

PROYECTO DE INVESTIGACION APLICADA (PIA 10011)

Mejoras tecnológicas en la madera juvenil de pino ponderosa (*Pinus ponderosa* Dougl. ex Laws) para usos en productos sólidos y/o encolados

Keil, G.^{1,6}; E. Spavento^{1,6}; M. Murace^{2,6}; M. Tonello^{2,6}; M. Luna³; G. Acciaresi^{1,6}; L. Maly^{2,6}; M. Refort^{4,6} & I. Andía⁵

INTRODUCCIÓN

En Neuquén, Río Negro y Chubut - Patagonia Argentina - se encuentran forestadas alrededor de 70.000 ha con pináceas, de las cuales 56.000 ha corresponden a *Pinus ponderosa* Dougl. ex Laws. Los principales productos de madera de Pino ponderosa presentes en el mercado local son: postes impregnados y varillas para alambrado, postes para construcción de cabañas, tablas y tacos para pallets y fabricación de bins, tablas y tirantes para encofrado, machimbres, vigas laminadas y ladrillos de madera. La producción de madera aserrada de Pino ponderosa tiene su competencia con la abundante oferta actual de madera de pinos de Misiones y Corrientes - Mesopotamia Argentina -, como *Pinus elliottii*, *P. taeda* e híbridos de *P. elliotti* x *. caribaea*, la cual al presentar valores inferiores de contracción y un bajo coeficiente de anisotropía, se constituye en un material más estable que la madera juvenil de la especie en estudio. Si bien sobre los pinos mesopotámicos existen numerosos estudios, sobre Pino ponderosa la información disponible es escasa. Este proyecto tuvo como objetivo la producción de un aporte significativo al conocimiento sobre mejoras tecnológicas posibles de aplicar en madera juvenil de Pino ponderosa, con vistas a usos y aplicaciones para la construcción, en productos sólidos en piezas enterizas y/o encoladas.

MATERIALES Y METODOS

Se trabajó con madera de pino ponderosa proveniente de 4 sitios de la provincia de Neuquén según el detalle de la 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.

1. Profesor Adjunto.
2. JTP.
3. JTP FCNyM - UNLP.
4. Becaria.
5. Profesor Adjunto AUSMA – UNCOMA.
6. FCAyF – UNLP. Correo electrónico de contacto: gabrieldkeil@yahoo.com.ar

Características	Sitio 1 (19 años)	Sitio 2 (22 años)	Sitio 3 (29 años)	Sitio 4 (30 años)
	Meliquina		Junín de los Andes	Abra Ancha
Latitud	40° 29' 23"	40° 29' 23"	39°55'03"	39°19'03"
Longitud	71° 11' 31"	71° 11' 31"	71°05'03"	70°56'36.8"
Exposición	Media loma (Sur)	Media loma (Sur)	Este	Este
Pptación anual	550-660 mm	550-660 mm	500-550 mm	500-550 mm

Tabla 1. Datos generales de los cuatro sitios analizados.

Se realizaron los estudios siguientes sobre madera de los 4 sitios: propiedades físicas: contenido de humedad, cambios dimensionales y densidades aparentes (IRAM 9532, 9543, 9544); propiedades mecánicas: flexión estática, corte, dureza Janka, compresión paralela y perpendicular (IRAM 9545, 9596, 9570, 9551, 9547).

