



**“Soluciones
innovadoras
para optimizar
la rentabilidad
forestal y de la
madera”**



SIGCA

Gestión Forestal para
Bosques de Madera de Calidad



www.sigcamaderadecalidad.info



Aplicación de Técnicas No Destructivas en la valorización de la calidad de la madera

Esther Merlo Sánchez

**MADERA PLUS CALIDAD
FORESTAL S.L.**

www.maderaplus.es

Soria 17/10/2017)



Empresa de Ingeniería e Investigación Forestal y de la Madera apostando por la **INNOVACIÓN** y la **CALIDAD TECNOLÓGICA DE LA MADERA** en la **cadena de suministro** para una puesta en valor del sector forestal.

Promovemos la caracterización de la calidad tecnológica de la madera desde el árbol en pie, madera en rollo y madera aserrada según los requerimientos de la industria, utilizando diferentes tecnologías no destructivas.

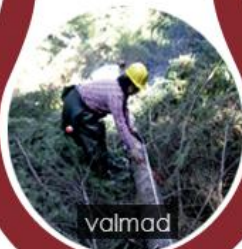
selvimad



serramad



valmad



construmad



madeco2



Actuaciones en I+D+i

- Modelización de la calidad desde el árbol en pie
- Influencia de la silvicultura
- Rentabilidad final
- Nuevas tecnologías
- Caracterización temprana

.Servicios al sector

- Consultoría Forestal
- Asesoramiento técnico
- Clasificación de madera
- Caracterización de calidad

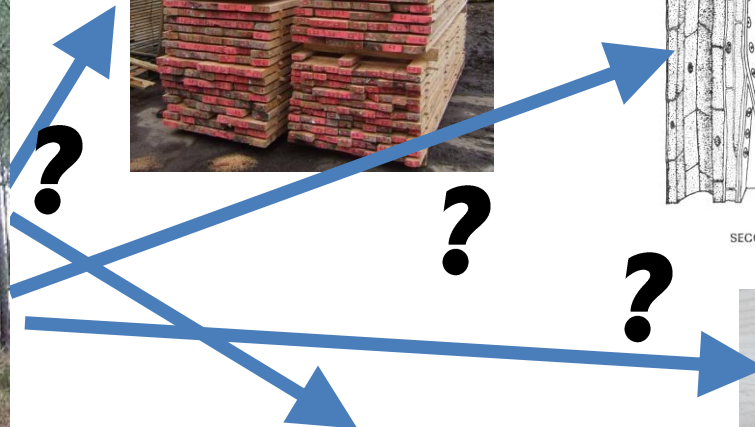
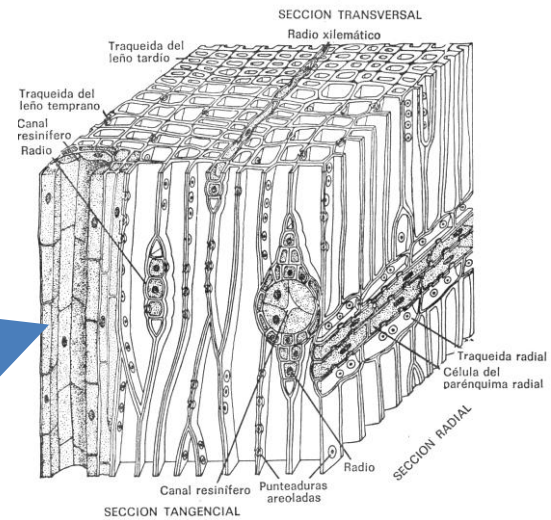
www.maderaplus.es

Calidad tecnológica

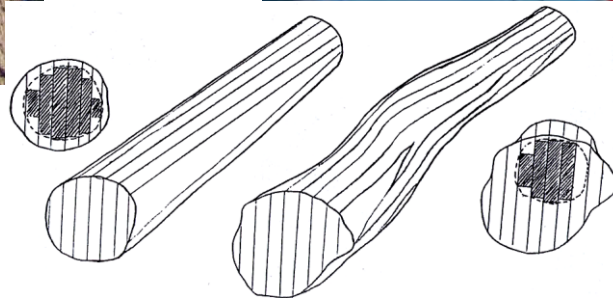
Cómo medirla

Aplicación industrial

Calidad de la madera



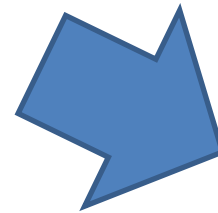
Caracteres externos de calidad: forma



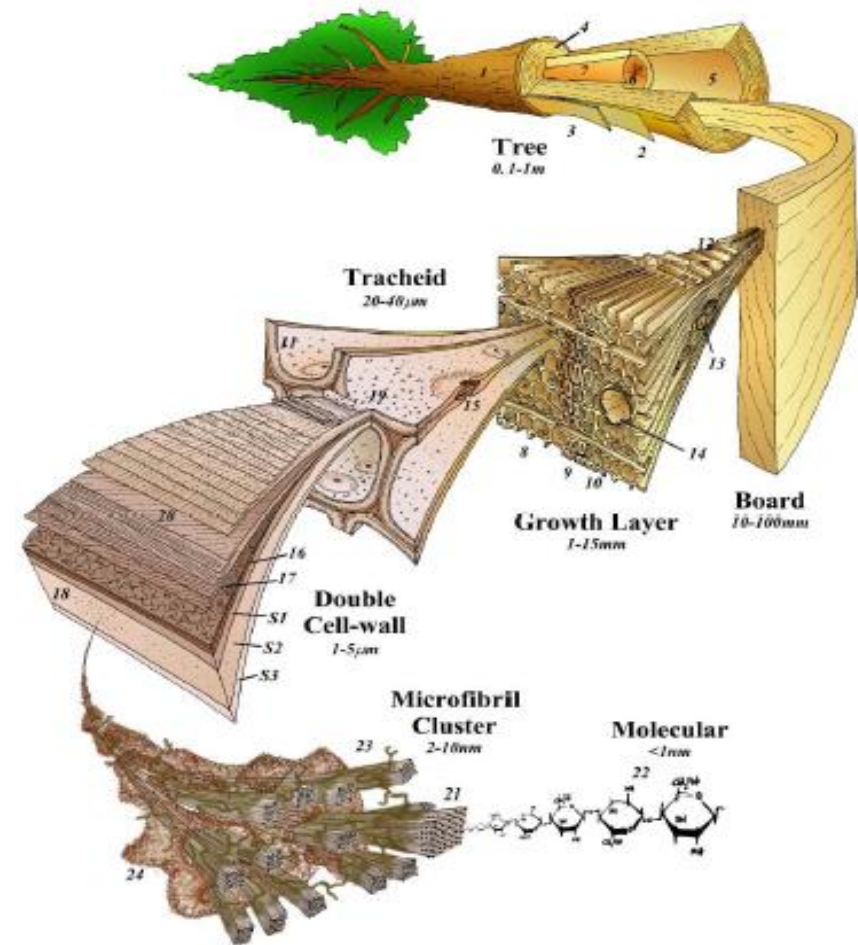
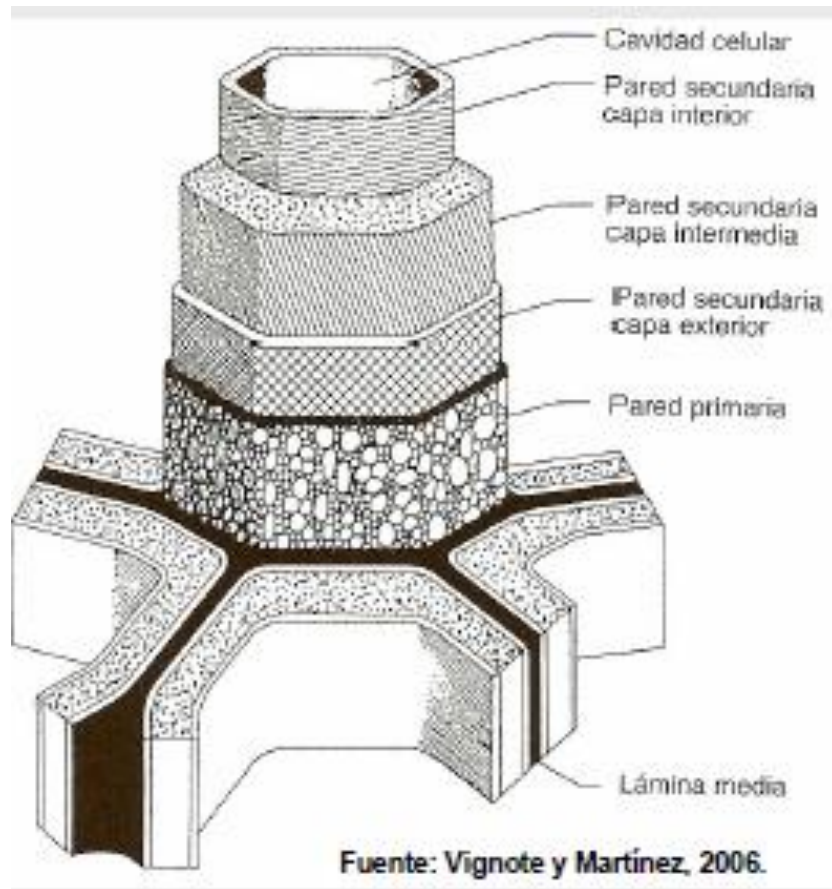
Caracteres externos de calidad: nudos



