

# Caracterización xilo-tecnológica de la madera de una plantación adulta de *Pinus ponderosa* de la Patagonia Argentina

LETOURNEAU, F.J.<sup>1</sup>; MEDINA, A.A.<sup>2</sup>; ANDIA, I.R.<sup>2</sup>; ANDENMATTEN, E.<sup>1</sup>; DE AGOSTINI, N.<sup>3</sup>; MANTILARO, N.<sup>2</sup>

## RESUMEN

El conocimiento de las propiedades de la madera es esencial para su mejor utilización. Las maderas juvenil y madura difieren en su aptitud de uso, la primera puede emplearse como madera redonda o estructural limitada en escuadrías grandes mientras que la madura puede emplearse en carpintería de obra, machimbre de calidad u otros usos más valiosos. Por ello es importante establecer el momento de transición entre ambas como así también otras propiedades de resistencia de esta especie a edades avanzadas. Para esto se estudió a) longitud de traqueidas, para diferenciar la madera juvenil y la madura; b) densidad básica; y c) propiedades de resistencia mecánica en probetas de la troza basal. El estudio se realizó en una plantación de 55 años, en 12 árboles de 43 cm de diámetro a la altura del pecho y 27 m de altura. Las muestras de traqueidas y densidad básica se tomaron a 0,3 m y a 13,4 m en la base de la copa, en sentido radial desde la médula. En ambos casos la primer muestra a los cinco años y luego cada diez. Los resultados fueron: a) La transición de madera a 0,3 m se produjo cerca de los 20 años; b) la densidad básica promedio a 0,3 m fue de 0,42 gr/cm<sup>3</sup> (n=66), y en la base de la copa fue de 0,36 gr/cm<sup>3</sup> (n=37). Se observó un patrón de variación de la densidad básica en sentido radial, que podría indicar un proceso incipiente de duraminización a la altura del tocón; c) Las pruebas de flexión establecieron que el módulo de elasticidad (MOE) fue de 8.000 MPa, mientras que el módulo de rotura (MOR) fue de 72 MPa.

**Palabras claves:** Pino ponderosa, Tecnología de la madera, Plantaciones forestales.

## ABSTRACT

*Knowledge of the properties of the wood is essential to their best use. Juvenile and mature wood differ in their fitness for use, the first can be used as round timber, limited structural scantlings while the mature large can be used in joinery, quality facing or other more valuable uses. It is therefore important to establish the time of transition between the two as well as other properties of wood resistance of this species at older ages. For this, we studied a) tracheid length to differentiate juvenile / mature wood b) Basic density, and c) mechanical*

<sup>1</sup>Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria, EEA Bariloche "Dr. Grenville Morris", Pcia. de Río Negro, Argentina.

Correos electrónicos: letourneau.federico@inta.gov.ar, andenmatten.ernesto@inta.gov.ar,

<sup>2</sup>Universidad Nacional del Comahue, Asentamiento Universitario San Martín de los Andes, Pcia. de Neuquén.

Correos electrónicos: ismaelandia@gmail.com, andrepampa@yahoo.com.ar, nicolasmantilaro@yahoo.com.ar.

<sup>3</sup>Servicio de Prevención y Lucha de Incendios Forestales, Provincia de Río Negro, Argentina. Correo electrónico: ndeagostini@gmail.com.

*strength properties of samples from bottom logs. The study was conducted in a plantation of 55 years, in 12 trees of 43cm dbh and height 27m. Tracheids samples and basic density were taken at 0.3 m and 13.4 m at the base of the crown, radially from the core, the first sample to five years and then every ten years. The results were: a) The transition of wood at 0.3 m occurred about 20 years, b) the average basic density at 0.3m was 0.42 g/cm<sup>3</sup> (n = 66), and at the base of the crown was 0.36 g/cm<sup>3</sup> (n = 37). We observed a pattern of variation of the basic density radially, which may indicate an incipient duraminization at stump height c) bending tests established that the MOE of 8.000MPa, while MOR was 72MPa.*

**Keywords:** Ponderosa Pine, Wood technology, Tree plantations

## INTRODUCCIÓN

En la región Andino-Patagónica, las plantaciones de *Pinus ponderosa* (Douglas ex Lawson & C Lawson) y otras especies del género u otras coníferas, se realizan de manera sostenida a partir de la década del 1970, y sólo en la provincia de Neuquén existe una superficie aproximada de 58.000 hectáreas (MINAGRI, 2011, Inventario permanente de plantaciones forestales).

