

## Caracterización de la calidad y las propiedades de la madera de Pino Laricio (*Pinus nigra* Arn. *Salzmannii*)

J.I. Fernández-Golfín <sup>1</sup> \*, M.R. Díez <sup>1</sup>, M.V. Baonza <sup>1</sup>, A. Gutiérrez <sup>1</sup>, E. Hermoso <sup>1</sup>,  
M. Conde <sup>1</sup>, V. Van den Eynde <sup>2</sup>

<sup>1</sup> Centro de Investigación Forestal (CIFOR-INIA).  
Carretera de La Coruña km. 7,5, 28040 Madrid

<sup>2</sup> Ayuntamiento de Cuenca Maderas S.A., Apartado 57, 26080 Cuenca  
golfin@inia.es

### RESUMEN

Se ha llevado a cabo un completo estudio de caracterización de la madera de pino laricio subespecie *Salzmannii* (*Pinus nigra* Arn. subsp. *Salzmannii*), especie que ocupa en España un total de 352.954 Has, siendo la producción de madera en rollo (c.c.) de 310.000 m<sup>3</sup>.

El estudio de caracterización tecnológica de la madera de *P. nigra* Subsp. *Salzmannii* se centra sólo en tres (Región 6 «Alto Maestrazgo», Región 7 «Sistema Ibérico Meridional» y Región 8 «Cordilleras Béticas») de las 10 Regiones de procedencia distintas existentes para la especie, dado el especial interés de estas masas y por representar por sí solas el 70,57 % de la superficie ocupada por la especie en España y prácticamente el 95 % del aprovechamiento maderero regular y de calidad.

Para ello se ha seleccionado una muestra compuesta por un total de 107 árboles procedentes de 11 zonas de muestreo distintas, de los que se han extraído 507 trozas. La muestra de ensayo estuvo compuesta por 2886 tablas de 2, 3 y 4 metros de longitud, 500 discos y un número muy elevado de pequeñas probetas libres de defectos. Todos los ensayos fueron efectuados según normas. La aptitud al secado y su calidad fueron también evaluadas.

Los resultados obtenidos permiten concluir que esta madera es altamente resistente, con un contenido en extractivos elevado y una acusada tendencia a la deformación durante el secado, siendo muy apta para el trabajo estructural.

**PALABRAS CLAVE:** Pino laricio  
Caracterización  
Madera  
*Pinus nigra*

---

\* Autor para correspondencia

Recibido: 1-1-01

Aceptado para su publicación: 16-5-01

## INTRODUCCIÓN

El desarrollo del mercado internacional de la madera ha traído consigo la progresiva desaparición de usos y costumbres locales referidos a la clasificación y elaboración de este material y su paulatina sustitución por métodos de validez casi universal.

De acuerdo con esto, hoy en día es posible visitar instalaciones de transformación de la madera ubicadas en países distintos y distantes en los que los métodos de clasificación, elaboración y acabado del material son similares, si no iguales, y en las que hasta la propia maquinaria llega a ser la misma.

Este elevado grado de armonización, especialmente patente en el seno de la Europa Comunitaria, no es posible sin un elevado grado de homogeneización en el manejo de las materias primas.

En la madera, como en otras materias primas, homogeneización es sinónimo de normalización y la normalización se fundamenta en un profundo conocimiento del material que se está normalizando.

En el campo de la normalización de la madera es la Unión Europea la que más ha avanzado, con la promulgación de un sin fin de normas de ensayo y especificaciones que abarcan todos los usos y propiedades posibles del material.

A este respecto, es necesario poner de manifiesto que para asegurar tanto la máxima eficacia en el empleo de las materias primas como la calidad de los productos elaborados, la normalización europea desde hace ya algunos años ha adoptado un nuevo enfoque, denominado de «Los requisitos esenciales». De acuerdo con este nuevo enfoque, las exigencias de calidad hay que pedírselas a los productos finales, con lo que las materias primas serán buenas o malas en tanto en cuanto permitan fabricar productos finales con las prestaciones adecuadas. Así, de esta forma, una madera será buena o mala si, por ejemplo, la ventana con ella fabricada lo es o si tiene la resistencia adecuada para la aplicación estructural diseñada.

Este hecho supone ya una cierta revolución normativa pues se pasa de una normalización consistente en una mera ordenación de los productos y materias primas en función de sus características (clasificación de lo que hay), a una búsqueda de cualidades determinadas que logren que el usuario final quede satisfecho con su comportamiento en servicio.

Según esto, la comercialización fuera de nuestras fronteras de una materia prima como el pino laricio estará condicionada por las exigencias que en las normas de los productos se establezcan respecto de la calidad de las materias primas utilizadas en su fabricación, lo que, en definitiva, plantea la necesidad de su conocimiento.

El conocimiento de las propiedades de una determinada madera no resulta una tarea sencilla ya que es un material extraordinariamente variable en sus características, lo que obliga a efectuar muestreos muy amplios, que consideren en su seno todas las posibles fuentes de variación. Es por ello por lo que la caracterización de una determinada especie puede ocupar varios años, no menos de tres o cuatro.

En el caso de la madera de pino laricio, el Centro de Investigación Forestal del INIA (CIFOR-INIA) ha llevado a cabo un proyecto de caracterización de esta especie, a nivel nacional. Este trabajo ha supuesto, hasta el momento, la clasificación y ensayo de 1.012 vigas de dos, tres y cuatro metros, procedentes de los montes de Cuenca, y otras 1.874 vigas, procedentes del resto del Estado, especialmente de Cazorla y proximidades. Paralelamente se habrán determinado un sin fin de propiedades físico-mecánicas, analizándolas en un total de 110 árboles, distribuidos por toda la geografía peninsular.

La metodología de estos trabajos, aun cuando se adapta a las particularidades de cada especie y a su distribución geográfica, es siempre la misma. Por un lado, se determinan las propiedades mecánicas, elásticas y cualitativas del material pero a escala real (con piezas de dos, tres y cuatro metros). Por otro, se determinan las propiedades físico-mecánicas en probetas libres de defectos, analizándose cómo varían dentro del árbol, entre árboles y entre zonas de procedencia. La primera de las caracterizaciones, más tecnológica, servirá para introducir estos valores de resistencia y elasticidad en las normas de calidad, la segunda, permitirá comparar entre sí maderas de diversas especies y procedencias sin tener en cuenta el factor selvicultura. Adicionalmente a estas dos formas de caracterizar el material, se estudia su comportamiento en el secado y la forma óptima de llevarlo a cabo, su durabilidad natural y la mejor manera de incrementarla mediante tratamientos preventivos, la aptitud al desenrollo, etc.

Los proyectos de esta naturaleza suelen tener como objetivos los siguientes:

- 1.º Mejorar el conocimiento científico sobre la especie objeto del estudio
- 2.º Comparar las propiedades de la madera procedente de las diversas regiones de procedencia, analizando las diferencias, si las hubiera.
- 3.º Conocer la calidad y aptitudes tecnológicas de la especie
- 4.º Dar pautas para el correcto empleo y transformación de la madera estudiada.
- 5.º Dar pautas al selvicultor sobre la incidencia que determinadas prácticas selvícolas tienen sobre la calidad de la madera.

El primero y segundo de los objetivos se alcanza con la caracterización físico-mecánica de la madera, efectuada sobre probetas de pequeñas dimensiones.

El tercero se fundamenta en la caracterización con probetas de tamaño real.

El cuarto de los objetivos se alcanza con la caracterización antes citada pero incorporando los datos obtenidos con los estudios de secado, mecanizado, etc.