Caracteres internos: la calidad tecnológica



Caracteres internos: *anatómicos y estructurales*



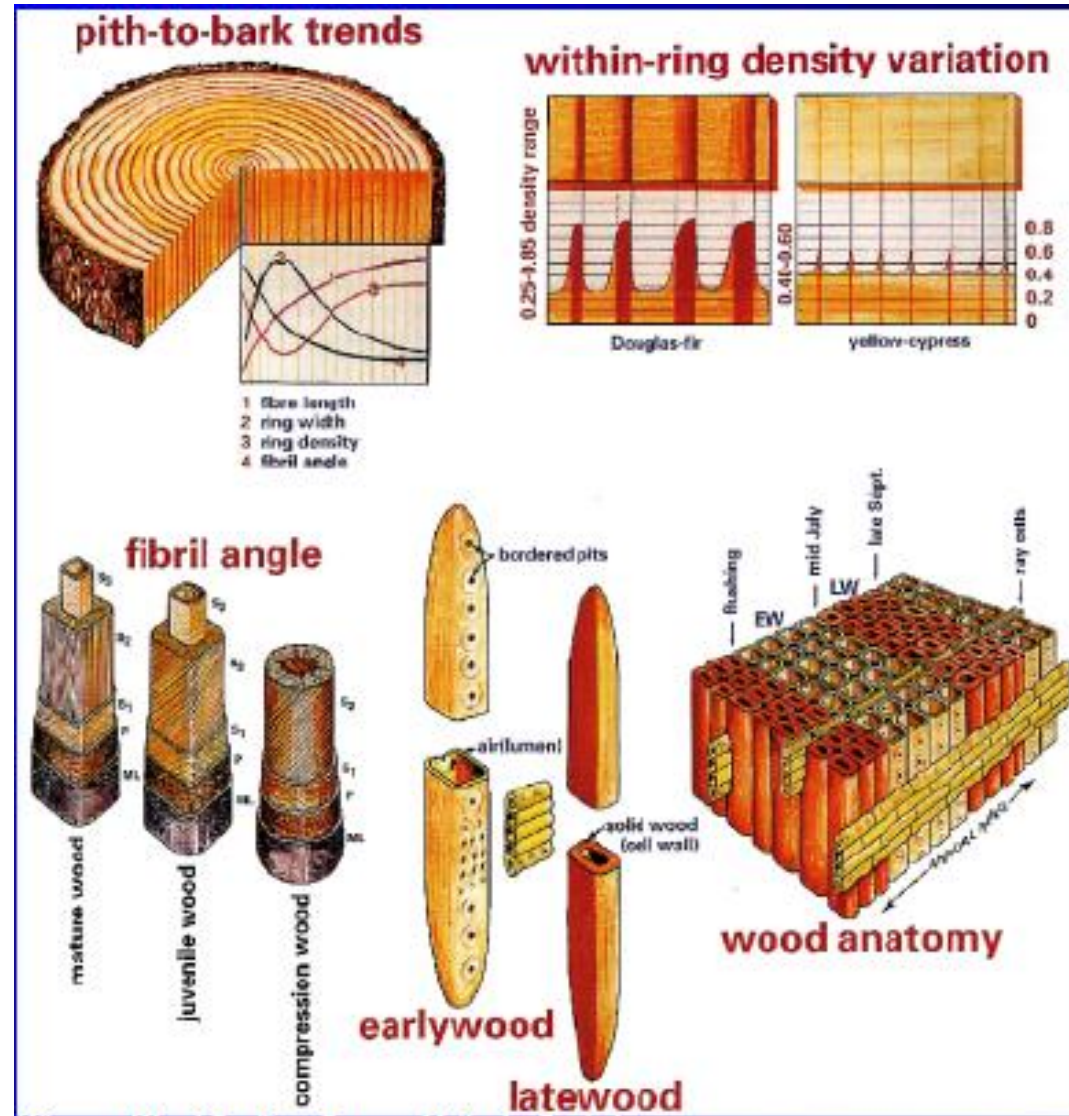
© Prof.Dr.Rupert Wimmer: Wood Quality – Causes, Methods, Control