Se han realizado numerosos estudios sobre la aptitud tecnológica de esta especie, y existen algunos trabajos relacionados con las características de su madera, aunque se corresponden con plantaciones jóvenes y jóvenes a maduras (Jovanoski *et al.*, 1998; Jovanoski *et al.*, 2002; Lomagno, 2003, 2006; Zingoni *et al.*, 2007; Martínez Meier *et al.*, 2011), pero no de edad avanzada como aquí se expone.

En coníferas, la principal causa de variación de las características de su leño es la presencia de madera juvenil, cuyo estudio ha tenido una importancia creciente a partir de la utilización de grandes cantidades de esta clase de madera. El leño juvenil corresponde al xilema que se ubica en la porción central del árbol producido a edades tempranas y es mediado por un proceso de maduración de las células del cambium. Las características anatómicas, químicas y físicas de la madera juvenil varían progresivamente hacia el leño maduro, que se ubica en las zonas periféricas del tronco, donde dichas características son más estables (Yang y Benson, 1997). La madera juvenil de las coníferas presenta, respecto de la madera madura, células de menor longitud, menor peso específico, mayor contracción longitudinal, menores contracciones transversales, y menor resistencia (Thomas, 1985; Brazier, 1985; Barnet, 2003). La combinación de porciones del leño dentro del tronco con marcadas diferencias en sus propiedades genera defectos en los productos industrializados. Por ello la importancia de establecer en qué momento de la vida del árbol ocurre este proceso, de tal forma de poder estimar los volúmenes de madera de ambas características. Existe un antecedente en un ejemplar de *P. ponderosa* cultivado en Patagonia Norte, (Zingoni *et al.*, 2007) donde se determinó la ocurrencia de este proceso en un árbol de 50 años de edad, donde la transición entre madera juvenil y madura se producía alrededor de los 20 años de edad. Una forma de establecer el momento de

transición es observar gráficamente cuando se produce el cambio en la tendencia de alguna característica de la madera generalmente longitud de traqueidas y densidad de la madera (Cown, 1992; Moya Roque *et al.*, 2003).

Por otra parte, la densidad también es una característica que ha sido utilizada como indicador de su resistencia. Por ejemplo, Jovanoski *et al.* (1998), Jovanoski *et al.* (2002) y Martínez Meier *et al.* (2011) establecieron valores de densidad de la madera de *P. ponderosa* creciendo tanto en la Argentina como en Chile y para distintas condiciones de crecimiento. Lomagno (2003, 2006) estableció valores del módulo de elasticidad y de rotura para postes delgados de esta especie y dio recomendaciones para el diseño de piezas para uso estructural pero, a pesar de estos trabajos, es escasa la información de resistencia mecánica de madera de *P. ponderosa* provenientes de plantaciones maduras.

## Objetivo del trabajo

Los objetivos de este trabajo fueron determinar la edad de transición de madera juvenil a madura, conocer la densidad básica y su variación radial, y caracterizar las propiedades mecánicas de esta.

## MATERIALES Y MÉTODOS

Las muestras para este estudio se obtuvieron de dos parcelas experimentales de 2500 m<sup>2</sup> de superficie cada una, emplazadas en el Campo Forestal Gral. San Martín, (42° S, 71,30° O), dependiente de la EEA Bariloche del INTA. La edad de la plantación al momento del muestreo era de 55 años de edad. Las parcelas deben su origen a ensayos de crecimiento de especies establecidos en la década de 1950. Al inicio fueron plantadas con marco espacial regular de 1,5 m x 1,5 m. Luego se realizaron varios raleos de distintas intensidades. Las características especiales para la utilización de este material de estudio es su edad avanzada y su localización en un sitio de calidad intermedia, que son cualidades poco comunes en sitios con plantaciones de esta especie. Al momento del estudio las parcelas presentaban un diámetro medio cuadrático de 35,3 y 36,1 cm, con un área basal de 60 m<sup>2</sup>/ha y 40 m<sup>2</sup>/ha respectivamente, con un índice de densi-