El último de los objetivos se alcanza analizando los datos obtenidos en las caracterizaciones anteriormente citadas sobre las muestras procedentes de zonas con selviculturas claramente diferenciadas. Por tanto, es necesario que para poder obtener estas conclusiones el muestreo tenga en cuenta esta variable.

## MATERIAL Y MÉTODOS

Un aspecto que resulta de enorme trascendencia en los trabajos de caracterización de una especie es el adecuado diseño del muestreo. La madera que se toma como muestra para efectuar los ensayos debe ser representativa del total de la especie y de su variabilidad. De acuerdo con esto debe conocerse, con carácter previo al muestreo, la distribución geográfica de la especie, sus zonas de procedencia, su variabilidad dentro de cada zona, la diferente selvicultura aplicada en cada una de ellas, así como cualquier otra variable que se sospeche pueda tener influencia en los resultados.

En la Tabla 1 se recoge un resumen del muestreo efectuado, en el que puede observarse que se han tomado muestras en tres Regiones de Procedencia (Catalán. *et al.*, 1991) distintas, en la 7 «Sistema Ibérico» (Cuenca-Alta Alcarria), en la 8A «Cazorla-Alcaraz» y en la 6 «Alto Maestrazgo». En la Región 3 «Prepirineo Catalán» estaba prevista la realización de un cuarto muestreo pero los incendios de 1997 y la falta de apoyo local lo impidieron.

**Tabla 1**  
**Resumen general del muestreo**

Muestra	Árbol	Diámetro Normal (cm)*	Edad Media (años)	Calidad	N.º Trozas	N.º discos	N.º piezas	Comentarios
<b>REGIÓN 7 «Sistema Ibérico»</b>								
Palancares	1-15	43	166	III	72	43	283	N.º 106 Sec. 3.ª/15
Fuencaliente	16-30	41	150	III	71	40	212	N.º 116 Sec. 2.ª
Cerrogordo	31-45	43	147	I/II	107	47	388	N.º 108 Sec. 2.ª
<b>REGIÓN 8A «CAZORLA-ALCARAZ»</b>								
Mesa de la Loma	46-59	52	166	II/III	83	37	674	Cazorla
Parque Cinegético	60-66	54	166	I	56	26	382	Cazorla
Río Madera	67-81	47	177	III	64	41	442	Segura
Umbria del Jaral	82-89	48	194	I	54	26	376	Segura
<b>REGIÓN 6 «ALTO MAESTRAZGO»</b>								
Manzanera	90-92	39	159	IV	No hubo	37	No hubo	
Cañada Benatan- duz	93-95	38	157	IV		37		
Cova Grand	96-103	44	193	III/IV		116		
Valderrobres	104-107	38	164	III/IV		50		

\* Con corteza

Puede también observarse que en las dos primeras zonas, la 7 y la 8, el muestreo ha sido más amplio ya que dado el carácter eminentemente productivo de sus masas permitió disponer de la madera necesaria para efectuar la caracterización mecánica con probetas de tamaño real, lo que no fue posible en el muestreo efectuado en la Región 6, donde sólo se efectuó una caracterización con probetas de pequeño tamaño.

En cada una de las Regiones de Procedencia se procedió a seleccionar varias zonas de muestreo con el criterio de que estuvieran señaladas para corta en el año y de que fueran representativas de las diferentes calidades de estación. Idealmente una correspondería a la calidad I, otra a la II (o II/III) y la tercera a la III. En cada zona se identificaron tres parcelas y dentro de cada una de ellas, aleatoriamente, se seleccionaron 5 árboles. La muestra tomada en cada región estaba constituida, pues, por un total de 45 árboles.

Dentro de cada zona se evitó concentrar la selección de los árboles en el mismo lugar, así como la influencia de bordes, corrientes de agua y cualquier otra circunstancia que se entendiera que pudiera afectar a los resultados. Para poder efectuar mejor la comparación entre árboles, calidades de estación, zonas y Regiones se seleccionaron árboles de diámetro con corteza próximo a 40 cm. Este diámetro se eligió por ser el representativo del turno óptimo (100-120 años) para la calidad de estación I, en función de las tablas de crecimiento y producción (Gómez Loranca, 1996) de la especie en Cuenca, existentes al comienzo del trabajo. Por diversas razones, los árboles finalmente seleccionados en la Región 8 (Cazorla) fueron ligeramente más gruesos que lo inicialmente planeado.

Señaladas las parcelas y los árboles se procedió a su apeo, desramado y troceado en monte. Se extrajeron trozas cada tres metros (denominándose como A, B, C,...), extrayéndose discos de la base en la primera y segunda trozas (A y B) en todos los árboles, así como en la base de las restantes trozas (C, D, E...), pero sólo ya en los árboles con numeración múltiplo de 5 (árboles 5, 10, 15...).

Marcadas las trozas y los discos, las primeras fueron enviadas al aserradero colaborador (Ayuntamiento de Cuenca Maderas, S.A.) y los segundos, convenientemente introducidos en bolsas para evitar la pérdida de humedad, fueron trasladados al laboratorio de Maderas del CIFOR-INIA.

Las trozas B (tomadas entre 3 y 6 metros) de los árboles con numeración múltiplo de 5 sufrieron un aserrado especial, obteniéndose de ellas el material necesario para llevar a cabo los ensayos mecánicos con probetas de pequeñas dimensiones libres de defectos.

El tratamiento dado al material procedente de monte es el que queda recogido en la Figura 1.

La clasificación visual de la madera aserrada se efectuó mediante la norma UNE 56544 y todos los ensayos estructurales de acuerdo con las normas UNE-EN 408 y UNE EN 384. Los ensayos con probetas de pequeñas dimensiones se efectuaron haciendo uso de las metodologías normalizadas señaladas en la tabla 7.

En España el método de determinación de la calidad visual de una madera para usos resistentes está contemplado en la norma UNE 56544, que en su versión definitiva (2000) distingue dos clases de calidad (ME1 y ME2), en función de la presencia y características de ciertas particularidades de la madera, que tienen una incidencia comprobada en su resistencia, como son: nudos de cara y canto, inclinación de la fibra, madera juvenil y de compresión, fendas de diverso tipo, ataques por agentes bióticos.

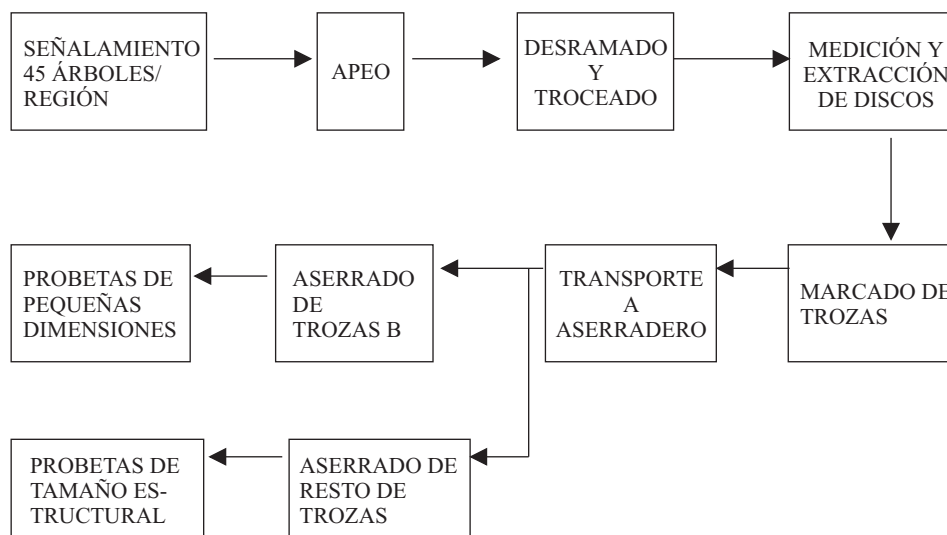


Fig. 1.—Metodología general del trabajo por procedencias

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En las Tablas 2 a 6, se recogen los resultados de las caracterizaciones físico-mecánicas efectuadas con probetas de pequeño tamaño sobre material de las tres procedencias señaladas en la Tabla 1. La Tabla 7 recoge un resumen de dichas propiedades y una comparación con los resultados habidos en otros proyectos similares al presente, efectuados por este mismo equipo investigador pero sobre otras especies (Remacha Gete, 1986; Ortiz Gutiérrez *et al.*, 1990; Ortiz Gutiérrez, 1991; Ortiz Gutiérrez y Martínez Calleja, 1991; López de Roma *et al.*, 1991; Fernández-Golfín *et al.*, 1995, 1997, 1998).