Dentro del anillo

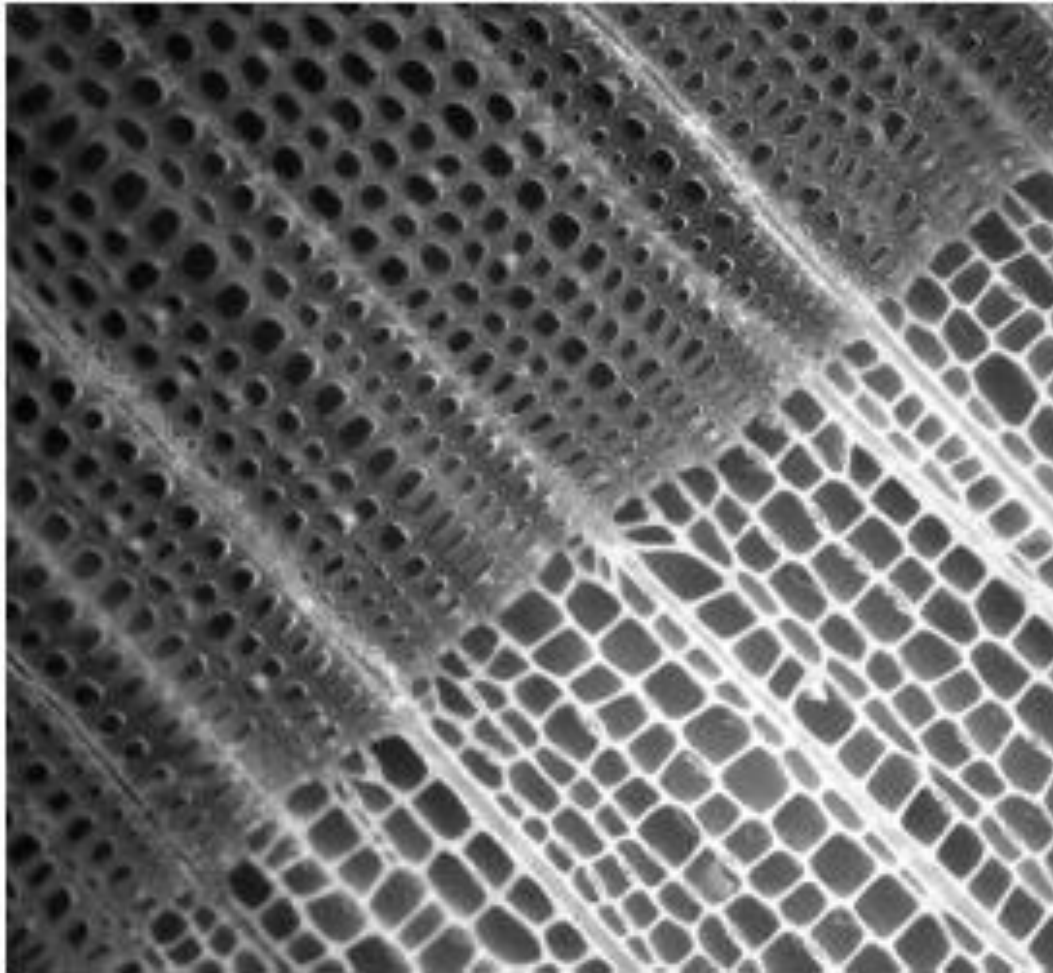
De médula a corteza

En altura

Otros: Madera de reacción



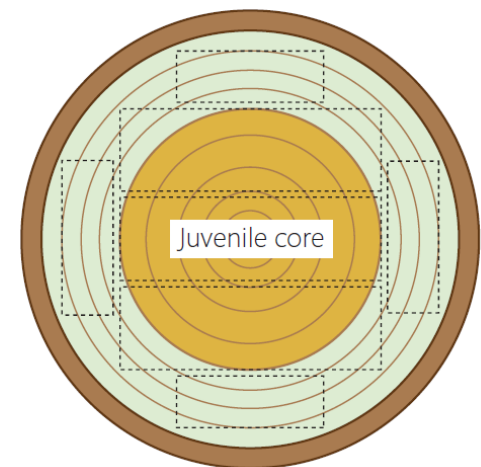
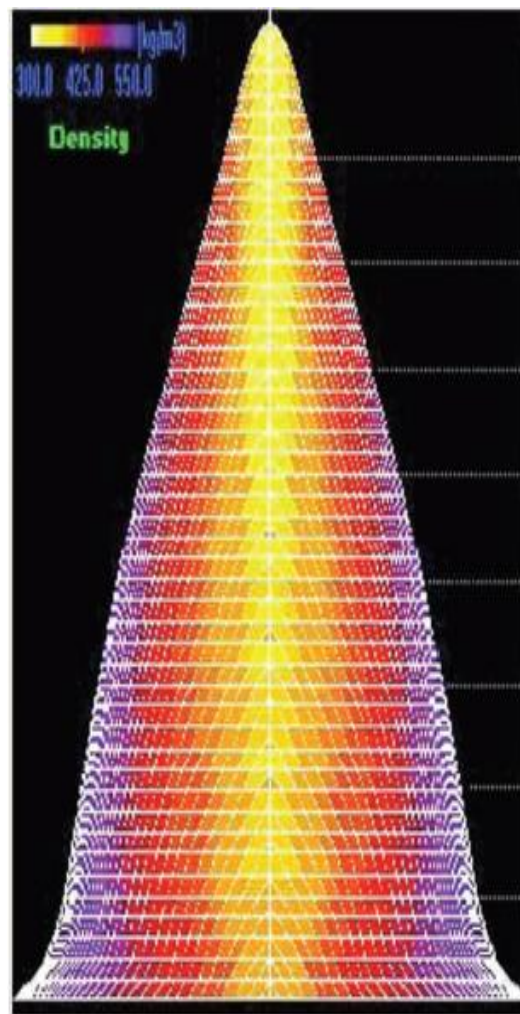
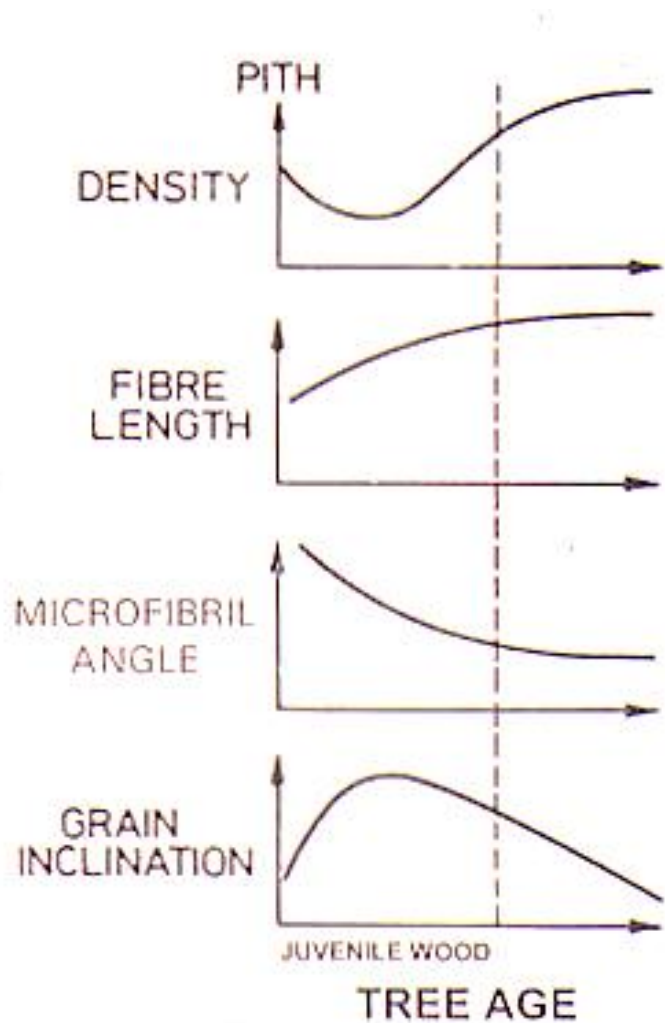
Variación dentro del anillo: madera temprana y tardía



Alex C. Wiedenhoef and Regis B. Miller
USDA, Forest Service, Forest Products Laboratory, Madison, WI

0-8493-1588-3/05/\$0.00+\$1.50
© 2005 by CRC Press LLC

Variación de médula a corteza: madera juvenil y adulta





Propiedades mecánicas



Propiedades químicas

Calidad tecnológica

Cómo medirla

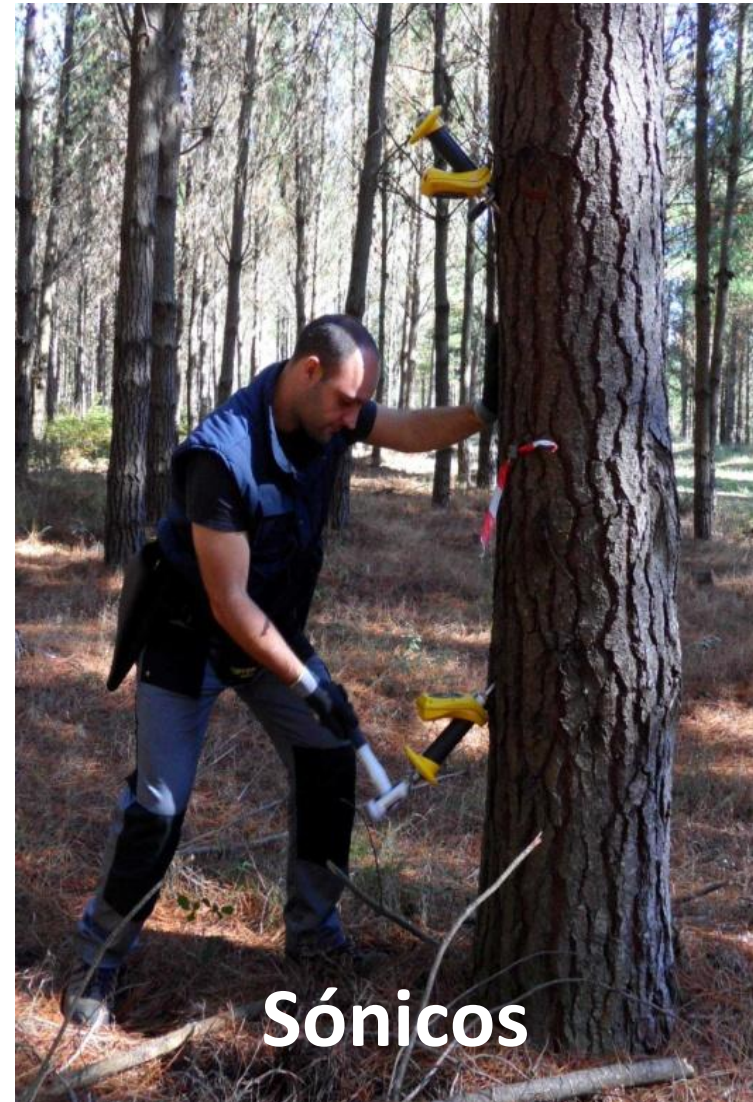
Aplicación industrial



Resistografo



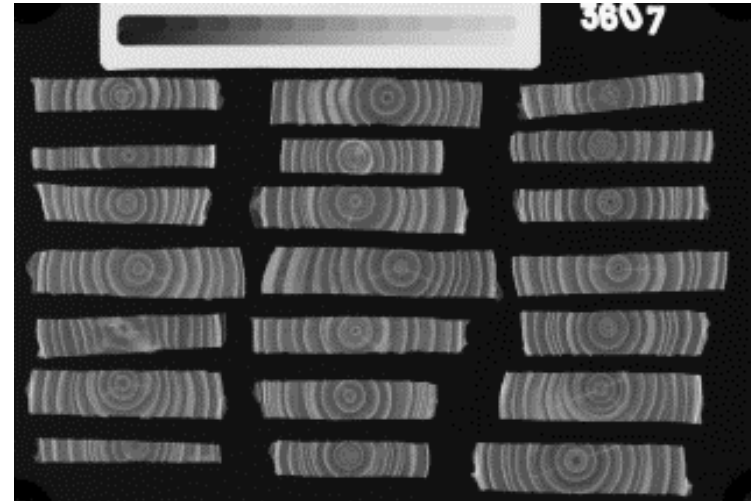
NIR



Sónicos

Propiedades tecnológicas evaluadas

MOE, MOR



Fiber lenght



MFA



Modelización de métodos no destructivos



Ensayos no destructivos

Estimación

- Resistencia
- Módulo de elasticidad
- Densidad

Medición de árboles en pie

Correlación
Ajuste de modelos

Cálculo de valores reales

Ensayos destructivos de caracterización mecánica

Medición de trozas

Medición de madera aserrada



Modelos de predicción



Desde planta pequeña o árbol adulto

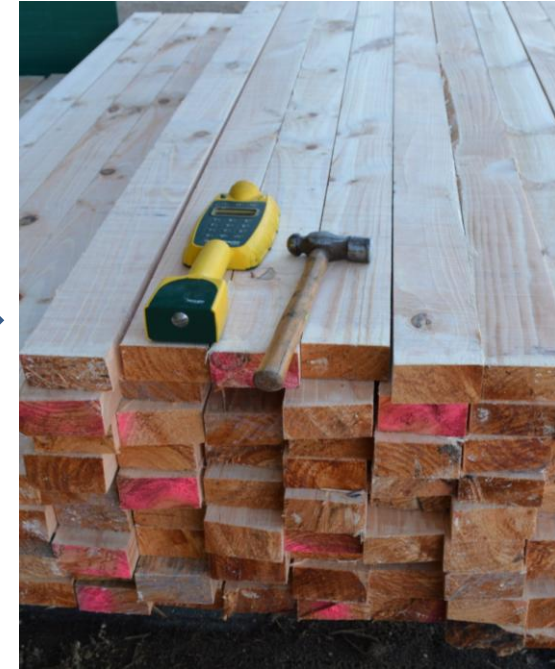
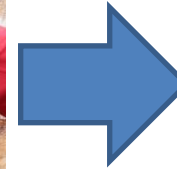
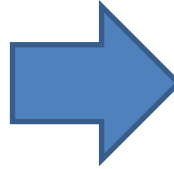


Desde troza



Desde madera aserrada





Predicción de propiedades mecánicas



Calidad tecnológica

Cómo medirla

Aplicación industrial

La calidad tecnológica repercute en el precio final del producto

Table 2. Approximate prices (A\$) for structural lumber for premium, framing and utility grades. The same premium/discount applies broadly to board grades.