dad de rodal de Curtis (1982) de 10,1 y 5,7. Estos representan valores recomendables de densidad de rodal máximo y mínimo para la producción de madera con destino aserrable en la región de estudio. En las dos parcelas se seleccionó al azar un árbol por cada clase diamétrica presente, con un total de 12 árboles, con un diámetro a la altura del pecho (DAP) promedio de 43 cm ( $\pm 9$ ) y 28 m ( $\pm 3,2$ ) de altura. De cada ejemplar apeado se midió el DAP, la altura total y la altura de inicio de la copa viva que alcanzó los 13,4 m ( $\pm 2,0$ ). Los árboles fueron trozados de acuerdo a longitudes estándares de comercialización tomándose una rodaja a 0,30 cm de altura del suelo y otra al inicio de la copa viva. Las primeras trozas fueron aserradas en cortes tipo sandwich produciéndose tabloncitos de hasta 2" de espesor.

Las rodajas fueron pulidas hasta obtener una clara visibilidad de los anillos de crecimiento para lograr su correcto fechado. Se trabajó en cada rodaja con el radio donde mejor se observaba los anillos, estaleciéndose puntos de muestreo comenzando en el quinto anillo desde el centro hacia la corteza y luego cada diez años. Estas muestras tenían un tamaño aproximado de 1 cm x 1cm, abarcando más de un anillo de crecimiento. Estas muestras fueron destinadas a la realización de los macerados para la medición de la longitud de traqueidas y para las determinaciones de la densidad básica.

De los tabloncitos de 2" se seleccionó aquel de ubicación central en el rollizo y se tomaron dos secciones de 1,5 m de longitud, una en la porción inferior y otra en la superior, para la confección de las 91 probetas para el ensayo destructivo de flexión estática de acuerdo a la Norma ASTM D-143.

Los macerados se realizaron mediante la técnica de Franklin (1937) y la medición de las traqueidas según metodología propuesta por el comité IAWA (2004) y de acuerdo a recomendaciones de Muñiz y Coradin (1991), con la medición en microscopio electrónico con ocular micrométrico de 30 traqueidas para cada grupo de anillos y altura del árbol totalizando 3180 traqueidas medidas.

Para la determinación de la densidad básica las muestras se colocaron en agua hasta su saturación para obtener su peso, luego se secaron durante 24 horas a temperatura ambiente, y se colocaron en una estufa de secado con temperaturas de 103° C hasta obtener su peso anhidro. Entre el momento de extracción de la estufa y del pesado se colocaron en una campana de desecación con gel de sílice para evitar que adquieran humedad del ambiente. Con las variables de peso saturado y peso anhidro se calculó la densidad para cada muestra, utilizando la fórmula del máximo contenido de humedad de acuerdo a Smith (1954, ecuación [1]) comparable con otros métodos como el de Rojas García y Villers Ruiz (2005), tanto para las muestras destinadas a la realización de los macerados como aquellas empleadas para los ensayos de flexión. Para esta última determinación se empleó una máquina de ensayos universal, con una celda de carga de 25 KN, que cuenta con dos transductores de desplazamiento de 50 mm, y con dos canales de acondicionamiento y amplificación de la señal tipo "Measurement Group model 2210".

$$DB = \frac{I}{\left(\frac{Ps - Pa}{Pa}\right) + \frac{I}{1,53}} \quad [1]$$

donde:

DB: densidad de la madera (gr/cm<sup>3</sup>)

Ps: peso saturado (gr)

Pa: peso anhidro (gr)

1.53: constante (densidad real de la madera sólida)