La Tabla 8 recoge un resumen de los resultados obtenidos con la caracterización mecánica de la madera estructural. En la Tabla 9 se comparan estos datos con los existentes y obtenidos previamente por este mismo equipo investigador sobre otras especies de pinos. En dicha tabla aparecen los valores característicos de la densidad y de la resistencia a flexión (aquellos que garantizan que el 95 % de las piezas presentan una resistencia igual o superior al valor citado) y los medios del módulo de elasticidad. Estos valores son los exigidos por las normas para evaluar la calidad mecánica de una madera. También figura el detalle de la calidad resistente de cada clase de calidad de madera, dada de acuerdo con la norma española UNE 56.544, así como el tamaño medio del anillo y una referencia al rendimiento obtenido para cada clase de calidad (porcentaje de piezas que caen dentro de cada clase).

Finalmente, la Tabla 10 recoge el resumen de la evaluación de la aptitud al secado de esta madera efectuada mediante distintos métodos de secado, mientras que en la Tabla 11 se comparan, a igualdad de calidad selvícola, las propiedades físicas de la madera procedente de las tres regiones de procedencia.

**Tabla 2**  
**Resumen de propiedades físicas en la Región 7 (Cuenca-Alcaraz)**

Propiedades	I (Cerrogordo)					IIa (Palancares)					IIb (Fuencaliente)													
	Intervalos de edad					Intervalos de edad					Intervalos de edad													
	2-6	7-15	16-30	31-50	51-75	76-105	106-150	Total	2-6	7-15	16-30	31-50	51-75	76-105	106-150	Total								
Espesor medio de anillo (mm)	3,6	3,0	1,8	1,2	1,1	0,9	0,7	3,4	2,8	2,0	1,2	1,0	0,7	0,7	0,7	3,9	2,7	1,6	1,1	1,0	0,8	0,6		
Extractivos (%)	13,7	14,4	7,2	3,3	2,2	2,1	1,9	4,1	18	10,9	11,3	5,1	3,0	2,6	2,6	4,9	18,7	12,1	7,1	3,6	3,3	2,9	2,6	
Densidades (kg/m <sup>3</sup> )																								
D. básica	449	478	470	500	534	543	555	522	504	469	506	484	476	490	481	485	479	458	443	445	456	474	455	458
D. básica extractada	376	399	435	483	523	531	545	500	410	416	444	457	462	477	468	460	383	401	411	429	441	460	443	434
D. anhidra (0%)	496	539	546	591	636	645	657	615	552	524	576	562	553	567	551	556	532	516	511	517	530	551	529	529
D. al 12 %	531	572	575	618	664	672	684	643	587	555	607	589	581	595	579	585	567	548	540	545	558	579	558	558
Higroscopicidad (kg/m <sup>3</sup> )	3,2	3,1	2,7	2,5	2,6	2,5	2,5	2,6	3,3	2,9	2,9	2,6	2,6	2,7	2,6	2,7	3,3	3,0	2,7	2,6	2,6	2,6	2,3	2,7
Contracciones (%)*																								
C. volumétrica total	8,3	10,6	12,9	14,5	15,1	15,0	14,7	14,2	8,3	9,9	11,6	13,2	13,5	12,9	12,2	12,3	8,0	9,8	11,6	12,4	12,3	12,5	11,8	11,7
C. volum. hasta 12 %	4,5	5,9	7,4	8,6	9,0	8,6	8,4	8,2	4,2	5,2	6,2	7,4	7,5	7,1	6,5	6,6	4,0	5,1	6,3	6,9	6,8	6,9	6,3	6,5
C. tangencial total	5,3	7,2	8,4	9,0	9,2	8,8	8,6	8,6	5,1	6,3	7,4	8,2	8,2	7,6	7,3	7,6	4,8	6,3	7,5	7,7	7,5	7,4	6,9	7,1
C. radial total	2,6	3,5	4,7	5,9	6,4	6,5	6,6	5,9	2,8	3,4	4,3	5,3	5,5	5,5	5,2	5,0	2,9	3,4	4,4	5,1	5,2	5,4	5,3	4,9
Anisotropía absoluta	2,7	3,7	3,7	3,1	2,8	2,3	2	2,7	2,3	2,9	3,1	2,9	2,7	2,1	2,1	2,6	1,9	2,9	3,1	2,6	2,3	2	1,6	2,2
Coef. de anisotropía	2,04	2,06	1,79	1,52	1,44	1,35	1,30	1,46	1,82	1,85	1,72	1,55	1,49	1,38	1,40	1,52	1,66	1,85	1,71	1,51	1,44	1,37	1,30	1,45
Coef. de contracción (%)	0,40	0,46	0,53	0,59	0,61	0,62	0,63	0,59	0,4	0,47	0,52	0,56	0,55	0,55	0,54	0,53	0,42	0,45	0,50	0,52	0,52	0,54	0,51	0,51
C. C. volumétrica	0,21	0,28	0,31	0,33	0,33	0,35	0,33	0,33	0,2	0,25	0,30	0,32	0,31	0,30	0,30	0,30	0,21	0,26	0,28	0,29	0,29	0,29	0,27	0,28
C. C. tangencial	0,11	0,14	0,18	0,22	0,24	0,25	0,26	0,23	0,1	0,14	0,19	0,21	0,22	0,22	0,21	0,21	0,12	0,15	0,18	0,20	0,21	0,21	0,21	0,20
C. C. Radial																								

