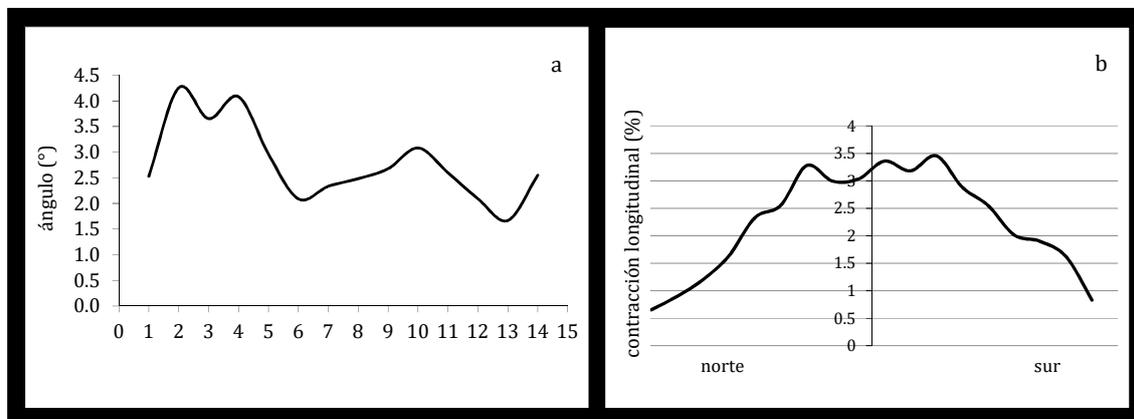


de manera abrupta entre el 4° y el 6° año, un aumento entre el 6° y 11° año, para volver a disminuir posteriormente.

Altos porcentajes de contracción longitudinal pudo apreciarse en los primeros años (hasta el 6° año aproximadamente), disminuyendo posteriormente con la edad del cambium (fig. 5b).



En el proceso de aserrío se evaluó el rendimiento en  $\text{pie}^2/\text{m}^3$ , como así también las diferentes metodologías de secado de rollizos y madera aserrada en cuanto a la calidad de tablas y rendimientos de secado (contenido de humedad final, defectos y deformaciones). El rendimiento promedio, obtenido sobre un muestreo de los rollizos totales fue de  $125,7 \text{ pie}^2/\text{m}^3$ , variando desde  $119,7 \text{ pie}^2/\text{m}^3$  a  $132,7 \text{ pie}^2/\text{m}^3$  en función de la clase diamétrica de los rollizos y la flecha. Mientras que, respecto del proceso de secado, pudo determinarse una pérdida inmediata de humedad desde la fecha de estibado hasta los primeros 30 días, variando desde 140 % -160 % según dimensiones de espesor de tabla hasta 20 %, para luego mantenerse constante a lo largo del tiempo que duró el ensayo (230 días con 12 % de contenido de humedad).

Las deformaciones por el proceso de secado y el rendimiento según el proceso son partes de los resultados que se estaban analizando a la fecha de la presentación de estos resultados. Sin embargo podemos decir que entre las deformaciones más comunes identificadas sobre la madera de pino ponderosa podemos citar al: abarquillado, torcedura de cara, torcedura de canto y el revirado.

Las deformaciones por el proceso de secado y el rendimiento según el proceso son partes de los resultados que se estaban analizando a la fecha de la presentación de estos resultados. Sin embargo podemos decir que entre las deformaciones más comunes identificadas sobre la madera de pino ponderosa podemos citar al: abarquillado, torcedura de cara, torcedura de canto y el revirado.