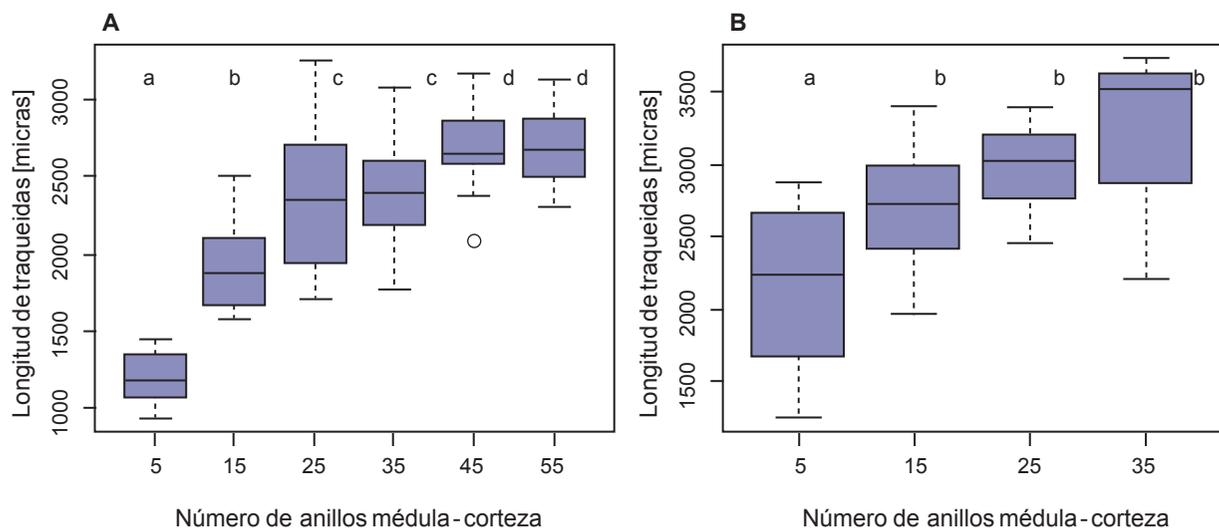
### Análisis de los datos

Para establecer la edad del cambio de madera juvenil a madura se estudió la variación de la longitud promedio de traqueidas en sentido radial, tomando el conjunto de los árboles, tanto para altura de tocón como de la base de la copa viva. Se realizó un test de Kruskal Wallis (Software R, script *kruskal* del paquete *agricolae*, De Mendiburu, 2009) con la hipótesis nula que las distribuciones de longitud de traqueidas son idénticas entre los distintos puntos de muestreo en sentido radial. Además se analizó visualmente mediante gráficos de caja (fig. N.º 1a y 1b). Para los análisis de flexión estática se obtuvieron valores promedios y desvíos estándar tomando el conjunto de los árboles.

### RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la base del árbol (0,3 m) la longitud de traqueida creció desde la médula hacia la corteza, con longitudes de 1200 ( $\pm 250$ ) micras ( $\mu$ ) a los 5 años, 1950  $\mu$  ( $\pm 435$ ) a los 15 años, 2390  $\mu$  ( $\pm 670$ ) a los 25 años, 2440  $\mu$  ( $\pm 520$ ) a los 35 años, 2675  $\mu$  ( $\pm 540$ ) y 2710  $\mu$  ( $\pm 480$ ) de longitud a los 45 años y 55 años respectivamente. El mayor cambio de la longitud de traqueidas entre puntos de muestreo se produce entre los 5 y 15 años, estabilizándose los valores de longitud a partir de los 25 años. Por otra parte, la longitud de traqueida en la base de la copa viva también creció de la médula hacia la corteza, con valores promedio de 2180  $\mu$  ( $\pm 670$ ) a los 5 años y de 2740  $\mu$  ( $\pm 672$ ), 2992  $\mu$  ( $\pm 600$ ) y 3260  $\mu$  ( $\pm 850$ ) para los 15, 25 y 35 años respectivamente, no existiendo diferencias significativas entre estos tres puntos de muestreo. De acuerdo a estos resultados, la edad de transición entre el leño juvenil y maduro, es decir de la maduración del cambium, se produciría alrededor de los 20 años en la base del árbol, y a los 10 años a la altura de la base de la copa.

Se sabe que las características de los elementos constitutivos del xilema varían de forma compleja dentro del árbol, por ejemplo, para algunas especies de *Picea spp.*, la longitud de las traqueidas son afectadas por una parte por el grado de maduración del cambium, y dentro de un mismo genotipo también por las tasas de crecimiento (Sirviö y Kärenlampi, 2001). Este efecto de la edad cambial o de la maduración del cambium ha sido observado también en algunas especies de latifoliadas como el eucalipto (Kojima *et al.*, 2009). Por otra parte, también se ha comprobado que algunas de las características de la madera juvenil y



**Figura 1.** Variación de la longitud de traqueidas en sentido radial a la altura del tocón (A) y de la base de la copa viva (B). Letras diferentes son diferencias estadísticamente significativas (Test de Kruskal – Wallis, alfa=0,05). La cajas indican cuartiles de la distribución de la longitud de traqueida en cada punto de muestreo.

madura puede estar condicionada por un control genético moderado y este efecto puede ser además sitio específico (Gapare *et al.*, 2006). En este sentido, Mutz *et al.* (2004) encontraron que mientras que la edad de transición no variaba significativamente en relación a variables del árbol, sí lo hacía en relación a factores del rodal, especialmente en la sección de leño maduro. Este efecto de la maduración del cambium a una cierta edad, como factor influyente sobre el momento de transición tiene implicancias para el manejo silvícola, ya que la modificación de la densidad del rodal mediante tareas culturales como el raleo, afectaría las proporciones de uno y otro tipo de leño, tal como lo sugiere Kojima *et al.* (2009).