\* Calculadas sobre las dimensiones en verde

**Tabla 3**  
**Resumen de las propiedades físicas en la Región 8 (Cazorla-Segura)**

Propiedades	CALIDAD I (Segura y Cazorla)						CALIDAD II (Cazorla)						CALIDAD III (Segura)											
	Intervalos de edad						Intervalos de edad						Intervalos de edad											
	1-5	6-15	16-30	31-50	51-75	76-105	106-150	Total	1-5	6-15	16-30	31-50	51-75	76-105	106-150	Total	1-5	6-15	16-30	31-50	51-75	76-105	106-150	Total
Espesor medio de anillo (mm)	3,4	3,2	1,4	1,4	1,1	1,0	1,1	3,4	4,4	3,6	2,1	1,5	1,0	0,8	0,9	3,8	2,9	2,1	1,6	1,4	1,2	1,1	1,0	3,4
Extractivos (%)	10,6	11,6	9,3	9,3	4,3	2,2	1,6	3,7	14,1	9,7	8,2	2,9	2,2	1,9	1,9	3,8	12,6	13,8	12,5	6,4	3,0	2,3	2,2	3,4
Densidades (kg/m <sup>3</sup> )																								
D. básica	430	448	488	531	518	510	520	507	436	430	478	481	489	493	505	486	450	473	485	471	460	470	460	463
D. básica extractada	383	394	441	478	494	498	511	487	372	386	437	466	478	484	495	468	389	402	416	436	446	460	450	447
D. anhidra	480	507	562	618	608	598	609	591	479	483	551	562	573	576	585	563	500	526	547	541	531	542	529	532
D. al 12 %	512	537	592	649	636	626	636	619	513	513	581	590	599	603	613	592	535	561	581	572	559	570	557	560
Higroscopicidad (kg/m <sup>3</sup> )	3,1	2,9	2,8	2,8	2,6	2,6	2,5	2,6	3,2	2,9	2,8	2,6	2,5	2,5	2,6	2,7	3,3	3,3	3,2	2,9	2,6	2,7	2,6	2,7
Contracciones (%) *																								
C. volumétrica total	8,6	10,3	12,2	13,1	13,7	13,4	13,4	13,1	8,4	10,6	12,8	14,1	14,1	13,7	13,1	13,1	7,9	8,4	10,4	11,7	12,4	12,1	11,5	11,7
C. volum. hasta 12 %	4,5	5,4	6,7	7,4	7,7	8,0	7,4	7,1	4,4	5,9	7,3	8,3	8,3	7,8	7,2	7,4	4,1	4,4	5,8	6,5	7,0	6,6	6,2	6,1
C. tangencial total	5,5	7,1	8,0	8,3	8,5	8,4	8,3	8,2	5,4	7,3	8,5	9,0	8,8	8,4	8,2	8,3	4,9	5,2	6,8	7,5	7,9	7,6	7,1	7,3
C. radial total	2,6	3,4	4,4	5,1	5,7	5,7	5,6	5,3	2,5	3,0	4,3	5,4	5,7	5,7	5,4	5,1	2,7	2,9	3,8	4,4	4,9	4,9	4,7	4,6
Anisotropía absoluta	2,7	3,7	3,7	3,1	2,8	2,3	2,0	2,7	2,3	2,9	3,1	2,9	2,7	2,1	2,1	2,6	1,9	2,9	3,1	2,6	2,3	2,0	1,6	2,2
Coef. de anisotropía	2,09	2,11	1,82	1,61	1,48	1,47	1,48	1,54	2,13	2,44	1,98	1,69	1,54	1,49	1,52	1,63	1,78	1,79	1,81	1,70	1,63	1,56	1,53	1,60
Coef. de contracción (%)	0,40	0,46	0,52	0,56	0,59	0,59	0,59	0,57	0,38	0,44	0,51	0,56	0,58	0,58	0,57	0,55	0,39	0,42	0,46	0,49	0,53	0,53	0,53	0,52
C. C. volumétrica	0,21	0,28	0,31	0,31	0,33	0,30	0,33	0,32	0,21	0,28	0,32	0,33	0,33	0,34	0,32	0,32	0,19	0,22	0,26	0,28	0,30	0,30	0,29	0,29
C. C. tangencial	0,11	0,14	0,18	0,19	0,22	0,22	0,22	0,23	0,11	0,13	0,17	0,20	0,22	0,22	0,21	0,20	0,11	0,12	0,16	0,17	0,19	0,19	0,19	0,19
C. C. Radial																								

\* Calculadas sobre las dimensiones en verde



**Tabla 4**  
**Resumen de las propiedades físicas en la Región 6 (Alto Maestrazgo)**

Propiedades	CALIDAD III (Cova Grand)										CALIDAD IV (Manzanera, Cañada Benatanduz, Valderrobres)									
	Intervalos de edad										Intervalos de edad									
	1-6	7-15	16-30	31-50	51-75	76-105	106-150	Total	1-6	7-15	16-30	31-50	51-75	76-105	106-150	Total				
Espesor medio de anillo (mm)	2,1	1,3	1,6	1,2	1,1	1,1	1,0	4,0	2,1	1,4	2,0	1,2	1,2	1,2	0,9	3,5				
Extractivos (%)	10,0	22,9	11,5	9,2	5,0	3,1	1,8	4,0	9,3	18,1	8,0	3,9	1,9	1,8	1,5	3,5				
Densidades (kg/m <sup>3</sup> )																				
D. básica	470	567	490	542	551	556	568	553	467	528	458	465	483	505	488	486				
D. básica extractada	422	428	431	490	522	538	558	531	421	425	419	446	474	497	481	469				
D. anhidra	521	618	552	620	641	647	671	644	514	584	518	533	559	586	563	559				
D. al 12 %	557	662	584	652	670	676	698	673	550	622	548	562	586	614	591	588				
Higroscopicidad (kg/m <sup>3</sup> )	3,4	4,0	3,0	2,9	2,7	2,7	2,5	2,7	3,3	3,6	2,8	2,7	2,6	2,6	2,6	2,7				
Contracciones (%)																				
C. volumétrica total	9,8	8,4	11,1	12,7	14,0	14,0	15,4	14,1	9,3	9,6	11,6	12,9	13,4	13,6	13,2	13,0				
C. volum. hasta 12 %	5,4	4,1	6,0	6,9	7,9	7,9	8,8	7,9	5,0	5,0	6,5	7,4	7,6	7,8	7,5	7,3				
C. tangencial total	6,6	5,2	7,2	7,9	8,4	8,3	9,0	8,4	5,6	5,8	7,2	7,9	8,1	8,2	7,8	7,8				
C. radial total	3,1	2,9	4,1	5,1	6,0	6,0	6,8	6,0	3,5	3,9	4,5	5,2	5,6	5,8	5,7	5,4				
Anisotropía absoluta	3,5	2,3	3,1	2,9	2,4	2,3	2,2	2,4	2,1	1,9	2,8	2,6	2,5	2,3	2,1	2,4				
Coef. de anisotropía	2,1	1,8	1,8	1,6	1,4	1,4	1,3	1,4	1,6	1,5	1,7	1,5	1,5	1,4	1,4	1,4				
Coef. de contracción (%)																				
C. C. volumétrica	0,40	0,39	0,48	0,55	0,60	0,59	0,64	0,60	0,40	0,42	0,48	0,52	0,56	0,57	0,55	0,54				
C. C. tangencial	0,26	0,23	0,29	0,32	0,33	0,33	0,35	0,34	0,23	0,25	0,28	0,30	0,31	0,32	0,30	0,30				
C. C. radial	0,12	0,13	0,17	0,21	0,24	0,24	0,27	0,24	0,14	0,16	0,18	0,20	0,22	0,23	0,22	0,21				