## Mejoras tecnológicas en la madera juvenil de pino ponderosa para usos en productos sólidos y/o encolados (LIMAD, FCAyF-UNLP)

Propiedades físico-mecánicas de la madera juvenil de pino ponderosa proveniente de cuatro sitios de la provincia de Neuquén (Eleana Spavento, Gustavo Acciaresi, María Mercedes Refort, Gabriel Keil, Gastón Sañudo - LIMAD, FCAyF-UNLP, Estancia San Jorge)

Los máximos valores de carga que una madera puede resistir permiten establecer las aptitudes de uso como madera estructural, mientras que la densidad nos posibilita planificar programas de secado con fines de protegerla del deterioro de la



Proceso, producto y gestión de la madera de pino ponderosa

actividad fúngica o lograr mayor estabilidad dimensional de los productos comercializados. Numerosos son los estudios sobre la aptitud productiva de esta especie, sin embargo, escasos en términos de calidad de su madera. Este aspecto es relevante considerando que las plantaciones de pino ponderosa están aportando materia prima en el mercado maderero local. Según Andia et al. (2007), en la actualidad el mayor volumen de madera procesada proviene de individuos de entre 20 y 28 años, con un alto porcentaje de madera juvenil. La presencia de este tipo de madera impacta negativamente en sus propiedades tecnológicas y en consecuencia en sus aptitudes de uso.

Se presenta en este resumen los resultados de la determinación de las propiedades físico-mecánicas de la madera juvenil de pino ponderosa procedente de 4 sitios de la provincia de Neuquén (tabla 1). De cada sitio se seleccionaron al azar 10 individuos y se trabajó con la primera troza a partir de los 2 metros de la base.

Tabla 1 Datos generales de los cuatro sitios analizados.

Características	Sitio1 (19 años)	Sitio2 (22 años)	Sitio3 (29 años)	Sitio4 (30 años)
	Meliquina		Junín de los Andes	Abra Ancha
Latitud	40°29'23"	40°27'23"	39°55'03"	39°19'03"
Longitud	71°11'31"	71°13'52"	71°05'03"	70°56'36.8"
Exposición	Media loma (Sur)	Fondo de valle	Este	Este
Precipitación	550-660 mm	750-800 mm	500-550 mm	500-550 mm

Listones secos fueron recibidos en el LIMAD, cepillados e inmediatamente dimensionado según la caracterización físico mecánica a evaluar de acuerdo a las diferentes normas IRAM ensayadas (tabla 2).

Tabla 2 Ensayos, normas, cantidad y dimensiones de las probetas.

Ensayo	Norma IRAM	Probetas por sitio	Dimensión (mm)
<b>Propiedades físicas</b>			
Contenido de humedad	9532	50	20 x 20 x 20
Densidades aparentes	9544	50	20 x 20 x 20
Cambios dimensionales	9543	50	20 x 20 x 50
<b>Propiedades mecánicas</b>			
Dureza Janka (Tr, Rd y Tg)*	9570	50	50 x 50 x 150
Flexión estática	9542	50	20 x 20 x 300
Corte	9596	50	50 x 50 x 62
Compresión perpendicular	9547	50	50 x 50 x 150
Compresión paralela	9541	50	50 x 50 x 200

\*Tr: transversal; Rd: radial; Tg: tangencial.

La densidad fue determinada de manera normal (Dn), anhidra (Do) y básica (Db). El punto de saturación de fibras (PSF %), los cambios dimensionales que permiten establecer las contracciones normales máximas en sentido radial (Cn maxrd), tangencial (Cn maxtg) y longitudinal (Cn maxl), el coeficientes de contracción radial (vrd), tangencial (vtg) y longitudinal (vl) y el coeficiente de anisotropía (T/R), describen el conjunto de propiedades físicas ensayadas sobre las probetas (fig. 6).

La flexión estática fue evaluada mediante el módulo de elasticidad –MOE- y el módulo de rotura –MOR-, expresados en N/mm<sup>2</sup>, la compresión paralela y perpendicular al igual que el corte paralelo a las fibras, y la dureza Janka en sentido



Proceso, producto y gestión de la madera de pino ponderosa

radial, tangencial y transversal, describen las propiedades mecánicas de la madera del pino ponderosa ensayadas en este trabajo.



Figura 6 Probetas de 2cm x 2cm x 2cm según diferentes normas IRAM para determinación de las principales propiedades físicas y mecánicas de la madera: esquemas metodológicos.

La densidad de la madera de los cuatros sitios fue clasificada de acuerdo con sus valores promedios como liviana (rango: 0,30–0,45 g/cm<sup>3</sup>) y significativamente diferente entre sitios ( $p < 0,05$ ) (ver tabla 3).