La densidad básica promedio en la base del árbol fue de  $0,42 \text{ gr/cm}^3$ , con valores mínimos y máximos de  $0,30 \text{ gr/cm}^3$  y  $0,59 \text{ gr/cm}^3$ . En la base de la copa alcanzó los  $0,36 \text{ gr/cm}^3$ , con valores mínimos y máximos de  $0,27 \text{ gr/cm}^3$  y  $0,53 \text{ gr/cm}^3$ , respectivamente. Estos son valores similares a los obtenidos por Jovanovski *et al.* (1998), Jovanovski *et al.* (2002), y Martínez Meier *et al.* (2011), aunque en el presente estudio fueron levemente más altos los valores máximos. Sin embargo, la variación de la densidad básica en sentido radial presentó un patrón diferente al presentado por Jovanovski *et al.* (2002), en el que se describe densidad creciente, mientras que aquí el valor más alto se produce en la región central, luego descendiendo rápidamente, para luego ascender paulatinamente hacia la corteza (datos no presentados). Esta mayor densidad básica cercana a la región central del tronco podría deberse a un proceso de duraminización incipiente que fue observado por la coloración de la madera, aunque no todos los árboles muestreados presentaron esta característica. Grabner *et al.* (2005) describe para otras especies de coníferas la presencia de sustancias denominadas extractivas que se sitúan en los lúmenes de las células del duramen. Esto

conlleva un incremento de su densidad en comparación con la albura donde no están presentes estas sustancias.

En las muestras preparadas para la determinación de MOR y MOE también se establecieron los valores de densidad básica, con valores promedio de  $0,41 \pm 0,04 \text{ gr/cm}^3$ , valores máximos y mínimos ( $0,22 \text{ gr/cm}^3$  y  $0,55 \text{ gr/cm}^3$ ), que son similares a los establecidos en las muestras de macerado. Los valores de MOR promedios y desvíos estándar fueron de  $72,0 \text{ MPa} (\pm 11,6)$  ( $1 \text{ MPa} = 1.020 \times 10^5 \text{ kg/m}^2$ ) con valores mínimos y máximos de  $45,01 \text{ MPa}$  y  $96,41 \text{ MPa}$ . Mientras que para MOE el promedio fue de  $8.000 \text{ MPa} (\pm 2.000)$ , y  $4.470 \text{ MPa}$  y  $12.860 \text{ MPa}$  para valores mínimos y máximos, respectivamente. Además, el MOR presentó una correlación significativa con la densidad de las probetas con un coeficiente de correlación de Pearson de  $0,77$  ( $t=11,54$ ,  $gl=89$ ;  $p\text{-valor}=0,00$ ) resaltando la importancia que tiene la densidad básica sobre las propiedades mecánicas de la madera de esta especie. En relación a los valores obtenidos en este trabajo se observa que los valores de MOR y MOE fueron superiores a aquellos obtenidos por Murace *et al.* (2012) para plantaciones de 19 años de edad de la zona de Lago Meliquina (Neuquén).

Por otra parte, Lomagno (2003) menciona que para el diseño de piezas estructurales de madera la resistencia (MOE) de diseño recomendada para *P. ponderosa* debiera situarse en  $4120 \text{ MPa}$ , y los valores mínimos obtenidos en el presente trabajo son superiores al valor recomendado por este autor.