Sobre madera juvenil del sitio 2 se realizaron los siguientes estudios: anatómicos; químicos; durabilidad natural en laboratorio; pérdida de resistencia mecánica por degradación; estudios de impregnación; durabilidad adquirida, toxicidad y permanencia en laboratorio; comportamiento al fuego; endurecimiento de la madera y tratamientos superficiales. Para los estudios de impregnación, durabilidad adquirida y comportamiento al fuego se emplearon los siguientes productos: paraformaldehído (conc. = 25, 50 y 100%); metaborato de sodio (conc. = 10 y 15%); compuesto de fosfato monoamónico y decaborato de sodio (conc. = 8%); arseniato de cobre cromatado (CCA) (conc. = 2%) y preservante biodegradable en desarrollo (conc. = 5%). Para los estudios de recubrimientos superficiales se emplearon los siguientes productos: esmaltes sintéticos blancos al solvente e hidrosolubles, 3 barnices de mercado, 3 lasures oscuros de mercado, pintura acrílica blanca, lasur semitransparente, lasur de altos sólidos, ambos en desarrollo. Se instalaron 5 expositores que se encuentran en exposición: en La Plata, Bariloche (2). El Bolsón y Trevelin.

Tabla 2. Contenido de humedad (CH) y densidades aparentes normal (Dn), anhidra (Do) y básica (Db).

*Letras diferentes denotan diferencias significativas con el test de Tukey ($p < 0,05$), los coeficientes de variabilidad (CV%) se indican entre paréntesis. ** Densidad aparente normal al 12% de CH.

RESULTADOS Y CONCLUSIONES

En la Tabla 2 se detallan los resultados obtenidos de los ensayos físicos.

TABLA 2

SITIOS	CH (%)*	**DN (G/CM ³)*	DO (G/CM ³)*	DB (G/CM ³)*
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)

En la Tabla 3 se detallan los resultados del estudio de cambios dimensionales.

TABLA 3

SITIO*	PSF (%)	CN MAXRD (%)	CN MAXTG (%)	CN MAXL (%)	VRD	VTG	VL	T/R
1	29,71 a	3,02 a (19,20)	5,20 a (16,08)	0,71 ab (28,63)	0,12 a	0,15 a	0,02 a	1,84 a (16,11)
2	29,26 a	3,30 a (23,04)	5,81 b (11,76)	0,66 a (27,68)	0,12 a	0,20 b	0,03 a	1,88 a (20,76)
3	29,06 a	3,28 a (17,40)	7,86 c (5,00)	0,99 c (21,11)	0,10 a	0,22 b	0,04 bc	2,40 b (13,64)
4	30,17 a	3,72 b (3,85)	6,76 d (6,14)	0,75 b (15,77)	0,12 a	0,15 b	0,05 c	1,82 a (6,53)

Tabla 3. Parámetros dimensionales.

*Letras diferentes denotan diferencias significativas con el test de Tukey ($p < 0,05$); CV% entre paréntesis. Referencias: Punto de saturación de las fibras (PSF); contracción normal máxima radial (Cnmaxrd), tangencial (Cnmaxtg) y longitudinal (Cnmaxl); coeficiente de contracción radial (vrd), tangencial (vtg) y longitudinal (vl); coeficiente de anisotropía o relación contracción tangencial y radial (T/R)

Las propiedades mecánicas halladas se detallan a continuación:

En flexión estática el módulo de rotura (MOR) fue muy bajo en el sitio de 19 años (menor a 49 N/mm²), siendo bajo en los restantes sitios (rango 49-93 N/mm²); el módulo de elasticidad (MOE) presentó valores muy bajos en todos los casos (inferiores a 9800 N/mm²). En compresión paralela a las fibras los MOR hallados resultaron muy bajos (< 20 N/mm²) en los sitios de menor edad y medios en los rodales de 29 y 30 años; asimismo, los MOE resultaron muy bajos en todos los sitios (menor a 5500 N/mm²). En compresión perpendicular y corte paralelo a las fibras resultaron muy altos (> 9,8 N/mm²) y bajos (rango 3,9-8,3 N/mm²), respectivamente y en todos los casos. En dureza Janka la madera de los 4 sitios se clasificó como muy blanda: <30 N/mm². En términos generales, la mayoría de las propiedades de la madera de los sitios de Meliquina se diferenciaron significativamente de los de Junín de los Andes y Abra Ancha. El sitio de Abra Ancha presentó valores superiores en los 5 ensayos mecánicos. Las diferencias encontradas pueden ser debidas a la presencia de madera juvenil en los ejemplares de menor edad como a características del sitio.

