

# Caracterización preliminar tecnológica de *Pinus ponderosa* (Dougl.) creciendo en Chile

Preliminary technological characterisation of *Pinus ponderosa* (Dougl.) growing in Chile

ALEJANDRO JOVANOVSKI<sup>1</sup>, HERNAN POBLETE<sup>2</sup>, MARCO TORRES<sup>2</sup>, ALICIA FERNANDEZ<sup>2</sup>

<sup>1</sup> CIEFAP, Esquel. Casilla de Correos 14, 9200 Esquel, Chubut, Argentina.

<sup>2</sup> Fac. Ciencias Forestales, Universidad Austral de Chile, Casilla 567, Valdivia, Chile.

## SUMMARY

A preliminary characterisation of *Pinus ponderosa* (Dougl.) wood from thinnings of forest growing in Chile was done. Some physical and chemical properties were determined. The properties of particleboard, pulp and paper manufactured with this wood were also studied.

*Key words:* *Pinus ponderosa*, chemical properties, particleboards, pulp, paper.

## RESUMEN

Se realizó una caracterización preliminar de la madera de raleos de *Pinus ponderosa* (Dougl.) creciendo en Chile. Se determinaron algunas propiedades físicas y químicas. También se estudiaron las propiedades de tableros de partículas, de pulpa y de papel, fabricados con esta madera.

*Palabras claves:* *Pinus ponderosa*, propiedades químicas, tableros, pulpa, papel.

## INTRODUCCION

Entre las coníferas de rápido crecimiento que se presentan como alternativa para el desarrollo comercial de plantaciones, recuperación de terrenos deforestados y bajo erosión en el cono sur, se destaca el Pino Ponderosa (*Pinus ponderosa* Dougl.). Esta es una de las especies más plantadas en el oeste de la Patagonia Argentina (Gonda y Mondino 1995) y en la XI Región de Chile, alcanzando en la actualidad superficies importantes desde el punto de vista económico. A pesar de los buenos crecimientos observados en el Pino Ponderosa tanto en Argentina (Andenmatten y Letourneau 1997) como en Chile (Gilabert y Peters, 1997), no se tienen suficientes antecedentes respecto a las aptitudes y características tecnológicas de esta madera.

El presente trabajo se desarrolló para realizar un aporte respecto a las posibilidades de utilización del Pino Ponderosa, para lo cual se plantearon los siguientes objetivos:

- Caracterizar la madera a partir de sus principales propiedades físico-químicas.

- Determinar las propiedades físicas y mecánicas de tableros de partículas.
- Evaluar la respuesta de la especie a un programa de pulpage Kraft y determinar las propiedades físicas y mecánicas de pulpas y papeles.

## METODOLOGIA PARA CARACTERIZACION DE LA MATERIA PRIMA

El material utilizado para los ensayos fue madera procedente de plantaciones en Valdivia, Chile. Por lo anterior, debe tenerse en cuenta que es necesario profundizar este estudio considerando un número de muestras mayor, que representen la variabilidad de las propiedades estudiadas.

Las determinaciones efectuadas en la materia prima fueron:

*Ancho de anillos:* las mediciones correspondientes se efectuaron sobre rodela extraídas de la parte inferior del rollizo.

*Densidad básica:* determinada cada tres años en listones radiales obtenidos de las rodela usadas para determinar edad y ancho de anillos.

*Longitud de fibra:* el largo de fibra se obtuvo de una muestra de pulpa Kraft, mediante proyección sobre una mesa digitalizadora.

*Análisis químicos:* las determinaciones químicas realizadas fueron: Densidad de astillas (TAPPI T 258-om-85), Holocelulosa (Método de Poljak), Lignina (TAPPI T 222-om-88), Cenizas (TAPPI T 15-om-88), Extraíbles en Etanol-Tolueno (TAPPI T 204-om-88), Extraíbles en Soda (TAPPI T 212-om-88), Extraíbles en agua fría (TAPPI T 207-om-88), Extraíbles en agua caliente (TAPPI T 207-om-88), Valor de pH según Poblete (1983), Capacidad tampón según Dix y Roffael (1997).