Product	Price/m ³	Premium/discount
MGP12	\$475	\$45 or 11%
MGP10	\$430	
Pallets/boxing/dunnage	\$220	\$210 or 49%

CE

01234

AnyCo Ltd

10

M / Dry Graded

AnyCo No. 789/2010

C 24

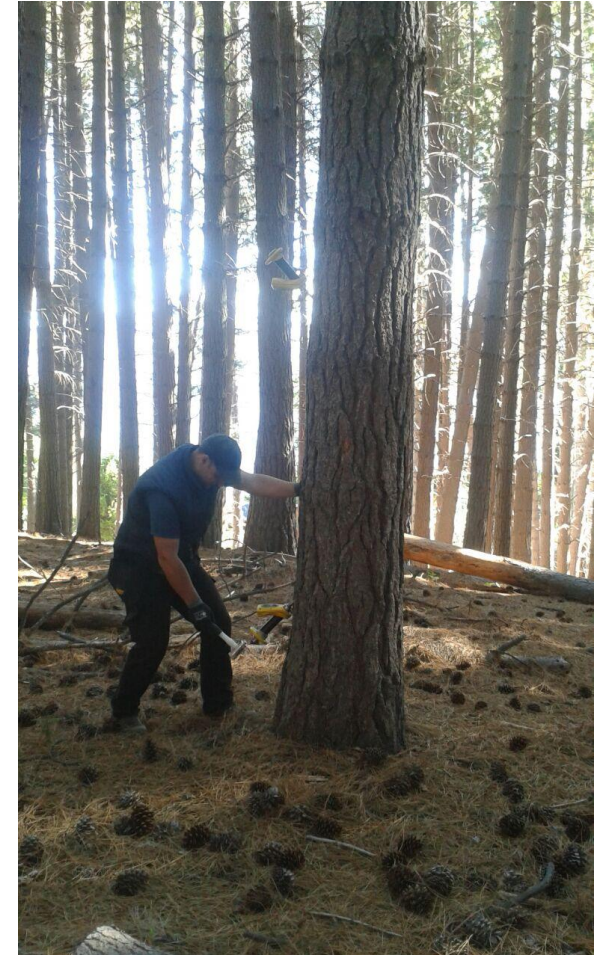


Teoría rigidez-onda

- La **acústica** se encarga del estudio de las vibraciones y ondas mecánicas en medios materiales.
- La velocidad de propagación de una onda acústica depende de la vibración de las partículas elementales del medio donde se propaga y está directamente relacionada el módulo de elasticidad del medio en el que se desplaza e inversamente con la densidad del material.
- Según la Teoría rigidez-onda

$$MOE_{din} = \rho \cdot V^2$$

Aplicando la ley de Hooke y Segunda Ley de Newton



Clasificación a máquina

EUROPEAN STANDARD

EN 14081-4

NORME EUROPÉENNE

EUROPÄISCHE NORM

ICS 79.040; 79.120.10

English Version

Timber structures - Strength graded structural timber with rectangular cross section - Part 4: Machine Grading -Grading machine settings for machine controlled systems





ABNT/ONS-58
PROJETO 58:000.05-001
ABRIL:2007

NBR 15521: Ensaio não destrutivo — Ultra-som — Classificação mecânica de madeira serrada de dicotiledôneas

Non-destructive testing — Ultrasonic testing — Mechanical classification of dicotyledonous sawn wood

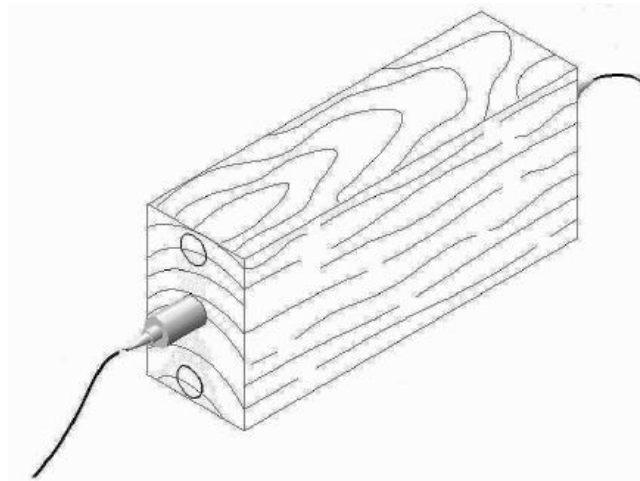


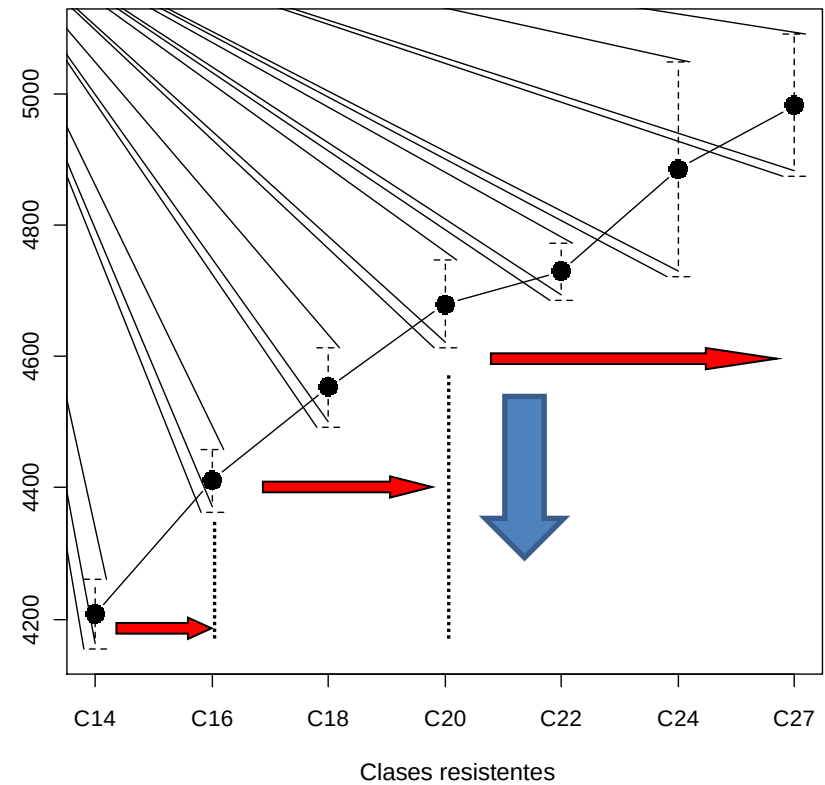
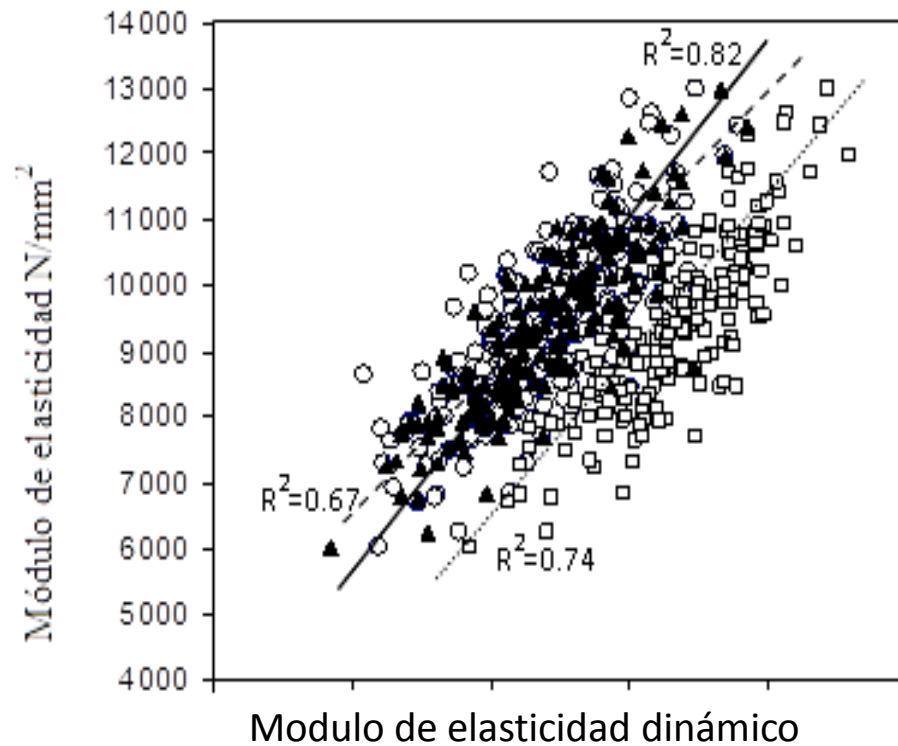
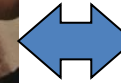
Tabela 2 — Classificação por ultra-som da madeira de dicotiledônea (UD)