## CONCLUSIONES

El análisis de la edad de transición de la madera juvenil a madura realizada en el presente trabajo confirma lo establecido por Zingoni *et al.* (2007), con una edad aproximada

de 20 años de edad total en la base del árbol. Los valores de densidad de la madera presentan rangos similares a los obtenidos por otros autores. El patrón de variación en sentido radial observado para esta característica, contrasta con datos de bibliografía para esta especie, en la misma región de cultivo. Por ello es necesario profundizar las investigaciones de tal forma de validar o rechazar la hipótesis de que los altos valores de densidad en porciones centrales de los árboles podrían ser el resultado de un proceso de duraminización. Además, es necesario realizar análisis de las propiedades físicas de la madera de esta especie en relación al tamaño de anillos de crecimiento, que es aún una información que resta por analizar en este material de estudio. La determinación de la edad de transición puede ser incorporada a simulaciones de crecimiento para predecir los volúmenes de cada clase de madera y sensibilizar los esquemas de manejo a esta nueva variable en la definición de esquemas silvícolas. Los valores de MOE y MOR son similares y a veces algo superiores a los establecidos para esta especie creciendo en su lugar de origen (INFOR, 1998), y sin llegar a ser de los más altos entre las maderas del género *Pinus*, se considera un material apto para uso estructural, más aún, teniendo en cuenta que el material de ensayo provino de ejemplares de 55 años.

#### AGRADECIMIENTOS

Este trabajo se financió mediante el proyecto INTA PNFOR 1104074 "Desarrollo de Modelos de Crecimiento y Producción forestal, Caracterización de la Calidad de los productos forestales y Economía Forestal". Además con aportes del Asentamiento Universitario San Martín de los Andes. Universidad Nacional del Comahue. Un especial agradecimiento por la realización de los ensayos destructivos al Ing. Pablo Manzione del Departamento de Mecánica, Fac. De Ingeniería Univ. Nacional del Comahue. Este trabajo fue posible por el apoyo de la Asoc. Coop. de la Estación Experimental Regional. Este trabajo fue mejorado por el valioso aporte de revisores anónimos.