#### METODOLOGIA PARA PRODUCIR TABLEROS DE PARTICULAS

*Fabricación y caracterización de partículas.* El material proveniente del bosque fue descortezado, astillado y posteriormente procesado en un molino de anillos. Las partículas obtenidas fueron secadas hasta un contenido de humedad de 1.5% y clasificadas en cinco tamaños. Para cada clase de tamaño se determinó el largo, espesor y coeficiente de esbeltez ponderado.

*Adhesivo.* Se empleó ureaformaldehído (concentración 65%) con un factor de encolado de 8%. Como hidrófobo se agregó una emulsión de parafina en una cantidad equivalente al 1 % del peso de la resina sólida. El catalizador, cloruro de amonio al 20%, se aplicó en una proporción de 10 ml cada 100 g de adhesivo.

*Prensado.* Los tableros se fabricaron con 18 mm de espesor y una capa. En el prensado se aplicó una temperatura de 190° C y una presión máxima de 3.5 N/mm<sup>2</sup>. Luego de 90 segundos, la presión se redujo a 1.4 N/mm<sup>2</sup>.

*Propiedades.* Se determinaron densidad (DIN 52 361), hinchamiento (DIN 52 364), tracción (DIN 52 365), flexión (DIN 52 362) y absorción de agua (ASTM 1037 con probetas DIN 52 364).

#### METODOLOGIA PARA OBTENCION DE PULPAS KRAFT

El material utilizado para este ensayo fueron astillas de tamaño entre 7/8 y 3/8 de pulgada, con un contenido de humedad del 13%.

*Condiciones de pulpaje.* La digestión se efectuó con el equivalente a 800 g de astillas secas. Las condiciones de pulpaje aplicadas fueron: álcali activo = 20% como óxido; sulfidez = 30%; temperatura máxima = 170° C; tiempo hasta temperatura máxima (desde 90° C) = 90 min; tiempo a temperatura máxima = 10 min, relación lejía/madera 4/1 (1/k).

Del proceso se obtuvo un compuesto químico residual y material fibroso. Este último se clasificó en un harnero plano vibratorio, separando el material grueso (haces de fibras, nudos) de las fibras individuales. Ambos materiales se cuantificaron para conocer su rendimiento. La pulpa clasificada fue batida (TAPPI T-200 cm 85) y con ella se formaron hojas de 60 g/m<sup>2</sup>, sobre las que se evaluaron las propiedades físico-mecánicas. Al compuesto químico residual, lejía negra, se le determinaron la concentración de álcali residual y los sólidos totales.

*Análisis de las respuestas al pulpaje.* Se determinaron rendimiento clasificado, rechazo, rendimiento volumétrico (Procter, citado por Zárate y Torres 1985), índice Kappa (TAPPI 236 cm 85), álcali residual (TAPPI 625 cm 85), álcali consumido y sólidos totales (TAPPI 625 cm 85).

*Propiedades de la pulpa batida.* Los análisis consideraron la medición de drenaje (Schopper-Riegler), densidad aparente (TAPPI 220-om-88), longitud de ruptura (TAPPI 404-om-87), factor de explosión (TAPPI 403-om-85), y factor de rasgado (TAPPI 414-om-88).

## RESULTADOS

### CHARACTERIZACION DE LA MATERIA PRIMA

*Ancho de anillos, densidad y largo de fibras.* La edad de los rollizos empleados fue de 23 años. En el cuadro 1 se presentan los valores obtenidos para ancho de anillos, densidad básica de la madera y largo de fibras.

El ancho de anillos registrado corresponde al de una madera de rápido crecimiento. Si se compara con el ancho de anillos promedio del Pino Radiata para la localidad de Valdivia, que es de 6.5 mm (Delmastro *et al.* 1981), los valores registrados para *P. ponderosa* son menores. Sin embargo, el rango de variación del Pino Radiata es

CUADRO 1

Ancho de anillos, densidad de la madera y largo de fibras.  
Ring width, wood density and fibre length.