Classe ^a	V_{LLsat} m/s	C_{LL} 12 % MPa	E_M 12 % MPa	$f_{c0,k}$ 12 % MPa	$E_{c0,m}$ 12 % MPa
UD - 20	$V_{LLsat} < 3\,040$	$< 10\,620$	$< 6\,750$	20	8\,000
UD - 25	3\,040 – 3\,690	10\,620 – 13\,000	6\,750 – 10\,420	25	12\,000
UD - 30	3\,690 – 3\,950	13\,000 – 15\,400	10\,420 – 13\,020	30	14\,000
UD - 35	3\,950 – 4\,140	15\,400 – 17\,800	13\,020 – 14\,920	35	15\,000
UD - 40	4\,140 – 4\,300	17\,800 – 20\,150	14\,920 – 16\,520	40	16\,500
UD - 45	4\,300 – 4\,390	20\,150 – 22\,500	16\,520 – 17\,420	45	18\,500
UD - 50	4\,390 – 4\,490	22\,500 – 24\,900	17\,420 – 18\,420	50	19\,500
UD - 55	4\,490 – 4\,600	24\,900 – 27\,300	18\,420 – 19\,120	55	20\,500
UD - 60	$V_{LLsat} > 4\,600$	$> 27\,300$	$E_M > 19\,120$	60	21\,200