\* Calculadas sobre las dimensiones en verde

**Tabla 5**  
**Resumen de propiedades mecánicas en la Región 7 (Cuenca-Alcaraz)**

Propiedades	CALIDAD I (CERROGORDO)					CALIDAD IIIa (PALANCARES)					CALIDAD IIIb (FUENCALIENTE)						
	Intervalos de edad					Intervalos de edad					intervalos de edad						
	0-12	12-30	30-45	45-80	80-130	0-12	12-30	30-45	45-80	80-130	0-12	12-30	30-45	45-80	80-130	media	
<b>PROBETAS SECCIÓN <math>2 \times 2\text{cm}^2</math></b>																	
Compresión axial (Kp/cm <sup>2</sup> )	380	456	538	550	546	521	344	462	463	475	467	372	425	420	461	462	450
Flexión estática (Kp/cm <sup>2</sup> )	717	924	1090	1173	1208	1116	688	898	1013	1076	1029	752	942	942	1018	1014	986
MOR	72	112	129	154	156	142	62	103	118	132	124	69	109	109	125	124	118
MOE ( $\times 1.000$ )	1,8	2,1	3,3	3,1	3,2	2,9	2,1	2,8	2,5	2,7	2,7	2,1	2,2	2,2	2,4	2,6	2,4
Índice de dureza Monnin																	
<b>PROBETAS SECCIÓN <math>5 \times 5\text{cm}^2</math></b>																	
Cizalladura long. (Kp/cm <sup>2</sup> )	0-30	45-130				media	0-30	45-130			media	0-30	45-130			media	
Compresión perpen. (Kp/cm <sup>2</sup> )	76	92				88	90	90	87	87	88	84	84	85	85	85	85
Compresión al límite elástico a 2,5 cm de deformación	50	74				68	66	66	71	71	70	67	67	68	68	68	68
Dureza Janka (Kp/cm <sup>2</sup> )	91	138				126	109	109	121	121	118	119	119	122	121	121	121
Dureza Janka longitudinal radial	324	381				367	362	362	336	336	343	350	350	323	323	330	330
radial	280	400				370	305	305	322	322	318	316	316	322	322	321	321
tangencial	254	384				352	298	298	304	304	303	297	297	292	292	293	293

**Tabla 6**  
**Resumen de propiedades mecánicas en la Región 8 (Cazorla y Segura)**

Propiedades	Calidad I (Cazorla)					Calidad II-III (Cazorla-Segura)					
	Intervalos de edad					Intervalos de edad					
	0-12	12-30	30-50	50-90	90-140	0-12	12-30	30-50	50-90	90-140	Media
<b>PROBETAS SECCIÓN 2 × 2cm<sup>2</sup></b>											
Compresión axial (Kp/cm <sup>2</sup> )	349	485	476	492	507	323	375	448	490	517	470
Flexión estática (Kp/cm <sup>2</sup> )	767	898	927	976	1024	616	781	963	1025	1075	980
MOR	82	103	107	117	123	60	84	116	121	128	116
MOE (× 1.000)	0,19	0,28	0,40	0,42	0,45	0,24	0,31	0,37	0,38	0,38	0,36
Flexión dinámica (Kpm/cm <sup>2</sup> )	1,5	2,1	2,7	2,4	2,6	1,6	1,7	1,9	2,2	2,6	2,4
Índice de dureza Monnin											
<b>PROBETAS SECCIÓN 5 × 5cm<sup>2</sup></b>											
Cizalladura long. (Kp/cm <sup>2</sup> )	0-30	45-130				0-30	45-130				media
Compresión perpen. (Kp/cm <sup>2</sup> )	77	86				86	92				91
Compresión perpen. (Kp/cm <sup>2</sup> ) al límite elástico a 2,5 cm de deformación	46	65				54	64				62
Dureza Janka (Kp/cm <sup>2</sup> )	91	124				96	113				110
Longitudinal	316	326				306	316				314
Radial	261	289				276	303				296
Tangencial	258	279				258	289				282

**Tabla 7**  
**Características morfológicas, físicas y medias medias más interesantes de las maderas de pino españolas**

PROPIEDAD	NORMA	UNIDAD	P. radiata	P. pinaster	P. sylvestris	P. nigra **
<b>CARACTERÍSTICAS MORFOLÓGICAS</b>						
Diám. medio c/c		cm	39	40	43	43
Edad media		Años	29	42	138	154
Altura árbol		m	2,5	20	s/d	23
N.º de árboles			70	65	41	89
Anchura anillo	ECE	mm	6,5	5,3	1,2-1,8	1,2
% albura		%	90	44	66	84
% medio corteza (vol.)		%	14,5	s/d	s/d	26,4
<b>CARACTERÍSTICAS FÍSICAS</b>						
Hum. en verde	UNE 56529	%	147		103	102
Densidad en verde *	UNE 56531	kg/m <sup>3</sup>	950			979
Densidad básica *	UNE 56531	kg/m <sup>3</sup>	410		430	458
Densidad al 12 % *	UNE 56531	kg/m <sup>3</sup>	516	475	520	(434 extractada)
Densidad anhidra*	UNE 56531	kg/m <sup>3</sup>	470	455	492	529
Extractivos		%	3,5-7,5		6-8	7-18
Duramen	Metanol		1-2		2-3	2-4
Albura						
Contrae. Vol. Total (Coef.)	UNE 56533	%	12,7 (0,42)	12,7 (0,45)	13,4 (0,50)	13,4 (0,51)
Coef. anisotropía	ISO 4469	Índice	1,79	1,97	1,80	1,50
Anisotropía absoluta	INIA	%	3,3	3,3	3,2	2,2
<b>CARACTERÍSTICAS MECÁNICAS (probetas pequeñas dimensiones)</b>						
Dureza Monnin	UNE 56534	Índice	1,8	1,8	2,5	2,4
Resistencia Flexión	UNE 56537	kp/cm <sup>2</sup>	875	797	1002	986
Mod. elasticidad	UNE 56537	kp/cm <sup>2</sup>	90000	89000	117000	118000
Res. comp paralela	UNE 56535	kp/cm <sup>2</sup>	43,4	399	484	450
Res. comp. perpend.	UNE 56542	kp/cm <sup>2</sup>	59	60	58	68
Cort. paralela radial	UNE 56543	kp/cm <sup>2</sup>	97	84	79	85
Cort.paralela tang.	UNE 56543	kp/cm <sup>2</sup>	107	101	78	80
Choque	UNE 56536	kpm/cm <sup>2</sup>	0,36	0,31	0,35	0,36

\* Datos dados a 3,30 m de altura (a 1,30 m multiplicar por 1,1)

\*\* Datos correspondientes a la Calidad III de los Montes de Cuenca, la más abundante en el mercado

**Tabla 8**  
**Resumen de propiedades mecánicas sobre probetas de tamaño real**

POBLACIÓN	PROPIEDAD					M. Elasticidad Medio ** (Mpa)	Rendimiento (%)	Asignación * por población
	Densidad **	Módulo de Rotura **	Carac-terístico (Mpa)	Medio (Mpa)	Carac-terístico (Mpa)			
	Media (kg/m <sup>3</sup> )	CaracTerística (kg/m <sup>3</sup> )						
<b>POBLACIÓN TOTAL</b>								
ME1	615,6	496,8	73,4	41,8	15,515	22,6	<b>C35</b>	
ME2	565,2	472,1	45,9	21,5	12,355	51,4	<b>C18</b>	
MER	543,6	466,7	31,2	12,7	10,993	26,0	—	
<b>TOTAL</b>	<b>579,5</b>	<b>480,1</b>	<b>53,0</b>	<b>20,8</b>	<b>13.149</b>	<b>100</b>	—	
<b>CUENCA</b>								
ME1	625,7	500,2	67,2	36,6	15.111	23,2	<b>C35</b>	
ME2	558,7	467,3	44,1	23,2	12.190	52,9	<b>C18</b>	
MER	537	457,9	33,4	15,9	11.102	23,9	—	
<b>TOTAL</b>	<b>574,7</b>	<b>472,1</b>	<b>48,8</b>	<b>22,3</b>	<b>12.895</b>	<b>100</b>	—	
<b>CAZORLA</b>								
ME1	610,7	495,5	76,1	44,0	15.677	22,3	<b>C35</b>	
ME2	569,9	475,6	47,3	20,2	12.475	50,7	<b>C18</b>	
MER	547,6	472	29,7	10,5	10.927	26,9	—	
<b>TOTAL</b>	<b>582,7</b>	<b>483</b>	<b>55,2</b>	<b>19,5</b>	<b>13.295</b>	<b>100</b>	—	