#### BIBLIOGRAFÍA

- ASTM-143 09. Standard Test Methods for Small Clear Specimens of Timber. <http://www.astm.org/Standards/D143.htm> (verificado: 17 de junio de 2014)
- BARNETT, J.R. y JERONIMIDIS, G. 2003. Wood Quality and its Biological Basis. Blackwell Pub. CRC Press.
- BRAZIER, J.D. 1985. Juvenile Wood. Kucera (Ed.). Xylorama. Bassel, Switzerland: Birkhauser Verlag 25-32.
- COWN, D.J. 1992. Corewood (juvenile wood) in *Pinus radiata* Should we be concerned? New Zealand Journal of Forestry Science 22: 87-95.
- CURTIS, R.O. 1982. A simple index of stand density for Douglas-fir. Forest Science Vol 27(1): Pp 92-94.
- DE MENDIBURU, F. 2009. Una herramienta de análisis estadístico para la investigación agrícola. Tesis. Universidad Nacional Agraria La Molina, Lima-PERU. Facultad de Economía y Planificación Departamento Académico de Estadística e Informática. R Package: Agricolae Type: Package, Version: 1.1-4, Date: 2013-4-8, License: GPL
- FRANKLIN, G. 1937. Permanent Preparations of Macerated Wood Fibres. Tropical Woods 49: 21-22.
- GAPARE, W.J.; WU H.X.; ABARQUEZ, A. 2006. Genetic control of the time of transition from juvenile to mature wood in *Pinus radiata* D. Don. Annal of Forest Science. Nro 63: Pp 871-878
- GRABNER, M.; WIMMER, R.; GIERLINGER, N.; EVANS, R.; DOWNES, G. 2005. Heartwood extractives in larch and effects on X-ray densitometry. Canadian Journal of Forest Research 35: 2781-2786.
- IAWA COMMITTEE. 2004. IAWA LIST OF MICROSCOPIC FEATURES FOR SOFTWOOD IDENTIFICATION. IAWA Committee. H. G. Richter, D. Grosser, I. Heinz y P. E. Gasson (Editores). IAWA Bulletin 25: 1-70.
- INFOR – UNIDAD DE TECNOLOGÍAS E INDUSTRIAS DE LA MADERA. 1998. – 218 – C 1 – 39 pp- Caracterización de *Pinus Ponderosa* – Concepción, Chile.
- JOVANOVSKI, A.; JARAMILLO, M.; LOGUERCIO, G.; ANTEQUERA, S. 2002. Densidad de la madera de *Pinus ponderosa* (Dougl. Ex Laws) en tres localidades de Argentina. Bosque 23: 99-104.
- JOVANOVSKI, A.; POBLETE, H.; TORRES, M.; FERNANDEZ, A. 1998. Caracterización preliminar tecnológica de *Pinus ponderosa* (Dougl.) creciendo en Chile. Bosque 9: 71-76.
- KOJIMA, M.; YAMAMOTO, H.; YOSHIDA, M.; OJIO, Y.; OKUMURA, K. 2009. Maturation property of fast growing hardwood plantation species: A view of fiber length. Forest Ecology and Management, 257. Pp 15-22
- LOMAGNO, J. 2003. Esfuerzos característicos y de diseño en piezas estructurales de madera. Resistencias de diseño de maderas de la Patagonia. Revista Patagonia Forestal, Año IX, N.º 3. CIEFAP. 4 pp.
- LOMAGNO, J. 2006. Uso estructural de postes de pino ponderosa de Patagonia. Actas de 19.º Jornadas Argentinas de Ingeniería Estructural. Mar del Plata Pcia. de Buenos Aires, Argentina. Pp 5.
- MARTINEZ-MEIER, A.; GALLO, L.; PASTORINO, M. 2011. Variación fenotípica de la densidad básica de la madera de árboles plus de *Pinus ponderosa*. Bosque.32: 221-226.
- MINAGRI. 2011. "Elaboración de un mapa de plantaciones forestales de la república argentina de actualización permanente". 2011. Área SIG e Inventario Forestal. Dirección de Producción Forestal. Ministerio de Agricultura Ganadería y Pesca. Presidencia de la Nación. <http://64.76.123.202/new/0-0/forestacion/inventario/mapa%20de%20planta.html> (verificado: 17 de junio de 2014)
- MOYA ROQUE, R.; VALENZUELA H.; SALAZAR F. R. 2003. Efecto de la fertilización a la pradera sobre la delimitación y características del período juvenil de *Pinus radiata* D. Don. Investigación Agraria. Sistemas y Recursos Forestales. 12: 13-23.
- MUÑOZ, G.; CORADIN, V. 1991. Norma de procedimientos en estudios de anatomía da madeira. II Gimnospermae Comissae de estudos. CE: 11.01.07.002. ABNT. Brasilia: Laboratorio de Produtos Florestais, Serie Técnica. 117 p.
- MURACE, M.; SPAVENTO, E.; RIVAS, P.; SAPARRAT, M.; KEIL, G. 2012. Comportamiento de la madera del pino ponderosa (*Pinus ponderosa* Dougl. ex. Laws.) expuesta a degradación por Gloeophyllum sepiarium (Gloeophyllales, Basidiomycota). III Congreso Iberoamericano de Protección de la Madera. 26 al 28 de noviembre. Concepción, Región Biobío, Chile. RIPMA – Universidad del Bio-Bio. Presentación oral. Resumen publicado en actas.
- MUTZ, R.; GUILLEY, E.; SAUTER, H.A.; NEPVEU, G. 2004. Modelling juvenile-mature wood transition in Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) using nonlinear mixed-effects models. Annal of Forest Science Pp. 831-841.

ROJAS GARCÍA, F.; VILLERS RUIZ, L. 2005. Comparación de dos métodos para estimar la densidad de la madera de *Pinus hartwegii* Lindl. del Volcán La Malinche. *Madera y Bosques* 11: 63-71.

SIRVIÖ, J.; KÄRENLAMPI, P. 2001. The effects of maturity and growth on the properties of spruce wood tracheids. *Wood Science and Technology*. Vol 35(6): 541-554.

SMITH, D. 1954. Maximum moisture content method for determining specific gravity of small wood samples. *Forest Products Laboratory*. Rept. N.º 2014. USDA. Forest Service. Madison, Wis. EUA. 8p.

THOMAS, R.J. 1985 – The characteristics of juvenile wood. *Symp. Util Chang Wood Res. South U S North Carolina State Univ. Raleigh. North Carolina*. 18pp.

YANG, K.C.; BENSON, C. 1997. Ultrastructure of pits in *Pinus banksiana* Lamb. *Wood Science and Technology* 31:153-169.

ZINGONI, M.I.; ANDIA, I.; MELE, U. 2007. Longitud de traqueidas y madera juvenil en el fuste de un árbol de pino ponderosa de 50 años -SO NEUQUEN - III Congreso Iberoamericano de Productos Forestales IBEROMADERA 2007. 3 al 5 de julio, Buenos Aires, Argentina.