Los valores de Db son inferiores a los hallados por Jovanovski et al. (1998) para el pino ponderosa creciendo en Chile (0,48 g/cm<sup>3</sup>), aunque similares, para el caso de los sitios 3 y 4 al obtenido por Jovanovski et al. (2002) y los presentados precedentemente para la especie en Patagonia argentina (0,38 g/cm<sup>3</sup>). Los valores de Db en el sitio 3 y 4 son similares e incluidos en el mismo rango clasificatorio a los obtenidos para *Pinus taeda* creciendo en Misiones (0,39 g/cm<sup>3</sup>) o del norte de Uruguay e inferiores a los de *Pinus elliottii*.



Tabla 3 Contenido de humedad y densidades según sitios. El coeficiente de variación se expresa en % y es indicado entre paréntesis.

Sitio	CH (%)	*Dn (g/cm <sup>3</sup> )	Do (g/cm <sup>3</sup> )*	Db (g/cm <sup>3</sup> )
1	12,48 a (2,70)	0,36 a (9,85)	0,33 a (10,44)	0,29 a (9,22)
2	12,30 b (3,18)	0,40 b (9,53)	0,37 b (9,55)	0,32 b (9,31)
3	11,06 c (2,38)	0,43 c (4,19)	0,40 c (4,28)	0,36 c (10,14)
4	10,98 c (3,41)	0,46 d (3,10)	0,43 d (2,99)	0,39 d (5,28)

Letras diferentes indican diferencias significativas con el test de Tukey (p<0,05).

\*Densidad aparente normal al 12% de CH.

Los valores de PSF y estabilidad dimensional de la madera de pino ponderosa se presentan resumidos en la tabla 4.

Tabla 4 Cambios dimensionales expresados en %. El coeficiente de variación se expresa también en % y es indicado entre paréntesis.

Sitio*	PSF (%)	Cn maxrd (%)	Cn maxtg (%)	Cn maxl (%)	vrđ	vtg	vl	T/R
1	29,7 a	3,0 a (19,2)	5,2 a (16,1)	0,7 ab (28,6)	0,12 a	0,15 a	0,02 a	1,8 a (16,1)
2	29,3 a	3,3 a (23,1)	5,8 b (11,8)	0,7 a (27,7)	0,12 a	0,20 b	0,03 a	1,8 a (20,8)
3	29,1 a	3,3 a (17,4)	7,8 c (5,0)	1,0 c (21,1)	0,10 a	0,22 b	0,04 bc	2,4 b (13,6)
4	30,2 a	3,7 b (3,8)	6,7 d (6,1)	0,7 b (15,7)	0,12 a	0,15 b	0,05 c	1,8 a (6,5)

Letras diferentes indican diferencias significativas con el test de Tukey (p<0,05).

Los valores de PSF determinados pueden ser considerados normales (25-35%) no pudiéndose establecer diferencias significativas entre sitios, mientras que sí pudieron establecerse efectos sitio significativos para el caso de las contracciones normales máximas. Contrariamente a lo observado con los valores de densidad, no pudo inferirse un patrón definido para las variaciones de los parámetros dimensionales probablemente a la diferencia de edad de las plantaciones en los sitios muestreados. El sitio 3 presentó los valores más altos de contracción longitudinal y tangencial (Cnmaxl 1,0%, Cnmaxtg 7,8%) y T/R (2,4).

Contrariamente a lo esperado, la madera proveniente de individuos con edades superiores presentó valores de contracción longitudinal superior, aunque en todos los casos inferiores o iguales al 1%.

Respecto de sus propiedades mecánicas, a continuación, en la tabla 5 se muestran los valores de flexión estática (MOR y MOE)

Tabla 5 Valores MOR y MOE en flexión estática. El coeficiente de variación se expresa en % y es indicado entre paréntesis.