En Durabilidad natural, si bien la madera se comportó como “no resistente” frente a *Gloeophyllum sepiarium* y por esto ha de esperarse una vida útil de 5 años o menor en condiciones de uso extremas, su utilidad en servicio expuesta a esfuerzos de flexión se vería aún más limitada al ser degradada por este hongo de pudrición castaña. En esta madera, *G. sepiarium* produce una fuerte caída en los valores de MOR y MOE (49% y 55%, respectivamente, en relación al testigo) con bajo porcentaje de Pp (<5%), perjuicio que en función de las determinaciones realizadas sólo pudo ser evidenciado mediante ensayos mecánicos y la caracterización química del material.

En impregnación profunda, la madera fue “fácilmente impregnable” por el método Bethell (vacío – presión – vacío), con una impregnación total de la pieza, presentando valores aceptables de absorción y retención en todas las soluciones ensayadas.

En los ensayos de **comportamiento al fuego**, la madera impregnada con metaborato de sodio y fosfato monoamónico y decaborato de sodio, presentó una capacidad ignífuga eficiente, mientras que las soluciones de paraformaldehído, el biopreservante y el CCA no proporcionaron propiedades retardantes de llama sobre la madera.

En los estudios de **endurecimiento superficial** se logró la incorporación de silicatos en la madera de Pino ponderosa, con valores de absorción superiores, a los hallados en otras investigaciones para este tipo de impregnantes. Se lograron aumentos en el valor de densidad aparente normal y de dureza en el plano transversal e impermeabilización. Las mejoras en las características naturales, potencian el uso de la madera impregnada con silicatos, en pisos tipo adoquín, tejas y muebles.

En los estudios con **recubrimientos superficiales**, en La Plata a los 180 días de exposición, se observó: los esmaltes sintéticos al solvente y al agua tuvieron buen comportamiento. Los 3 barnices tuvieron un rápido decaimiento con fin de la vida útil a 105 días de exposición. Los 3 lasures tuvieron un buen desempeño y continúan brindando protección. El esmalte blanco acrílico favoreció el agrietamiento de la madera. El lasur semitransparente tuvo deficiencias en el control del desarrollo de hongos, a pesar de esto la micropelícula mantiene sus propiedades iniciales en cuanto a color y brillo. El componente altos sólidos tuvo un buen desempeño debiéndose mejorar su distribución. El testigo se mantuvo dentro de los rangos esperables con un agrisado

superficial, desarrollo de hongos y manchas de los clavos. La evaluación de este ensayo continuará por otros 180 días, completando un ciclo bianual. Los 4 expositores instalados en Patagonia (Chubut y 3 en Río Negro), se encuentran en evaluación.

En los ensayos de **durabilidad adquirida** todos los productos ensayados incrementaron la resistencia con respecto al testigo y en orden decreciente (CCA, Biopreservante, fosfato decaborato, metaborato de sodio, paraformaldehído), en particular frente a la cepa de pudrición castaña (*G. sepiarium*). El grado de aumento de la durabilidad adquirida por la madera de ensayo está estrechamente vinculado al tipo de producto, poniendo en evidencia la toxicidad y permanencia diferencial de las soluciones preservantes. Se observó mayor susceptibilidad al deterioro por *G. sepiarium*, característica representada por las mayores pérdidas de peso (%) obtenidos en los ensayos de toxicidad y permanencia, respecto del material expuesto a pudrición blanca (*Picnoporus sanguineus*). De acuerdo con esto, la resistencia a la degradación (durabilidad natural y adquirida) también depende de la cepa xilófaga. A los fines prácticos, al momento de definir la situación de uso para la cual una madera presenta aptitud, debe considerarse la clase o categoría de durabilidad inferior, en este caso, la obtenida para el material expuesto a *G. sepiarium*.