\* Asignación a clase resistente según UNE EN 338

\*\* Datos calculados de acuerdo con EN 384, considerando cada Región como muestra única y, por tanto, no ponderados de acuerdo con el tamaño de las muestras

Tabla 9

## Resumen de resultados de la caracterización estructural. Comparación con otras especies

Especie	Propiedad	Valor	Clases de calidad		Total
			ME1	ME2	
<i>Pinus sylvestris</i>	Dens.*	Medio	534	503	509
		Característico	449	433	429
	MOR*	Medio	61	38	43
		Característico	31	20,5	17
	MOE*	Medio	13139	10975	11337
	Tamaño medio del anillo de crecimiento (mm)				
Rendimiento (%)			29	48	100
<i>Pinus radiata</i>	Dens.*	Medio	519	487	508
		Característico	432	411	414
	MOR*	Medio	48,6	37,7	37
		Característico	27	18	17
	MOE*	Medio	12610	11080	11293
	Tamaño medio del anillo de crecimiento (mm)				
Rendimiento clasificatorio (%)			26	46	100
<i>Pinus pinaster</i>	Dens.*	Medio	557	503	535
		Característico	469	424	435
	MOR*	Medio	57	39,4	42
		Característico	30	18	16
	MOE*	Medio	11462	9657	10445
	Tamaño medio del anillo de crecimiento (mm)				
Rendimiento clasificatorio (%)			34	47	100
<i>Pinus nigra</i>	Dens.*	Medio	615	565	579
		Característico	497	472	480
	MOR*	Medio	73,4	45,9	53
		Característico**	41,8	21,5	20,8
	MOE*	Medio	15515	12355	13149
	Tamaño medio del anillo de crecimiento (mm)				
Rendimiento clasificatorio (%)			23	53	100

\* La densidad se expresa en kg/m<sup>3</sup> y tanto el MOR como el MOE en Mpa (N/mm<sup>2</sup>)

\*\* Considerando toda la muestra como población única, no adoptando en criterio de EN 384.

**Tabla 10**  
**Evaluación de la calidad de secado y duración del proceso *Pinus nigra* de 50 mm de grueso**

Prueba	Método	Humedad Inicial (%)	Humedad Final (%)	Homogeneidad (%) *	Repartición (%) **	Tensionado	Agrietamiento	Duración
1	Tradicional	76,7	12,8	100	2,7	Muy Ligero/Ligero	Ninguno	12 días y 4 horas
2	Tradicional	96,7	12,4	100	4,7	Muy Ligero/Ligero	Ninguno	13 días y 3 horas
3	Vacío	83,5	10,3	80	2,2	Muy Ligero/Ligero	Ninguno	4 días y 23 horas
4	Vacío	88,0	8,2	70	1,5	Muy Ligero/Ligero	Ninguno	6 días y 6 horas
5	Alta Temp.	81,0	11,8	90	4,9	Ligero/Moderado	Ligero de testa	37 horas

\*: % de tablas incluidas en el intervalo (humedad final media  $\pm$  2 %)

\*\* : Media de las diferencias de humedad entre el corazón y la superficie de las testas

(1) Después de cuatro días de la salida del secadero

**Tabla 11**  
**Comparación de propiedades físicas entre Regiones de Procedencia**

Propiedades	CALIDAD III Región 7 (Cuenca)					CALIDAD III Región 8 (Segura)					CALIDAD III Región 6 (Alto Maestrazgo)					
	Intervalos de edad					Intervalos de edad					Intervalos de edad					
	2-6	7-15	16-30	31-50	51-75	76-105	106-150	Total	1-5	6-15	16-30	31-50	51-75	76-105	106-150	Total
Espeor medio de anillo (mm)	3,9	2,7	1,6	1,1	1,0	0,8	0,6	2,9	2,1	1,6	1,4	1,2	1,1	1,1	1,0	1,0
Extractivos (%)	18,7	12,1	7,1	3,6	3,3	2,9	2,6	4,9	12,6	13,8	12,5	6,4	3,0	2,3	2,2	3,4
Densidades (kg/m <sup>3</sup> )																
D. básica	479	458	443	445	456	474	455	458	450	473	485	471	460	470	460	463
D. básica extractada	383	401	411	429	441	460	443	434	389	402	416	436	446	460	450	447
D. anhidra	532	516	511	517	530	551	529	529	500	526	547	541	531	542	529	532
D. al 12 %	567	548	540	545	558	579	558	558	535	561	581	572	559	570	557	560
Higroscopicidad (kg/m <sup>3</sup> )	3,3	3,0	2,7	2,6	2,6	2,6	2,3	2,7	3,3	3,3	3,2	2,9	2,6	2,7	2,6	2,7
Contracciones (%) <sup>*</sup>																
C. volumétrica total	8,0	9,8	11,6	12,4	12,3	12,5	11,8	11,7	7,9	8,4	10,4	11,7	12,4	12,1	11,5	11,7
C. volum. hasta 12 %	4,0	5,1	6,3	6,9	6,8	6,9	6,3	6,5	4,1	4,4	5,8	6,5	7,0	6,6	6,2	6,1
C. tangencial total	4,8	6,3	7,5	7,7	7,5	7,4	6,9	7,1	4,9	5,2	6,8	7,5	7,9	7,6	7,1	7,3
C. radial total	2,9	3,4	4,4	5,1	5,2	5,4	5,3	4,9	2,7	2,9	3,8	4,4	4,9	4,9	4,7	4,6
Anisotropía absoluta	1,9	2,9	3,1	2,6	2,3	2	1,6	2,2	1,9	2,9	3,1	2,6	2,3	2,0	1,6	2,2
Coef. de anisotropía	1,7	1,8	1,7	1,5	1,4	1,4	1,3	1,5	1,8	1,8	1,8	1,7	1,6	1,6	1,5	1,6
Coef. de contracción (%)																
C. C. volumétrica	0,42	0,45	0,50	0,52	0,52	0,54	0,51	0,51	0,39	0,42	0,46	0,49	0,53	0,53	0,53	0,52
C. C. tangencial	0,21	0,26	0,28	0,29	0,29	0,29	0,27	0,28	0,19	0,22	0,26	0,28	0,30	0,30	0,29	0,29
C. C. Radial	0,12	0,15	0,18	0,20	0,21	0,21	0,21	0,20	0,11	0,12	0,16	0,17	0,19	0,19	0,19	0,19

\* Calculadas sobre las dimensiones en verde



## CONCLUSIONES

De los resultados habidos pueden desprenderse las conclusiones que seguidamente se detallan. Un análisis más amplio queda recogido en Fernández-Golfín *et al.* (2000).

### Conclusiones de tipo general

Los datos de las citadas Tablas 2 a 7, especialmente si se les compara con los de las restantes coníferas españolas y muy especialmente con el pino silvestre (Tabla 7), permiten demostrar que la madera de pino laricio es más pesada (densidad extractada mayor), más homogénea (coeficiente de anisotropía y anisotropía absoluta menores que las de las restantes coníferas) y más resistente y rígida. Su contracción volumétrica total desde verde hasta estado anhidro es ligeramente superior al de las otras coníferas sin que esta diferencia sea significativa. Es necesario resaltar que el contenido en resina de esta madera resulta ser el doble que el calculado para el pino silvestre, aunque todavía muy inferior al del pino gallego. Como ya se ha apuntado, este hecho aconseja efectuar, más que en pino silvestre, el secado artificial en cámara como medio de disminuir las exudaciones de resina durante su vida en servicio.