	Promedio	Mín	Máx	Des. Est.	CV (%)
Ancho de anillos (mm)	5.624	3.040	9.430	1.741	30.95
Densidad (gr/cm <sup>3</sup> )	0.484	0.467	0.497	0.012	2.42
Largo de fibras (µm)	2091	1123	3253	0.532	25.43

considerablemente mayor, dado que alcanza valores mínimos de 0.60 mm y máximos de 25.5 mm (Delmastro *et al.* 1981).

La densidad básica registrada es mayor que la determinada en los sitios de origen en América del Norte (Haygreen y Browyer 1982). No obstante los valores se encuentran dentro del rango normal para esta madera. Haygreen y Browyer (1982) registran densidades entre 0.27 g/cm<sup>3</sup> y 0.54 g/cm<sup>3</sup>. La densidad promedio calculada por Delmastro *et al.* (1981) para Pino Radiata, creciendo en la localidad de Valdivia, fue de 0.44 g/cm<sup>3</sup>, valor menor que el obtenido en Pino Ponderosa en este trabajo.

Los valores promedio de largo de fibras son normales para coníferas. En un estudio anterior sobre Pino Ponderosa se registró un promedio de 1680 µm (Repetti *et al.* 1989). Delmastro *et al.* (1981) determinaron en Pino Radiata, creciendo en Valdivia, largos de fibras entre 1790 µm y 4240 µm con un promedio de 2882 µm.

*Composición química de la madera.* La determinación de la composición química entregó los resultados que se presentan en el cuadro 2. Para contrastar dichos resultados se incluyen en el cuadro los antecedentes reportados por Fengel *et al.* (1975) para la especie.

Los contenidos de holocelulosa y de lignina son similares a los más altos reportados por Fengel y Grosser (1975). Sin embargo, la proporción de lignina en la madera y los porcentajes de solubles están dentro de los rangos normales para una conífera poco resinosa y son similares a los informados por Fengel y Grosser (1975).

Tanto el valor de pH como la capacidad tampón revelan que se trata de una madera que no debiera presentar problemas en sus reacciones

CUADRO 2

Composición química de la madera.  
Chemical composition of wood.

Compuesto	Resultados obtenidos	Resultados de Fengel (1975)
Holocelulosa (% bmsle)	71.6	66.3-69.9
Lignina (% bmsle)	27.7	22.8-26.7
Etanol-Tolueno (% bms)	2.5	-
Soda 1% (% bms)	13.2	-
Cenizas (% bms)	0.19	0.20-0.46
Agua fría (% bms)	2.3	1.0-4.1
Agua caliente (% bms)	3.7	4.3-6.2
Acidos volátiles (% bms)	0.028	-
Valor de Ph	4.8	-

bmsle: Porcentaje base madera seca libre de extraíbles.

bms: Porcentaje base madera seca.

químicas durante los pulpajes y en el encolado. La capacidad tampón se presenta en la figura 1.

#### PRODUCCION DE TABLEROS

*Tamaño y coeficiente de esbeltez de las partículas.* En el cuadro 3 se observa que la clase más importante, en cuanto a su proporción en el total, es la de mayor tamaño (> 4.0 mm). No se encontraron variaciones importantes de espesor en las primeras tres clases de granulometría, que constituyen más del 60% de la materia prima. Lo anterior indica que se trata de un material muy homogéneo, apto para la elaboración de tableros de una capa.

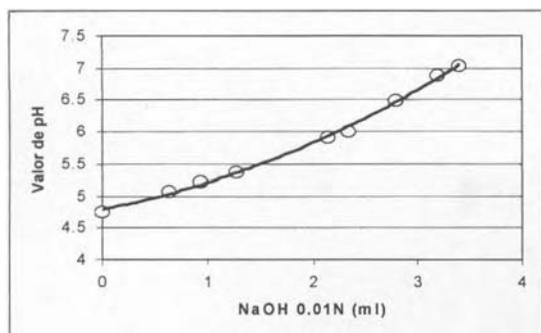


Figura 1. Capacidad tampón.  
Buffer capacity.