Clasificación madera estructural



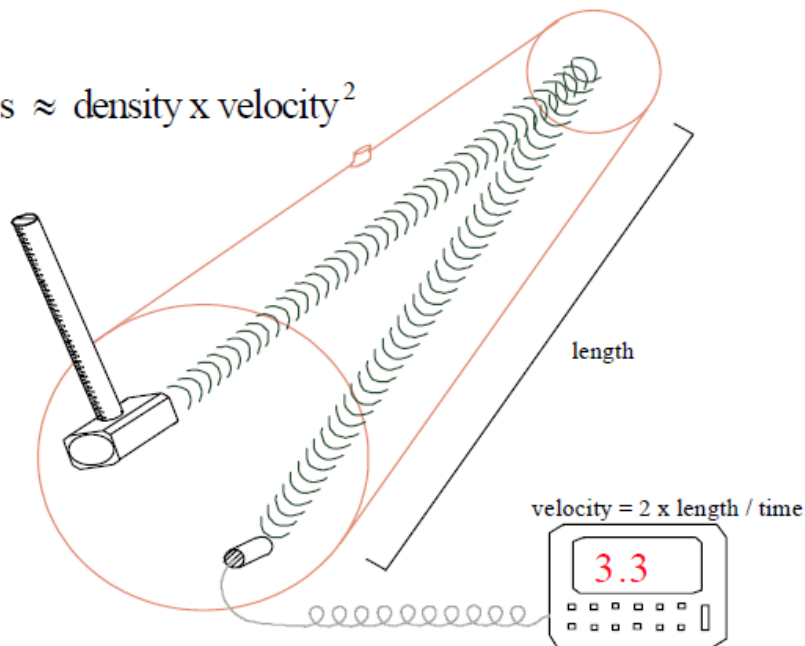
Madera Aserrada Estructural



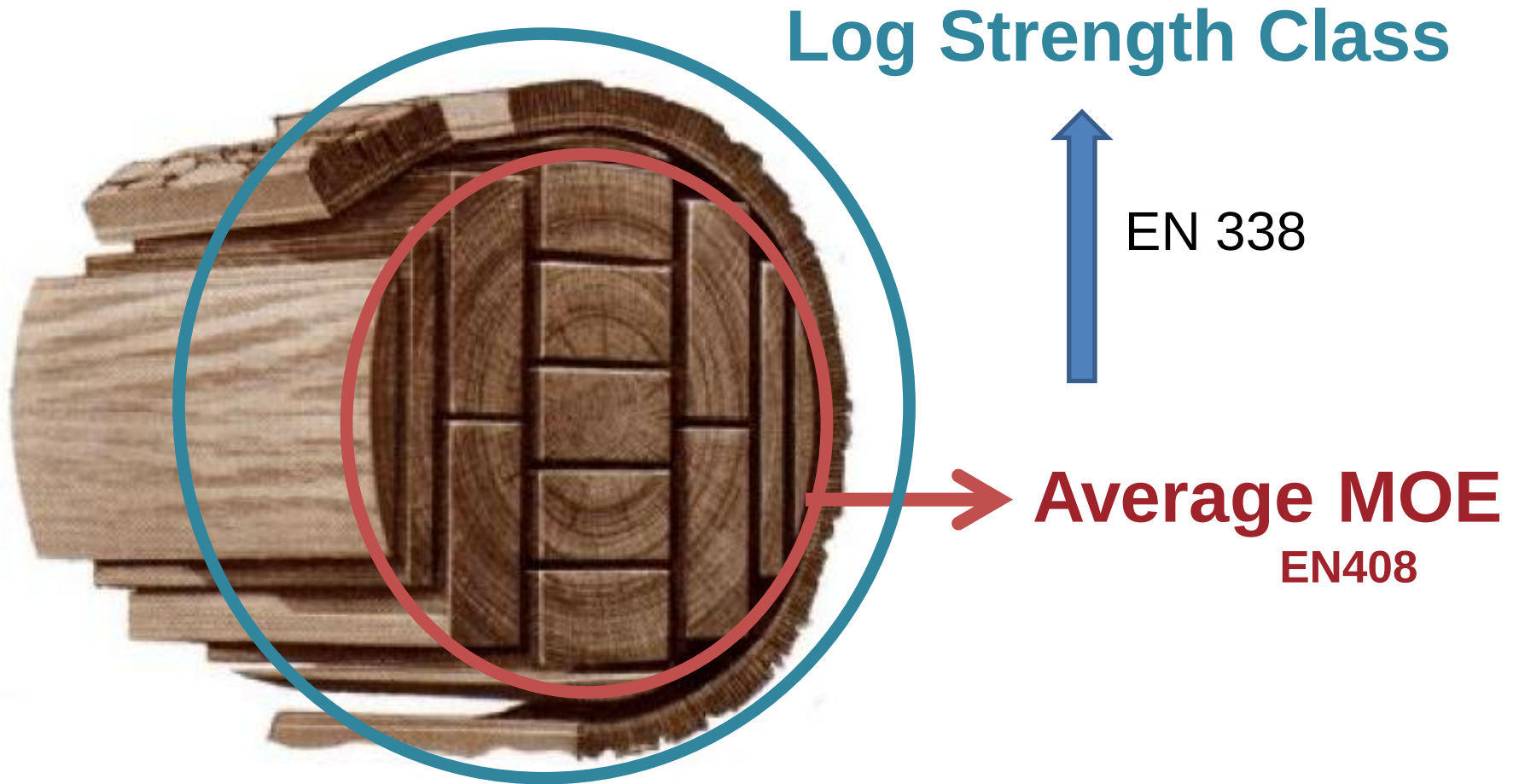
Caracterización de trozas



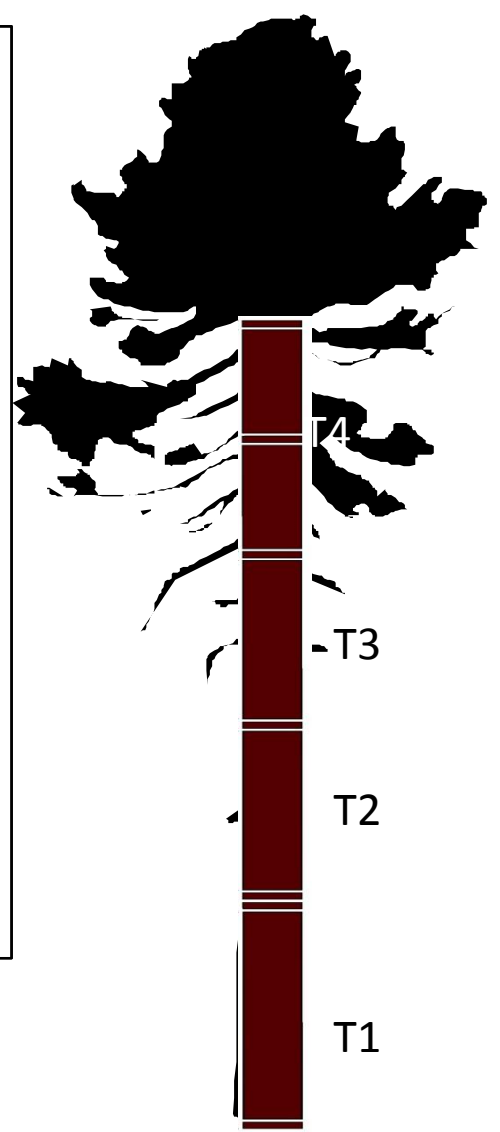
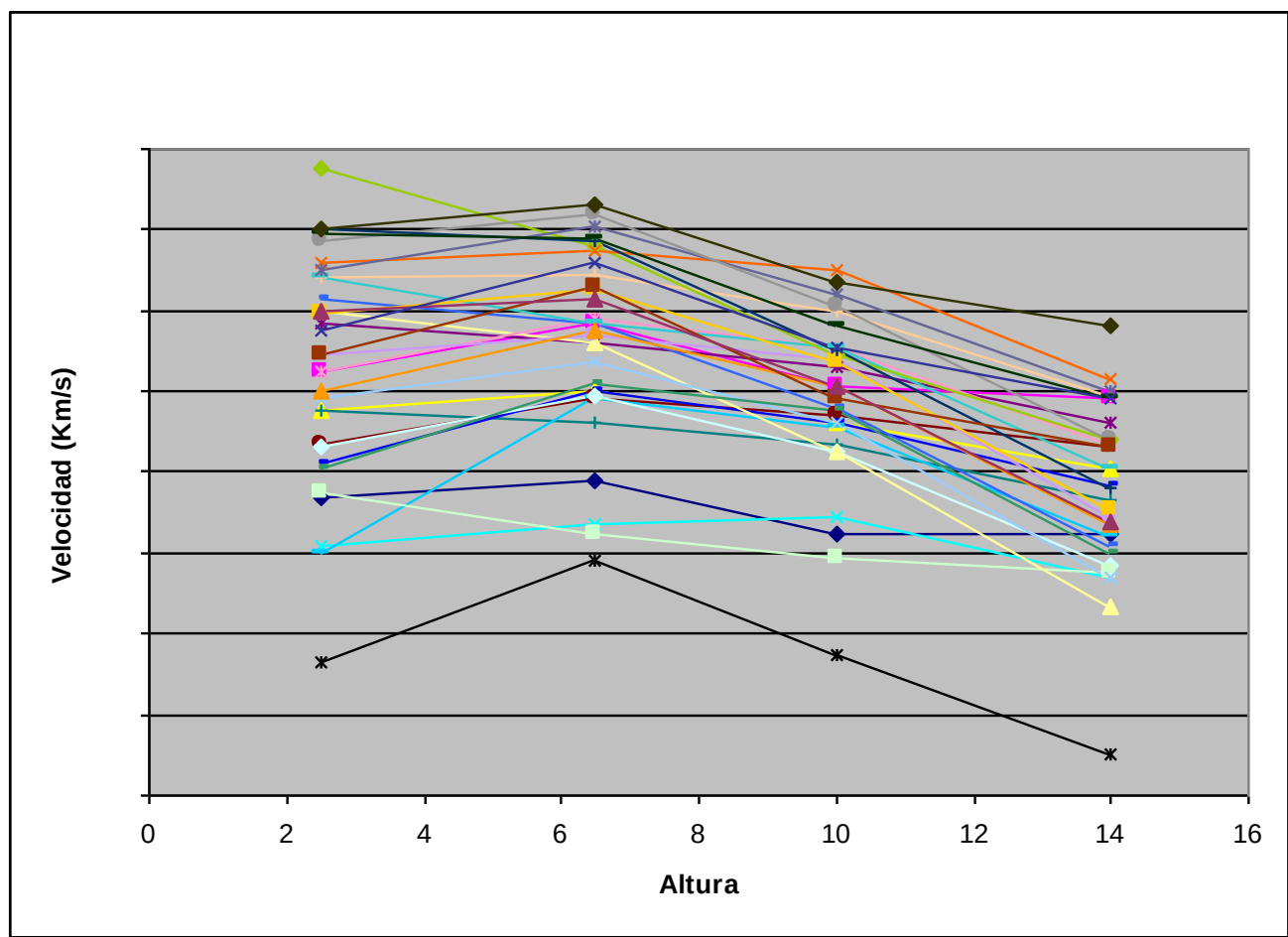
stiffness $\approx$ density $\times$ velocity²