Si se consideran los resultados de la caracterización sobre probetas de dimensiones reales (Tablas 8 y 9), las conclusiones antes citadas referidas a la mayor densidad, resistencia y rigidez de esta madera vuelven a repetirse.

Otro aspecto a tener en cuenta es el mayor porcentaje de madera rechazada por deformaciones excesivas, que se sitúa en el 11 %, algo superior que en pino silvestre (9 %) pero inferior al del pino radiata (15 %). Este aspecto debe llevar a la recomendación de proscribir la puesta en obra de madera verde, lo que constituye una precaución de validez general para todas las maderas.

De la evaluación efectuada sobre la aptitud al secado de esta madera (Tabla 10), empleando distintos métodos, debe apuntarse que no se trata de una madera de difícil secado, si bien su elevado contenido en resina impide el uso de la alta temperatura o de ciclos de secado rápidos y obliga a emplear temperaturas máximas de 60 °C si se quieren evitar afloramientos superficiales de resina. Sí debe destacarse su propensión a la deformación por alabeo, en especial si se la compara con el pino silvestre, lo que lleva a recomendar un exquisito cuidado en las tareas de apilado y enrastrelado del material, y a extremar las labores de seguimiento del proceso de secado. Esta tendencia a la deformación exige que la madera sea elaborada o puesta en servicio seca.

Otro aspecto interesante y relacionado con el secado, es el referido a su relativamente fácil tensionado interno si se hace uso de programas rápidos de secado. En este último caso, será imperativo llevar a cabo una fase final de acondicionado para relajar las tensiones, así como efectuar antes de la mecanización un apilado en macizo de, por lo menos, una semana.

El industrial que elabore esta madera deberá tener cuidado con su marcada tendencia al azulado mientras está verde, motivo por lo cual deberá adoptar medidas preventivas consistentes en el rápido acarreo y aserrado de las trozas, el inmediato tratamiento de la madera con productos eficaces y a concentraciones algo más elevadas que en pino silvestre y, finalmente, el secado en condiciones de alta ventilación.

De todo lo anterior parece desprenderse lo que nuestros antepasados nos decían con sus obras pero esta vez de forma objetiva: la madera de pino laricio es una madera especialmente apta para el trabajo mecánico y debe ser la especie de preferencia cuando se desea emplear una madera altamente resistente. Otra conclusión que se extrae con facilidad es que para mejorar la calidad del material resulta conveniente su secado artificial en cámara con ciclos de secado «suaves» ( $T.^a < 60\text{ }^{\circ}\text{C}$ ).

### Conclusiones de tipo particular

El análisis de la evolución de las propiedades físico-mecánicas de esta madera con la distancia a la médula, junto con la presencia de elevados índices de rechazo por alabeo (11 %), refleja la presencia de madera juvenil en los primeros 15-20 anillos de crecimiento. La constatación definitiva de la presencia de esta particularidad anatómica en esta madera, sólo se podrá tener cuando finalicen los estudios densitométricos en marcha.

La presencia de madera juvenil en una determinada especie, obliga a tomar una serie de precauciones tanto de tipo selvícola (que afectan al ritmo de crecimiento durante los primeros años, a la necesidad de podas tempranas, etc.) como de tipo tecnológico (aserrado con eliminación del corazón, clasificación de maderas previo al secado, etc.), que será necesario establecer de forma clara para esta especie cuando quede confirmada su presencia.

Con respecto a la evolución de las propiedades de esta madera con la distancia a la médula, antes citada, es necesario apuntar que el patrón de evolución de la densidad extractada con la edad es muy similar al observado en otras especies de pino (densidad creciente de médula a corteza), teniendo siempre en cuenta que la densidad de esta madera es siempre superior. No obstante lo anterior, dado el elevado contenido en extractivos del duramen en esta madera (18 %) es necesario efectuar un proceso extractivo previo para que el patrón sea evidente ya que de no hacerlo puede darse el contrario (densidad mayor en el centro que en la periferia), confundiendo al observador.

Este patrón es muy similar cualquiera que sea la clase selvícola analizada, si bien debe remarcarse el hecho de que se ha observado que en zonas de calidad I las curvas densidad extractada-edad se sitúan por encima de las detectadas para las restantes calidades, pese a tener anillos más gruesos, lo que nos lleva a la interesante conclusión de que las mejores calidades de estación llevan aparejadas no sólo anillos más gruesos (mayor producción) sino mayores densidades y que, por tanto, no es posible establecer una relación tamaño del anillo-densidad sin tener en cuenta la calidad de estación. Esto justifica el aparente contrasentido, puesto de manifiesto en la caracterización con probetas de tamaño real, de encontrarnos con maderas que teniendo anillos menores posean densidades también menores y abre la vía a la justa reclamación de eliminar el tamaño del anillo de crecimiento como indicador de la calidad mecánica de una madera.

Este hecho justifica el interesante hallazgo de Tsoumis y Panagiotidis (1980), según los cuales, para pino silvestre y pino laricio (variedad Corsicana), la densidad disminuye conforme la latitud y la altitud aumenta, resultando mayor en las procedencias del Sur frente a las del Norte de Europa. Otro interesante hallazgo, de estos mismos autores, resulta ser el referido a la cantidad de madera de verano, que parece variar con la calidad de estación, si bien con patrones distintos según la especie considerada (mayor en pino silvestre y picea).

Analizadas las curvas resistencia de la madera-edad para las diversas Regiones, puede sugerirse que la resistencia por debajo de los 12 años es mínima, intermedia en el intervalo 12-30 años y relativamente estable y máxima a partir de dicha edad. Si este análisis se efectuase considerando a la vez los valores de la contracción axial, se podría intuir otra vez la presencia de madera juvenil en la clase de edad 0-12, de madera juvenil y de transición en la 12-30 y de madera adulta por encima de dicha edad.

El grado de duraminización de esta madera (considerando un diámetro de 40 cm) es bajo, el 22 %, más parecido al del pino radiata, 20 %, que al del pino silvestre, 35 %. Además, la duraminización en esta especie parece ser un fenómeno más tardío que en otras, ya que no parece comenzar antes de los 40 años mientras que en el pino silvestre este proceso comienza a los 20 años y en el pino radiata hacia los 12 a 15 años. Por otra parte, este proceso no parece ser lineal, no existiendo una relación clara que ligue el número de anillos totales (edad del árbol) con el de anillos de duramen y variando el perfil con la altura dentro del árbol (el máximo no se produce en la base del tronco).

Otro dato interesante de esta especie, sobre todo si se la compara con otros pinos, es su porcentaje de corteza. De los datos de la Tabla 7 se deduce que valores en el intervalo 16-33 % son normales, con un valor medio del 26,4 %, siendo estos valores muy elevados, ya que, por ejemplo, en el pino radiata se pueden considerar valores del 8 % al 23 %, con un valor medio de 14,5 % (López de Roma *et al.*, 1991). Este valor medio del 26,4 % está muy alejado del habitualmente empleado en los proyectos de Ordenación.

Entre las Regiones de Procedencia 7 (Cuenca-Alcarria) y 8 (Cordilleras Béticas) y tomando como base los resultados de las caracterización con probetas de pequeño tamaño, no parecen existir diferencias significativas en cuanto a características físicas del material. Se puede, pues, concluir que estamos ante el mismo material, apreciándose sólo pequeñas diferencias en función de la calidad de estación y de madera. La única diferencia significativa se produce en la madera procedente de Calidad de Estación I y de la «zona exterior» (45-135 años) del árbol para la que se observan diferencias significativas en las propiedades mecánicas a favor de la Región 7 (Cuenca-Alcaraz) pero que se constata que son debidas a pequeñas diferencias en la densidad de la madera, ya que las regresiones que ligan las propiedades mecánicas con la densidad son similares en ambas procedencias.