CUADRO 3

Tamaño y coeficiente de esbeltez de las partículas.  
Particle size and slenderness ratio.

Tamaño (mm)	Proporción (%)	Largo (mm)	Espesor (mm)	CE
> 4.0	40.95	28.88	0.49	58.91
4.0-2.0	17.06	18.71	0.41	45.60
2.0-1.4	13.00	9.78	0.40	24.69
1.4-1.0	10.92	9.92	0.34	29.21
1.0-0.5	13.88	5.60	0.15	36.84
< 0.5	4.19	3.60	0.14	25.71
Media ponderada		18.30	0.39	44.49

CE : Coeficiente de esbeltez

En cuanto al coeficiente de esbeltez, se puede señalar que los valores obtenidos son ligeramente superiores a los informados por Poblete y Sánchez (1991) para Pino Radiata.

Propiedades físicas de los tableros. En el cuadro 4 se resumen los resultados obtenidos en la evaluación de las propiedades físicas de los tableros.

La razón de compresión (densidad del tablero/densidad de la madera) alcanzada fue de 1.22, lo cual indica que existió una compresión de la madera durante el prensado, que favorece las propiedades físicas y mecánicas de los tableros (Vital *et al.* 1974).

CUADRO 4

Propiedades físicas de los tableros.  
Physical properties of boards.

Propiedad	Promedio	Mínimo	Máximo	Des. Est.	CV
Densidad (gr/cm <sup>3</sup> )	0.593	0.536	0.656	0.031	5.155
Hinchamiento 2 hs (%)	20.757	14.432	25.946	2.704	13.03
Hinchamiento 24 hs (%)	24.242	19.280	29.523	2.525	10.42
Absorción 2 hs (%)	103.006	90.119	115.402	6.053	5.88
Absorción 24 hs (%)	116.142	103.592	129.269	6.266	5.40

Para hinchamiento a 2 horas el requerimiento de la norma DIN 68.761-1 es 8%. Los paneles no cumplen con esta especificación, a pesar de poseer una sustancia hidrófoba. Debe tenerse presente que los tableros se componen de un estrato de material de capa media, lo que favorece el hinchamiento. La baja diferencia que se observa entre el hinchamiento a las 2 y 24 horas (3.48%) demuestra la eficiencia del hidrófobo. No se logró una buena correlación entre esta propiedad y la densidad de tablero.

En absorción de agua las normas DIN y ASTM no establecen valores de referencia, por lo que los resultados de este ensayo sirven sólo como un antecedente complementario. En la figura 2 se presentan las correlaciones encontradas entre la absorción y la densidad de los tableros.

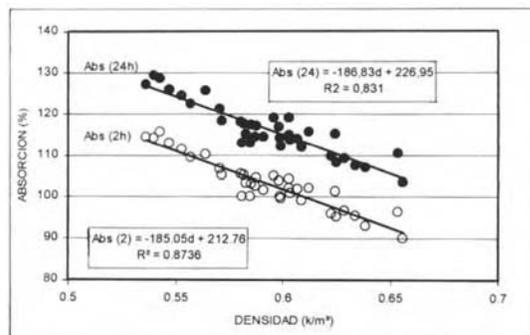


Figura 2. Absorción de agua (2 y 24 h) y densidad de tablero.

Water absorption (2 and 24 h) and board density.

En la figura 2 se observa que a medida que aumenta la densidad del tablero disminuye la absorción de agua. Tendencias similares han sido informadas por Urzúa y Poblete (1980). Para ambos tratamientos (2 y 24 horas) se obtuvieron altos coeficientes de correlación ( $R^2$ ).

*Propiedades mecánicas de los tableros.* Los resultados de las determinaciones de las propiedades mecánicas se presentan en el cuadro 5.

CUADRO 5

Propiedades mecánicas de los tableros fabricados.  
Mechanical properties of boards.

