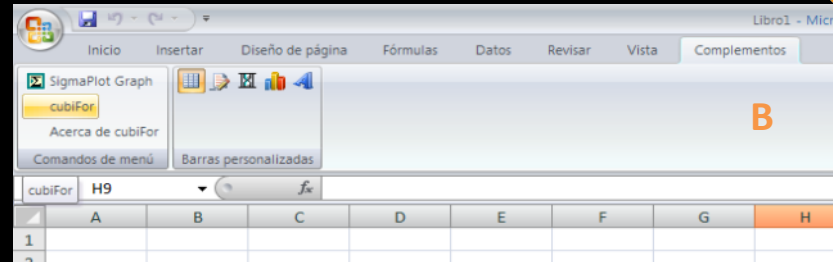
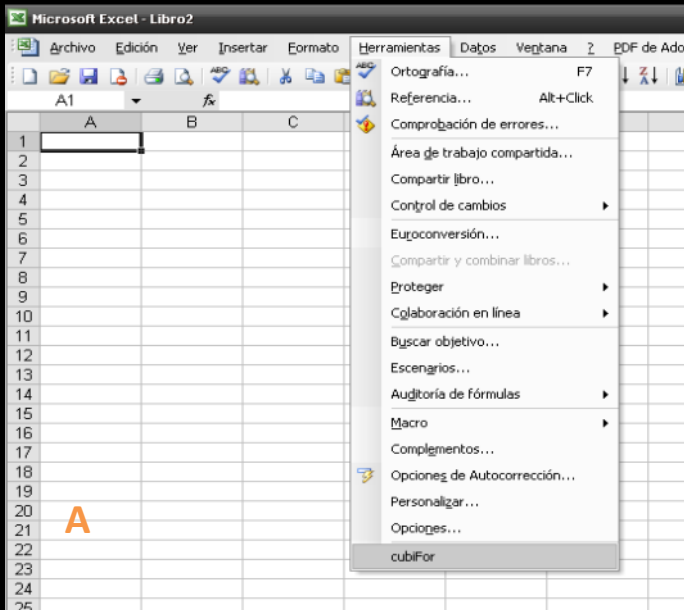
1

2

3

Nombre	Ubicación	Tipo
<b>Complementos de aplicaciones activas</b>		
Acrobat PDFMaker Office COM Addin	C:\_ce\FDFM\OfficeAddin.dll	Complemento COM
Cubifor_Cyl_N	C:\_rtor\cubifor_Cyl_N.xls	Complemento de Excel
Google Desktop Office Addin	C:\_Google\Desktop\Office.dll	Complemento COM
Herramientas para análisis	C:\_nalysis\ANALYSIS2.XLL	Complemento de Excel
Herramientas para análisis - VBA	C:\_nalysis\atpbaen.xlam	Complemento de Excel
Solver	C:\_y\SOLVER\solver.xlam	Complemento de Excel
<b>Complementos de aplicaciones inactivas</b>		
Asistente para búsquedas	lookup.xlam	Complemento de Excel
Asistente para suma condicional	sumif.xlam	Complemento de Excel
Contenido invisible	C:\_Office12\OFFRD.DLL	Complemento de Excel
Cubifor	C:\_soft\Addin\cubifor.xls	Complemento de Excel
Cubifor_Ar	C:\_mento\cubifor_AR.xls	Complemento de Excel
Cubifor_Cc	C:\_mento\cubifor_CC.xls	Complemento de Excel
Cubifor_Choppo_Cinca	C:\_bifor_Choppo_Cinca.xls	Complemento de Excel
Cubifor_Cyl	C:\_critorio\cubifor_Cyl.xls	Complemento de Excel
Cubifor_Eus	C:\_critorio\cubifor_Eus.xls	Complemento de Excel
Datos XML personalizados	C:\_Office12\OFFRD.DLL	Complemento de Excel
Encabezados y pies de página	C:\_Office12\OFFRD.DLL	Complemento de Excel

# Activación





# Activación

The screenshot shows the 'cubiFOR 2.0' application window. At the top, there is a menu for selecting a species: Silvestre, Piñonero, Laricio, Negral, Radiata, Sabina, Rebollo, Chopo, Haya, and Todas. Below this, there are two radio buttons: 'Natural' (selected) and 'Repoblado'. A table lists products with their diameters and lengths. Below the table, there are input fields for 'Diámetro Normal (cm)', 'Altura Total (m)', 'Frecuencia de Pies', and 'Especie según código IFN'. At the bottom, a large red button reads 'clasifica productos con cubiFor'.

Productos	Diámetro (cm)	Longitud (cm)
<input checked="" type="checkbox"/> Trituración	5 cm	250 cm
<input checked="" type="checkbox"/> Apeas	6 cm	250 cm
<input checked="" type="checkbox"/> Canter	15 cm	250 cm
<input checked="" type="checkbox"/> Sierra	40 cm	250 cm
<input checked="" type="checkbox"/> Chapa	40 cm	300 cm

- 1 - Selecciona la especie
- 2 - Marca sus caracteres distintivos
- 3 - Selecciona y define los distintos productos
- 4 - Introduce los datos
- 5 - Cubica con cubiFOR



## Especies y códigos

Espece	Carácter distintivo	Código IFN3
Pino silvestre	Natural	21
Pino silvestre	Repoblado	210
Pino piñonero	--	23
Pino laricio	Natural	25
Pino laricio	Repoblado	250
Pino negral	Cerrado (No resinado)	26
Pino negral	Abierto (Resinado)	926
Pino radiata	--	28
Sabina	--	38
Rebollo	--	43
Chopo	Clon I-214	58
Haya	--	71



## Agradecimientos

Este trabajo ha sido financiado por la **Junta de Castilla y León**. En él han colaborado la técnicos de la Junta de Castilla y León, la Universidad de Valladolid, el Instituto Nacional de Investigación y Tecnología Agraria y Alimentaria, Agresta Soc. Coop y Sayfor.



**Gracias por su atención ....**

**<http://www.cesefor.com/cubifor>**

**[cubifor@cesefor.com](mailto:cubifor@cesefor.com)**