Respecto de la comparación de los datos de las propiedades físicas de la madera procedente de las Regiones 7, 8, por un lado, y la 6, por otro, referidos todos ellos a una calidad de estación III, es de destacar la mayor densidad básica extractada de la madera procedente de la Región 6 (Alto Maestrazgo), que se traduce en mayores valores de las contracciones totales pero que no generan una significativamente mayor anisotropía de la madera. Podríamos entonces concluir que la madera de la Región 6 será algo más nerviosa y pesada que la de las otras dos Regiones, debiéndose recordar que la Región 6.<sup>a</sup> está incluida dentro de la forma pyrenaica de la subespecie *Salzmannii*.

En tanto no se realicen ensayos mecánicos no se puede concluir definitivamente si la madera de la Región 6.<sup>a</sup> (forma pyrenaica) es más resistente o no aunque, en principio y fundamentado en su mayor densidad básica extractada, es esperable que así sea.

De los datos de la caracterización de madera estructural (Tabla 8) se observa que, con carácter general, la madera de la Región 8 (Cazorla-Segura) presenta una mejor calidad, puesta de manifiesto en un mayor porcentaje de madera clasificada como de primera calidad (ME1), de acuerdo con la norma española de clasificación visual de la madera aserrada con destino estructural, UNE 56.544. Esta diferencia puede ser explicable por el mayor diámetro y edad de los pies apeados en dicha Región (ver Tabla 1). Se observa, también,

que las primeras en la Región 8 son algo mejores que en la Región 7 pero que las segundas (ME2) y rechazos son algo peores. Estas diferencias son, en todo caso, pequeñas y no llevan a pensar que haya una diferencia esencial en cuanto a calidad entre ambas masas.

El análisis de los datos de la Tabla 9, en la que se comparan los datos globales de las caracterizaciones mecánicas de madera estructural efectuadas sobre distintos pinos, lleva a concluir que la evaluación visual (norma UNE 56.544) de la calidad estructural de la madera de pino laricio arroja resultados peores que en otros pinos ya que aporta menores porcentajes de madera clasificada como primera y mayores de madera rechazada. No obstante lo antedicho, si estos rendimientos se analizasen mediante una clasificación por máquina, los resultados serían totalmente opuestos ya que, a igualdad de calidad visual, los valores característicos y medios de resistencia de esta madera son siempre superiores a los del resto de pinos españoles.

De acuerdo con los datos obtenidos, podemos afirmar que la madera de pino laricio es un 20 % más resistente y rígida que la de pino silvestre y un 30 % más que la del pino pinaster, de ahí que se concluya que entre las maderas españolas es la más apta para el trabajo resistente.

## SUMMARY

### Quality and properties of Spanish Laricio Pine (*Pinus nigra* Arn. *Salzmannii*)

An extensive characterisation of Spanish laricio pine, Subsp. *Salzmannii* (*Pinus nigra* Arn. Subsp. *Salzmannii*) lumber has been carried out. The forest area for this species accounts for 352.954 Has and the average production for 310.000 m<sup>3</sup>/year (roundwood with bark).

The study of technological characterisation of *Pinus nigra* Arn. Subsp. *Salzmannii* lumber is focussed only on three (Region 6 «Alto Maestrazgo», Region 7 «Sistema Ibérico Meridional» y Region 8 «Cordilleras Béticas») of the ten Regions of provenance that the species has in Spain due to the special interest of those forests and because they accounts for the 70,57 % of the total area and the 95 % of the total production of sawnwood.

A test sample with 107 trees from 11 different sampling zones has been selected. 2886 boards, 500 disks and a very high number of small clear test samples, coming from 507 logs, has been prepared and tested. All the tests were carried out according to standards. Drying ability and quality have also been studied.

This lumber seems to be highly resistant, with a high level of extractives and with a pronounced level of warp when drying. This lumber also seems to be very appropriated for structural purposes.

**KEY WORDS:** Laricio pine  
Characterisation  
Lumber  
*Pinus nigra*

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- CATALÁN BACHILLER G. *et al.*, 1991. Regiones de procedencia *Pinus sylvestris* L., *Pinus nigra* Arn. Subsp. *salzmannii* F. *Monografía ICONA*, ISBN 84-8014-004-6.
- REMACHA GETE A., 1986. Características del Pino gallego y sus aplicaciones. *AITIM* 02/04, 72 pp
- FERNÁNDEZ-GOLFÍN SECO J.I., GUTIÉRREZ OLIVA A., BAONZA MERINO M.V., DÍEZ BARRA M.R., 1995. Características físico-mecánicas de las maderas de especies de crecimiento rápido de procedencia española. *Revista de Investigación Agraria*, Serie Sistemas y Recursos Forestales 4(2): 179-188.
- FERNÁNDEZ-GOLFÍN SECO J.I., DÍEZ BARRA M.R., GUTIÉRREZ OLIVA A., 1997. Caracterización mecánica de la madera aserrada de pino silvestre de los Sistemas Central e Ibérico mediante probetas de tamaño estructural. *Revista de Investigación Agraria*, Serie Sistemas y Recursos Forestales 6(1y2): 183-215

- FERNÁNDEZ-GOLFÍN SECO J.I., Díez Barra M.R., 1998. Caracterización de la madera aserrada de uso estructural clasificada visualmente de acuerdo con la norma UNE 56.544. *Materiales de construcción* 48(252): 45-59
- FERNÁNDEZ-GOLFÍN SECO J.I. *et al.*, 2000. Caracterización de la madera de *Pinus nigra* Subssp. Salzmannii. Memoria final del proyecto SC 96-045-C.2.2 (Informe interno).
- GÓMEZ LORANCA A., 1996. *Pinus nigra* Arn. En el Sistema Ibérico: Tablas de crecimiento y producción. Monografías INIA n.º 93, 106 pp.
- LÓPEZ DE ROMA *et al.*, 1991. Propiedades y Tecnología de la madera de pino radiata del País Vasco. *Monografías INIA* n.º 80. ISBN 84-7498-387-8. MAPA.241 pp.
- ORTIZ J., CRUZ H., BLANCHON J.L., 1990. Informe final del proyecto MA1B-0129 Standard Quality of Pinus pinaster (informe interno).
- ORTIZ GUTIÉRREZ J., 1991. Características mecánicas de la madera de pino gallego. *AITIM* 150:95-101.
- ORTIZ GUTIÉRREZ J., MARTÍNEZ CALLEJA J.J., 1991. Características mecánicas de la madera de pino gallego, obtenidas a partir de ensayos con piezas de tamaño estructural. *AITIM* 150:95-101. 101.
- TSOUMIS G., PANAGIODITIS N., 1980. Effect of growth conditions on wood quality characteristics of Black Pine (*Pinus nigra* Arn.). *Wood Sci. Technol.* 14:301-310
- UNE 56544, 2000. Clasificación visual de la madera aserrada para uso estructural.
- UNE-EN 338, 1991. Madera estructural. Clases de resistencia.
- UNE-EN384, 1999. Madera estructural. Determinación de los valores característicos de las propiedades mecánicas y la densidad.
- UNE-EN 408, 1999. Madera estructural y madera laminada. Determinación de algunas propiedades mecánicas y de la densidad.