Sitio	MOR* (N/mm <sup>2</sup> )	MOE* (N/mm <sup>2</sup> )
1	31,10 a (17,93)	3805,74 b (24,90)
2	49,33 b (16,84)	3497,51 b (18,79)
3	52,40 b (13,95)	2447,6 a (29,69)
4	64,24 c (11,58)	3687,0 b (26,37)

Letras diferentes indican diferencias significativas con el test de Tukey (p<0,05)

Puede observarse que el MOR fue muy bajo en el sitio 1 (menor a 49 N/mm<sup>2</sup>), siendo bajo en los restantes sitios (rango 49-93 N/mm<sup>2</sup>). El MOE presentó valores muy bajos en todos los casos (inferiores a 9800 N/mm<sup>2</sup>). Estos valores son inferiores a los hallados en madera de *P. elliotti* y *P. taeda*, encontrándose en el mismo rango clasificatorio (inferiores a 9800 N/mm<sup>2</sup>).

En el caso de la compresión paralela a la fibra encontramos un efecto sitio que podríamos asociar a la edad del material ensayado. Los valores MOR hallados



resultaron muy bajos ( $< 20 \text{ N/mm}^2$ ) en los sitios de menor edad y medios en los sitios 3 y 4. Por otro lado, los valores MOE resultaron muy bajos en todos los sitios (menor a  $5500 \text{ N/mm}^2$ ) (tabla 6). Estos valores son inferiores a los obtenidos en *P. elliotti*.

Tabla 6 Valores MOR y MOE para la *compresión paralela a las fibras*. El coeficiente de variación se expresa en % y es indicado entre paréntesis.

Sitio	MOR (N/mm <sup>2</sup> )	MOE (N/mm <sup>2</sup> )
1	19,00 a (12,56)	2493,67 a (28,11)
2	20,01 a (14,12)	2676,51 a (28,98)
3	27,77 b (22,32)	4182,00 b (48,33)
4	32,52 c (10,75)	5452,00 c (46,00)

Letras diferentes indican diferencias significativas con el test de Tukey ( $p < 0,05$ )

Tabla 7 Valores MOR de *compresión perpendicular y corte paralelo a las fibras*. El coeficiente de variación se expresa en % y es indicado entre paréntesis.

Sitio	Compresión perpendicular (N/mm <sup>2</sup> )*	Corte paralelo (N/mm <sup>2</sup> )*
1	9,76 a (21,25)	7,75 a (12,22)
2	10,39 a (14,81)	8,33 a (17,22)
3	13,29 b (8,08)	8,55 a (6,55)
4	12,28 b (9,36)	7,25 a (10,10)

Letras diferentes indican diferencias significativas con el test de Tukey ( $p < 0,05$ ),

Los valores de *compresión perpendicular* resultaron muy altos ( $> 9,8 \text{ N/mm}^2$ ) mientras que, los valores de *corte* fueron bajos (rango  $3,9\text{-}8,3 \text{ N/mm}^2$ ) en todos los casos. En lo que respecta a los ensayos de dureza Janka, los valores encontrados clasifican la madera como muy blanda ( $< 30 \text{ N/mm}^2$ ) (tabla 8). Los valores Rd y Tg obtenidos en los sitios 3 y 4 fueron similares a los del *P. taeda* del norte de Uruguay.

Tabla 8 Valores de *dureza transversal (Tr), radial (Rd) y tangencial (Tg)*. CV% se indican entre paréntesis.

Sitio	Transversal (N/mm <sup>2</sup> )	Radial (N/mm <sup>2</sup> )	Tangencial (N/mm <sup>2</sup> )
1	23,30 a (15,72)	17,67 a (26,49)	19,30 a (25,36)
2	24,73 a (34,53)	18,86 a (23,43)	19,92 a (27,12)
3	29,77 b (9,05)	24,90 b (15,91)	27,42 b (15,79)
4	28,46 b (17,47)	24,25 b (20,57)	27,17 b (21,24)

Letras diferentes indican diferencias significativas con el test de Tukey ( $P < 0,05$ )

Este trabajo nos permite concluir que, la madera de pino ponderosa estudiada fue liviana, blanda y presenta marcada influencia de la edad en los valores de densidad. Como ya se indicó precedentemente, estos valores son coincidentes con los obtenidos por otros autores para la especie creciendo en la región, pero menores a los de su región de origen. Los cambios dimensionales no siguieron un patrón definido. Se hallaron valores de *contracciones longitudinales* inferiores a los esperados, estableciendo un efecto sitio significativo. El punto de saturación de la fibra está indicado como normal, con valores que varían entre 25 % a 35 %.