Propiedad	Promedio	Mínimo	Máximo	Des. Est.	CV (%)
MOR (N/mm <sup>2</sup> )	18.73	12.75	23.73	2.79	14.88
MOE (N/mm <sup>2</sup> )	1968.45	1419.87	2524.21	234.95	11.94
Tracción (N/mm <sup>2</sup> )	0.588	0.557	0.635	0.02	3.35

El valor de flexión exigido por la norma DIN 68.761-1 es de 16 N/mm<sup>2</sup>, por lo que el promedio obtenido se puede considerar adecuado, aunque el coeficiente de variabilidad es alto. Se debe tener presente que en este caso se trata de tableros de una capa con partículas del tipo "capa media", por lo que esta propiedad se ve especialmente desfavorecida. Al analizar la posible relación de flexión con densidad de tablero, se observó una gran dispersión de los valores, no encontrándose correspondencia entre ambos. En el caso del módulo de elasticidad, las normas consultadas no establecen requisitos para tableros de una capa.

Los resultados obtenidos en tracción superan la exigencia establecida por la Norma DIN 68.761-1 (0.35 N/mm<sup>2</sup>). Al igual que en el análisis de flexión, se determinó que, con las condiciones de este estudio, no se dio una relación entre densidad y tracción.

OBTENCION DE PULPA KRAFT

*Respuestas al pulpaje.* Los pulpajes Kraft de Pino Ponderosa dieron como resultado un rendimiento clasificado de 47.4% bms y una fracción de recha-

zo de 2.6% bms. El rendimiento volumétrico del proceso fue de 200 kg/m<sup>3</sup> y la pulpa obtenida registró un índice Kappa de 35.

La demanda de reactivos químicos durante el pulpaje fue adecuada para las condiciones utilizadas, lo que se corrobora por el nivel de álcali consumido que fue de 13.7% bms.

Al comparar los resultados del estudio con los informados por Repetti *et al.* (1989) para la misma especie, se constató que el rendimiento clasificado es 8% más alto y que el contenido de lignina remanente en la pulpa es 85% más bajo que el determinado por el citado autor. Las condiciones de pulpaje aplicadas por Repetti *et al.* (1989) son distintas, ocupando una carga de reactivos químicos (álcali activo y sulfidez) menor, por lo que las diferencias pueden atribuirse al proceso tanto como a características de la materia prima.

Como referencia puede citarse que en madera de Pino Radiata de 22 años de edad, Martínez *et al.* (1989) determinaron que con un índice Kappa de 30 el rendimiento clasificado obtenido era de 48.1% similar al valor registrado en el presente estudio.

*Propiedades de las pulpas y de los papeles.* En el cuadro 6 se presentan los resultados de las propiedades determinadas con cinco condiciones diferentes de batido.

CUADRO 6

Propiedades de las pulpas.  
Pulp properties.

Tiempo de batido (min)	0	5	37	51	59
Drenaje (°SR)	14	15	25	35	45
Densidad aparente (g/cm <sup>3</sup> )	0.44	0.54	0.75	0.84	0.87
Índice de ruptura (kNm/k)	32.1	42.7	76.5	92.5	101.5
Índice de explosión (MN/k)	4.68	6.34	8.95	10.25	11.10
Índice de rasgado (Nm <sup>2</sup> /k)	15.9	17.8	12.3	10.9	10.2

Los resultados que se presentan en el cuadro 6 demuestran que el comportamiento de Pino Ponderosa a medida que se incrementa el tiempo de batido y el drenaje, es similar al de otras coníferas. Se registra un aumento de la densidad aparente, de la resistencia a la ruptura y a la explosión, y al mismo tiempo una disminución de la resistencia al rasgado.

Comparando los resultados del cuadro 6 con los obtenidos por Repetti *et al.* (1989), se observa que la resistencia a la ruptura, para un drenaje de 40°SR, es aproximadamente un 6% mayor en el presente trabajo. Asimismo la resistencia al rasgado es aproximadamente 40% más alta que la obtenida por Repetti *et al.* (1989).