$$v = \frac{2f_i L}{i}$$



Selección de trozas con métodos sónicos

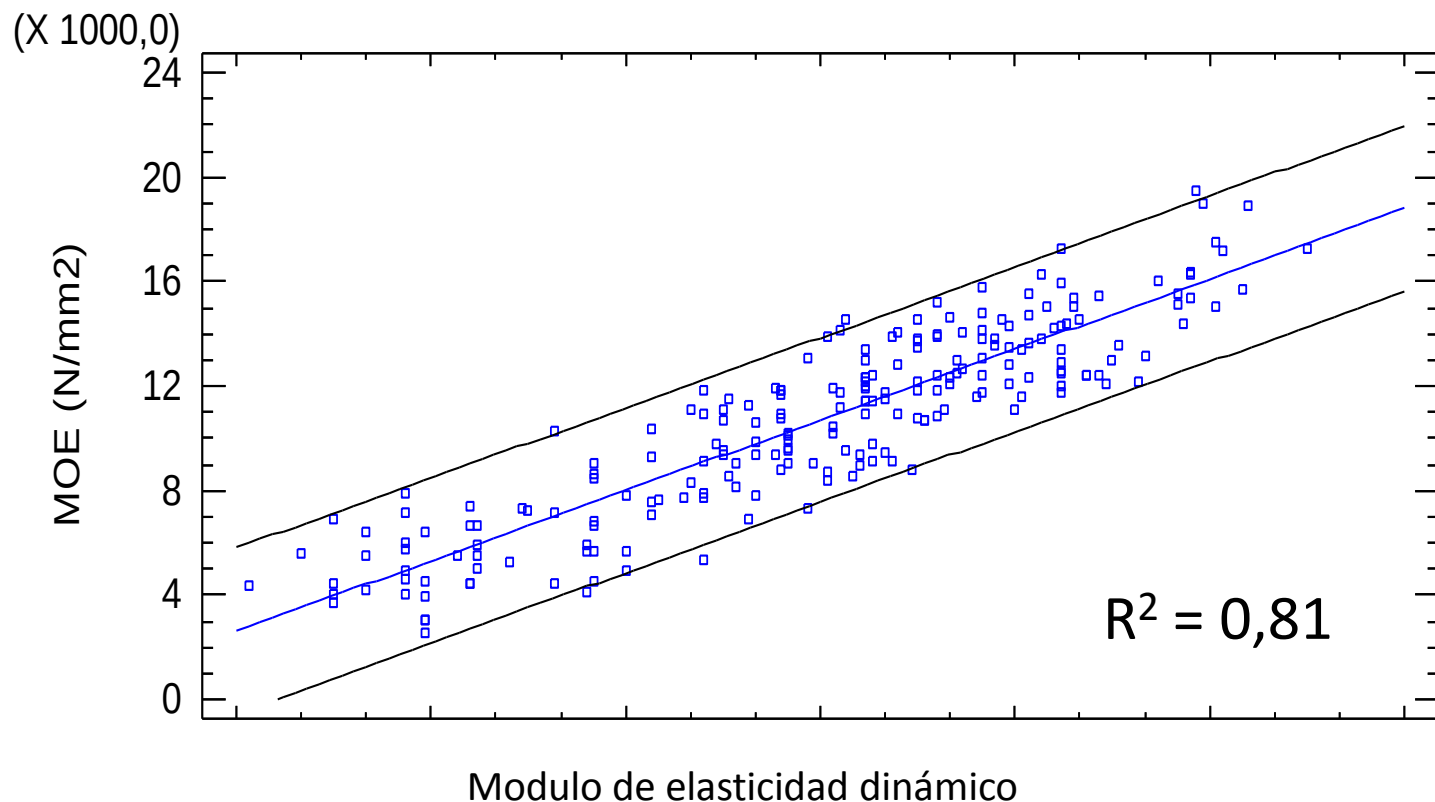


Modelos de predicción desde trozas

Pinus pinaster



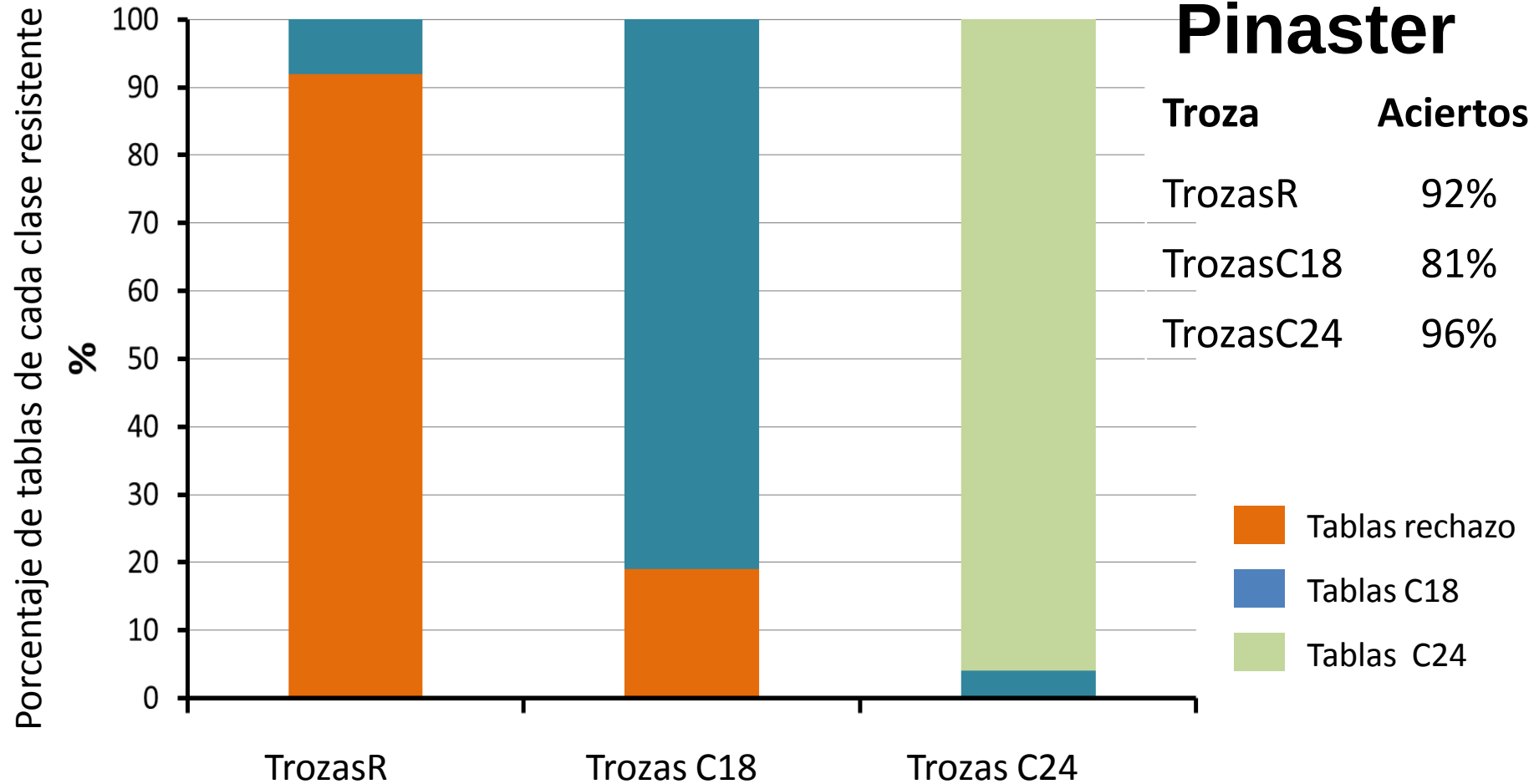
Correlación



Clasificación de trozas de madera estructural



Selección acústica de trozas por clase resistente media



Clasificación de trozas madera estructural



Selección acústica de trozas. Efecto en la rentabilidad industrial

- La clasificación acústica de trozas mejora del rendimiento de clasificación visual en un **7,4%**. (Dada la baja eficiencia de la clasificación visual, se estima una mejora del 30% si la clasificación de las piezas fuese mecánica)
- Mejora del beneficio económico. **6,20 €** por tonelada de rolla procesada. (Podría triplicarse, 18 €, si la clasificación de las piezas fuese mecánica)

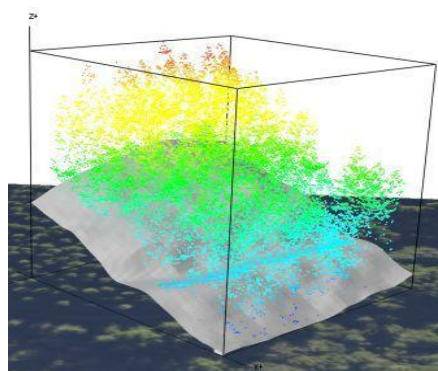
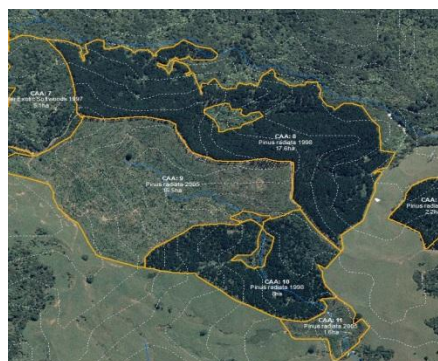


Beneficio clasificación (€/m³)	13,65
Beneficio clasificación (€/T rolla)	6,20

60.000 T/año ➡ **372.000 €/año**



Modelización de calidad de madera sobre árbol en pie. Antecedentes





Modelización de calidad estructural de madera desde árbol en pie

Instituto Nacional de Investigación y Tecnología Agraria y Alimentaria (INIA)
 Available online at www.inia.es/forestsystems
<http://dx.doi.org/10.5424/fs/2014231-04706>

Forest Systems 2014 23(1): 0-0
 ISSN: 2171-5068
 eISSN: 2171-9845

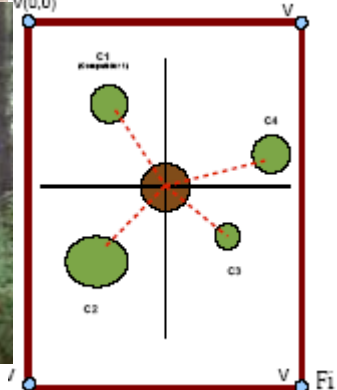
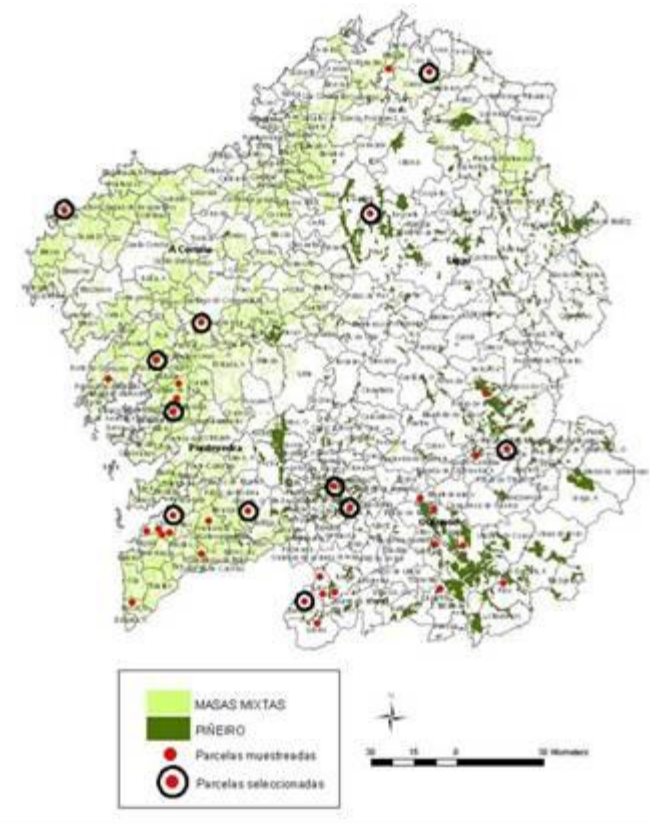
Modelling modulus of elasticity of *Pinus pinaster* Ait. in northwestern Spain with standing tree acoustic measurements, tree, stand and variables

Esther Merlo^{1*}, Juan Gabriel Alvarez-Gonzalez², Oscar Santaclara¹
 and Guillermo Riesco²