Los ensayos de dureza la señalan como una madera muy blanda, mientras que los resultados de los ensayos de flexión estática, módulo de rotura (MOR) y elasticidad (MOE) indican que la madera de pino ponderosa presenta valores bajos (menores a  $90 \text{ N/mm}^2$  y  $4000 \text{ N/mm}^2$ ).



Cuando se analizan los resultados de la compresión paralela, la madera de pino ponderosa presenta valores muy bajos a medianos para el caso de MOR y muy bajos en el caso de MOE. En el caso de la compresión perpendicular, los valores de MOR encontrados la indican como una madera con valores mayores a  $9,8 \text{ N/mm}^2$ . Los valores determinados para el estudio del corte paralelo indican a la madera del pino ponderosa como poco resistente a la rotura.

Los parámetros físico-mecánicos encontrados permiten inferir un comportamiento aceptable de la madera de pino ponderosa para usos estructurales como madera maciza y encolada. Se plantea la importancia de continuar con estudios en madera estructural, continuando con métodos destructivos y experimentando métodos no destructivos que permitirían profundizar sobre la variación intra-específica de la especie, bajo diferentes sistemas de manejo, incorporando los sistemas silvopastoriles como alternativa productiva para la región. La complementación de estos trabajos a nivel intra-individual (variación radial y en altura) resulta relevante para la determinación de la edad a la cual las propiedades comienzan a estabilizarse. Incorporar estos resultados a la herramienta de toma de decisiones permitiría no solo establecer la cantidad de madera a obtener bajo diferentes propuestas de manejo silvícola, sino además, la calidad de los productos maderables.

#### **Comportamiento a la impregnación por vacío y presión de la madera juvenil de pino ponderosa (Gabriel Keil, María Mercedes Refort, Ricardo Cámara, Ismael Andía - LIMAD, FCAyF-UNLP, Empresa Química Bosques S. A., AUSMA-UNCOMA)**

Las maderas de especies forestales cultivadas pueden ampliar sus aptitudes de usos con la incorporación de sustancias químicas tendientes a mejorar su durabilidad natural, densidad, dureza y resistencia al fuego, entre otras características de importancia (Keil 2002). Asimismo, la madera en servicio, está expuesta a ataques de agentes destructores, principalmente insectos y hongos xilófagos, lo cual requiere prever el empleo de tratamientos de protección adecuados mediante la aplicación de productos eficaces y seguros para el hombre y el ambiente. La selección de estos tratamientos implica conocer, la estructura, composición y durabilidad de la madera como así también las condiciones a las que estará expuesta.

La preservación de la madera incrementa su vida útil, mediante procesos físico-químicos, con la incorporación de un producto fungicida y/o insecticida que puede ser una sustancia activa, una formulación o un dispositivo (Andía & Keil 2004). En este sentido, los métodos de preservación pueden ser con o sin presión, siendo el método Bethell o “célula llena” (proceso con presión) el más conocido y empleado en la industria de la impregnación en Argentina (Andía & Keil 2004).

Dentro de los productos preservantes, el arseniato de cobre cromatado (CCA), ha tenido amplia difusión mundial, aunque en la actualidad, se encuentra prohibido para su empleo en viviendas de Europa y EEUU, siendo la tendencia actual la búsqueda de productos ambientalmente más seguros. En este sentido, los compuestos hidrosolubles de boro (inicialmente utilizados como retardadores del fuego) representan un menor compromiso ambiental (considerándose más seguros), entre las alternativas de protección disponible para madera. Estos compuestos protegen a la madera de hongos e insectos, principalmente termitas; sin



Proceso, producto y gestión de la madera de pino ponderosa