Paz y Melo (1987) determinaron las propiedades de papeles con Pino Radiata creciendo en Chile, registrando con un drenaje de 30°SR una resistencia a la ruptura que es 20% mayor que la calculada para Pino Ponderosa.

#### BIBLIOGRAFIA

- ANDENMATTEN, E., F. LETOURNEAU. 1997. Tablas de Volumen de Rodal para *Pseudotsuga menziesii* (Mirb.) Franco y *Pinus ponderosa* (Dougl.) Laws de Aplicación en la Región Andino-Patagónica de las Provincias de Chubut y Río Negro, Argentina. IUFRO Conference: Modelling Growth of Fast-Grown Tree Species. Valdivia, Chile: 146-154.
- DELMASTRO, R., J. E. DIAZ-VAZ, J. E. SCHLATTER. Variabilidad de las Características Tecnológicas Hereditarias del *Pinus radiata* (D. Don): Informe N°3. Proyecto CONAF/PNUD/FAO/CHI/76/003. Chile, 187 p.
- DIX, B., E. ROFFAEL. 1995. "Zum Verhalten des Splint- und Kernholzes der Lärche (*Larix decidua*) bei der Herstellung von feuchtbeständigen Spanplatten unter Einsatz verschiedener Bindemittel", *Holz als Roh- und Werkstoff* 53: 357-367.
- FENGEL, D., D. GROSSER. 1975. "Chemische Zusammensetzung von Nadel- und Laubhölzern. Eine Literaturübersicht", *Holz als Roh- und Werkstoff* 33: 32-34.
- GILABERT, H., R. PETERS. 1997. Modelos de Crecimiento y Rendimiento de Pino Oregón y Pino Ponderosa en la XI Región de Chile. IUFRO Conference: Modelling Growth of Fast-Grown Tree Species. Valdivia, Chile. 10-18.
- GONDA, H., V. MONDINO. 1995. Producción Acelerada de Plantines de Pino Ponderosa y Pino Oregón en los Andes Patagónicos. Anales Volumen 1. Centro de Investigación y Extensión Forestal Andino Patagónico (C.I.E.F.A.P.), 242 p.
- HAYGREEN, J., J. BROWYER. 1982. *Forest Products and Wood Science. An Introduction*. The Iowa State University Press / Ames, 495 p.
- MARTINEZ, G., F. PACHECO, L. SANDOVAL. 1989. Pino Radiata D. Don: Caracterización, Bondades y Potencialidades. V Congreso Latino Americano de la Celulosa y el Papel. Santiago de Chile, 19-28 p.
- PAZ, J., R. MELO. 1987. "Nuevas especies en la producción de celulosa", *Celulosa y Papel*: Vol 3. N° 1: 13-15 p.
- POBLETE, H. 1983. Veränderungen in Holzspänen während der Trocknung und des Pressens zu Holzspanplatten. Dissertation, U. Göttingen, 157 p.
- POBLETE, H., J. SANCHEZ. 1991. "Tableros con corteza de *Pinus radiata*", *Bosque* 12 (1): 17-26.
- REPETTI, R. E. FONTANA, G. DE ROSA. 1989. Aptitud papelera de los pinos ponderosa y murrayana y de varias especies de álamos cultivadas en zonas bajo riego. V Congreso Latino Americano de la Celulosa y el Papel. Santiago de Chile, 39-54 p.
- URZUA, D., H. POBLETE. 1980. Utilización silvoagropecuaria de los terrenos de Ñadis. Informe de Convenio 22, Universidad Austral de Chile, Fac. Cs. Forestales-SERPLAC X Región, 140 p.
- VITAL, B., N. LEHMANN., R. BOONE. 1974. "How species and board densities affect properties of exotic hardwoods particleboards", *For. Prod. J.* 24 (12): 37-45.
- ZARATE, M., M. TORRES. 1985. Influencia del Estado Sanitario de la Madera en el Pulpaje Kraft. II Jornadas Técnicas de la Celulosa y el Papel. Asociación Técnica de la Celulosa y el Papel. ATCP-Chile.