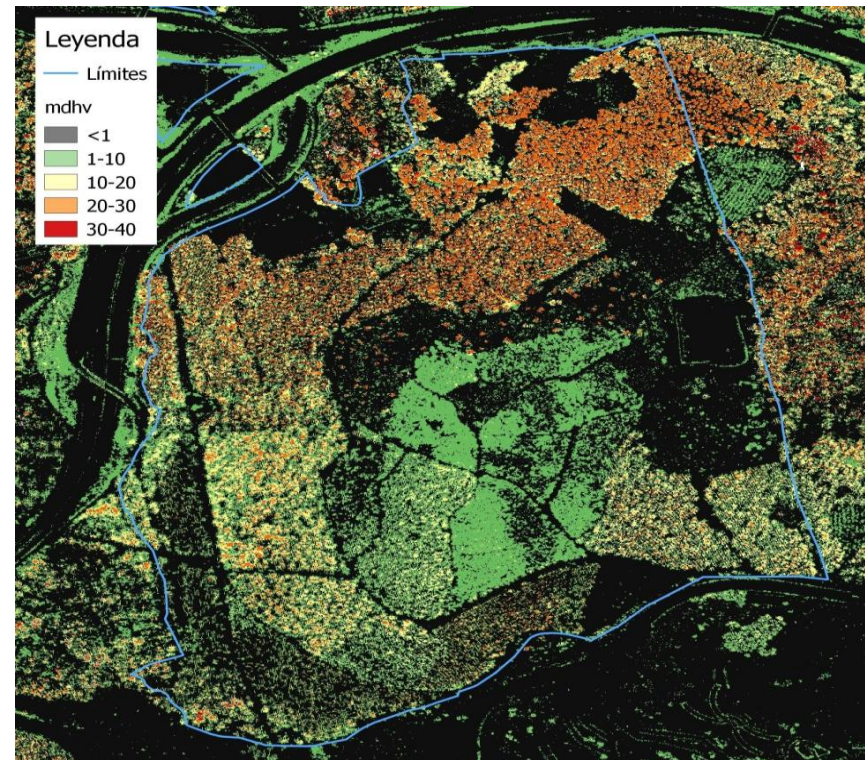
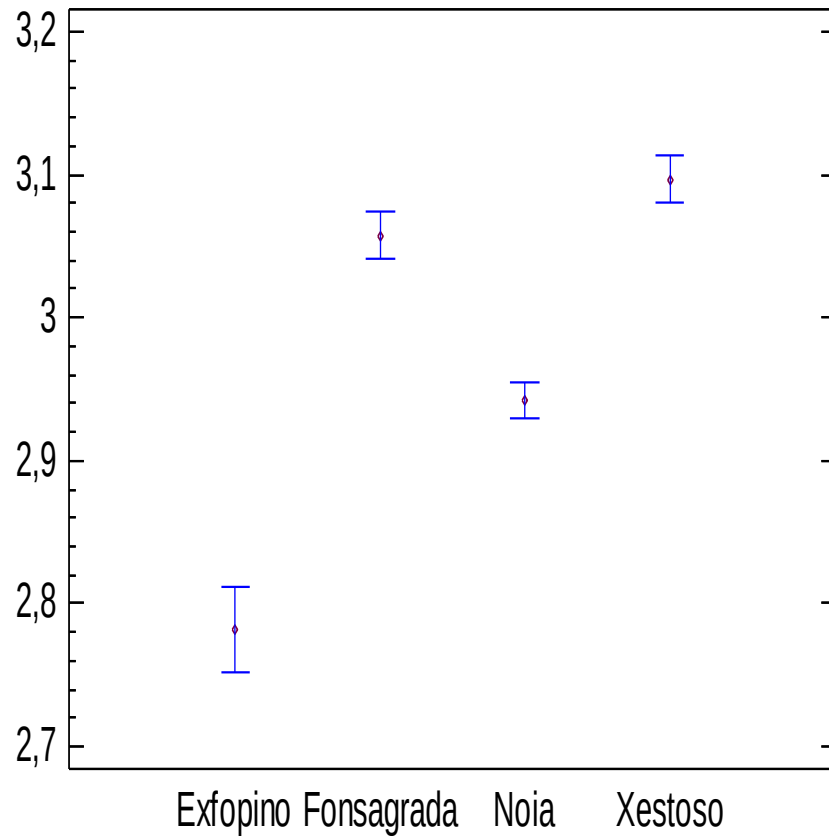
¹ *Madera Plus Calidad Forestal, S.L. Parque Tecnológico de Galicia. Rúa de Vigo, 2.
 32900 San Cibrao das Viñas (Ourense), Spain.* ² *Departamento de Ingeniería Agroforestal.*

*Unidad de Gestión Forestal Sostenible. Universidad de Santiago de Compostela. Escola Politécnica Superior.
 Campus Universitario, s/n. 27002 Lugo, Spain*

Modelización para *Pinus pinaster*



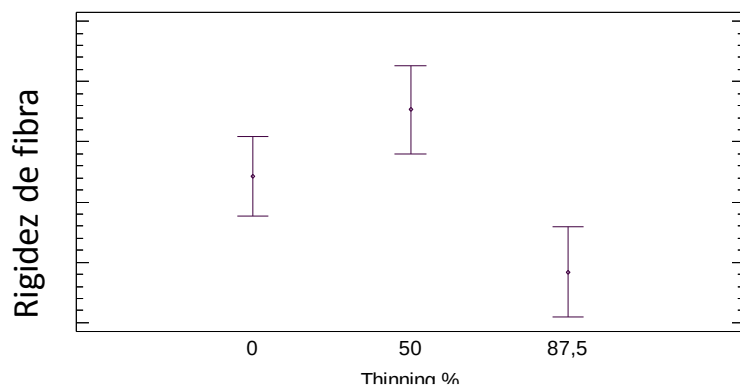
Selección de parcelas



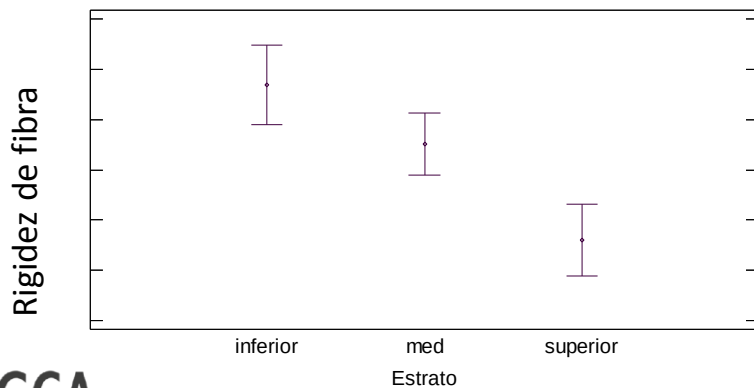


Influencia de las claras

Means and 95,0 Percent LSD Intervals



Means and 95,0 Percent LSD Intervals

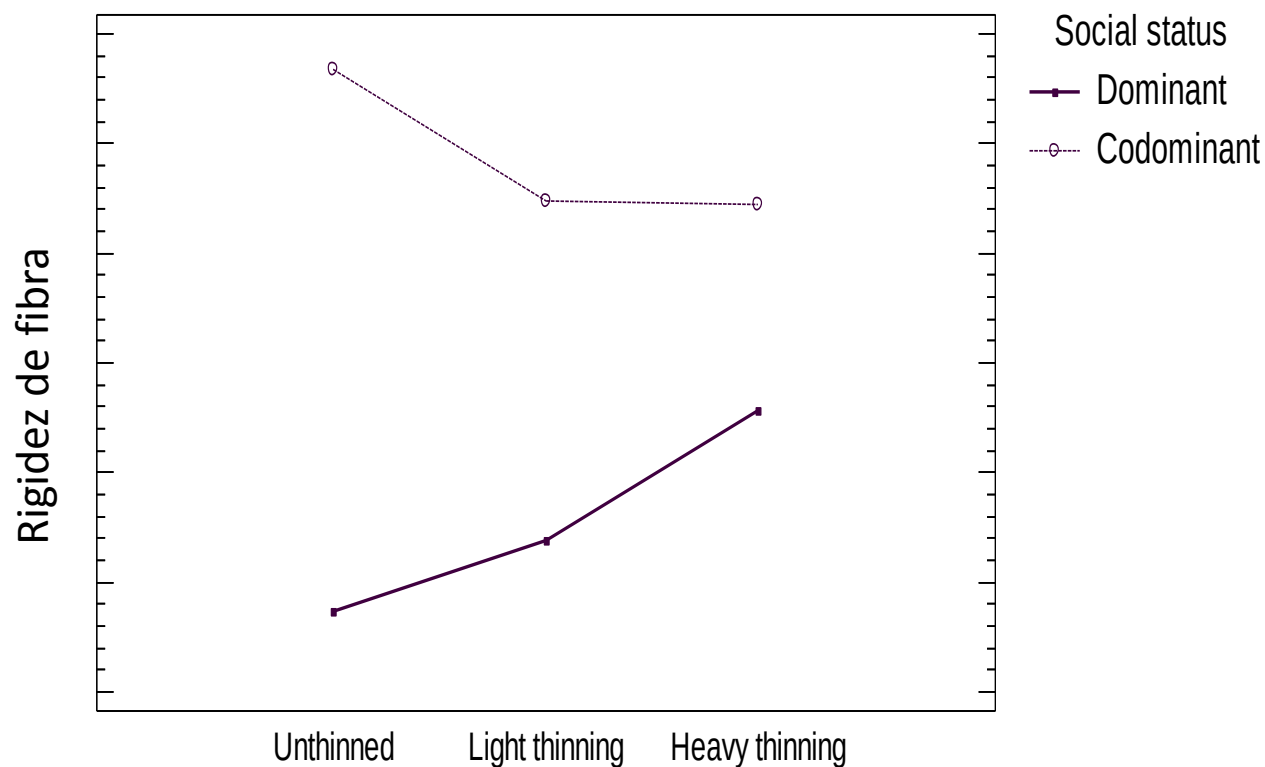




H2020-MSCARISE-
TOPWOOD-645654



Influencia de la selvicultura



Influencia del diámetro del árbol y del estatus social en la rigidez de la madera.
Efecto de las claras para homogeneizar las propiedades mecánicas de la masa

Validación de modelos en Pinus radiata



Validación de modelos en Araucaria Angustifolia



H2020-MSCARISE-
TOPWOOD-645654



Validación de modelos en Ponderosa pine



H2020-MSCARISE-
TOPWOOD-645654



La tecnología al servicio de la cadena monte-industria

Gracias por su atención

Esther Merlo Sanchez

www.maderaplus.es



Combatiendo el fuego con gestión y valorización de las masas.....