

Densidad básica de la madera de *Pseudotsuga menziesii* (Mirb.) Franco en la Patagonia

A. Jovanovski^{1*}, M. Davel¹ y D. Mohr-Bell²

¹ Centro de Investigación y Extensión Forestal Andino Patagónico.
Casilla 14. 9200 Esquel Chubut. Argentina

² Departamento de Ingeniería Forestal. Universidad Nacional de la Patagonia.
Ruta 259, km 4. 9200 Esquel Chubut. Argentina

Resumen

En la región andina de las provincias de Neuquén, Río Negro y Chubut de Argentina existen numerosas plantaciones de pino Oregón [*Pseudotsuga menziesii* (Mirb.) Franco], constituyendo una de las especies más utilizadas en plantaciones comerciales.

En el presente trabajo se estudió la densidad básica de la madera de esta especie y su variación entre árboles y dentro de un mismo individuo, determinándose su relación con el ancho de anillos y la proporción leño temprano por medio de análisis de regresión. Paralelamente se determinó la densidad correspondiente a madera juvenil y madura.

La densidad básica media para la población analizada fue de 0,366 g/cm³, valor que se encuentra entre los mínimos citados para diferentes lugares del mundo en los cuales se cultiva la especie. La densidad básica se correlacionó significativamente con el ancho de anillos y la proporción de madera tardía. Se encontró que la edad a partir de la cual se forma madera madura es 17 años.

Palabras clave: pino Oregón, densidad de la madera, ancho de anillos, madera juvenil, madera madura.

Abstract

Pseudotsuga menziesii (Mirb.) Franco wood basic density in the Patagonia Argentina

In the Andean region of Patagonia, Argentina, in the provinces of Neuquén, Río Negro and Chubut, there are numerous Douglas Fir [*Pseudotsuga menziesii* (Mirb.) Franco] plantations, which constitute one of the timber species most widely used in the region for commercial plantations.

In this work, we studied Douglas Fir wood basic density and its variation within trees and among trees. Also, the relationship between wood density, ring-width and the proportion of latewood was examined by regression analysis, determining at the same time wood density of juvenile and mature wood.

We found that mean wood density of Douglas Fir was 0,366 g/cm³, which is one of the lowest wood density values reported for this species elsewhere. Results show that rings-width and latewood proportion were significantly related to specific gravity. We also found that Douglas fir trees begun to produce mature wood at around 17 years of age.

Keys words: Douglas fire, wood density, ring-width, juvenile wood, mature wood.

Introducción

En la Patagonia Argentina existen 2.250.000 ha con aptitud para la forestación con especies exóticas que presentan crecimientos significativamente mayores que en los lugares de origen (Gonda *et al.*, 1998). De esta vasta superficie, aproximadamente 70.000 ha se han implantado con coníferas de rápido crecimiento (Andenmatten *et al.*, 2002), entre las que se encuentra

el pino Oregón [*Pseudotsuga menziesii* (Mirb.) Franco]. Esta constituye actualmente la especie más valiosa con la cual se han realizado plantaciones comerciales situadas en la región andina de las provincias de Neuquén, Río Negro y Chubut (Davel, 1998). La superficie forestada con pino Oregón asciende a aproximadamente 8.000 ha.

El pino Oregón es muy apreciado por las características de su madera y la calidad de los productos que pueden obtenerse a partir de ella. Posee amplias aplicaciones en la construcción y en carpintería general. En este sentido, las características tecnológicas de la

* Autor para la correspondencia: jova@ciefap.org.ar
Recibido: 04-01-05; Aceptado: 27-04-05.

madera determinan, en gran medida, sus posibilidades de uso, y la densidad se destaca como una de las propiedades físicas más importantes, ya que constituye una referencia de su calidad.

A pesar de la importancia que tiene el pino Oregón para el desarrollo de plantaciones con especies de rápido crecimiento en la región y el valor que se le asignan a los productos que con ella se elaboran, las características tecnológicas de esta especie no han sido suficientemente estudiadas. Solo se encontraron valores de peso específico para dos localidades de la región, reportados por Rodríguez (1960). Por lo tanto es necesario ampliar la información acerca de las propiedades de su madera y su variación. Para ello se plantearon como objetivos de la presente investigación los siguientes:

- Determinar la densidad básica (DB) de la madera de pino Oregón.
- Analizar la variabilidad de la DB dentro y entre individuos.
- Estudiar la relación de la DB con el ancho de anillo, la proporción de leño tardío y la posición en el radio (NA).
- Determinar el período de formación de madera juvenil y madera madura.

Material y Métodos

Área de estudio

El área de estudio corresponde a la zona con plantaciones de pino Oregón en la región andina de las provincias de Neuquén, Río Negro y Chubut, que se extiende desde los 40° a los 43° de latitud sur y desde los 71° a 71° 40' de longitud oeste. Dentro de esta angosta franja, paralela a la Cordillera de los Andes, los sitios aptos para el cultivo de la especie se caracterizan por ser protegidos de los vientos dominantes, tener suelos profundos, altitudes sobre el nivel del mar que oscilan entre 600 y 1.100 m y precipitaciones superiores a 600 mm anuales.

Selección de los árboles

El material utilizado para el estudio se obtuvo de 84 árboles que fueron seleccionados de parcelas circulares de 200 m² de superficie en las cuales entraron entre 15 y 45 árboles. Estas parcelas se distribuyeron es-

Tabla 1. Valores promedio, máximos y mínimos de edad y variables dasométricas de las parcelas de las que se extrajo el material para el ensayo

Variable	Promedio	Máximo	Mínimo
Edad (años)	24	52	13
Árboles/ha	1.253	2.100	450
Altura dominante (m)	18,7	41,6	9,6
Diámetro cuadrático medio (cm)	22,3	54,7	12,6
Índice de sitio*	15	21	10

* Estimado a partir de funciones de sitio para una edad de referencia de 20 años según Davel y Ortega (2003).

pacialmente tratando de cubrir las variaciones de sitio, edad y manejo de la población analizada (Tabla 1). De cada parcela se extrajeron los dos árboles dominantes más gruesos, los que representan el 40% de los individuos que llegarán a la corta final, a los 40-50 años según el sitio.

Obtención de muestras

Los árboles seleccionados fueron apeados para obtener discos de madera sin defectos a 1,3 m de altura desde el suelo (DAP, diámetro a la altura del pecho). En los individuos con una edad superior a 30 años (10 árboles) se obtuvieron discos a 0,3 m, 1,30 m y luego cada 3 m hasta el ápice. Cuando el rollizo presentó algún defecto o anomalía a la altura de obtención de un disco éste se cortó 15 cm por debajo de la referencia correspondiente.

De cada disco se cortó un listón de un largo equivalente al diámetro de dicho disco, de aproximadamente 2,5 cm de ancho por 1 cm de espesor incluyendo la médula.

Las probetas de DB se obtuvieron de los listones cortados en forma de cuña cuyo vértice fue la médula del fuste, esto facilitó la preparación del material de ensayo de zonas cercanas al centro del árbol. El sentido de corte e identificación de las probetas fue desde la corteza a la médula en intervalos de 3 anillos, lo que permitió comparar iguales períodos de crecimiento de los individuos incluidos en el estudio, lograr mayor practicidad operativa y disminuir la influencia de variaciones climáticas anuales (Figura 1). Para la separación de las probetas se utilizó una sierra caladora de banco con espesor de corte de 1 mm. Los cortes se realizaron sobre el inicio del leño temprano ya que las

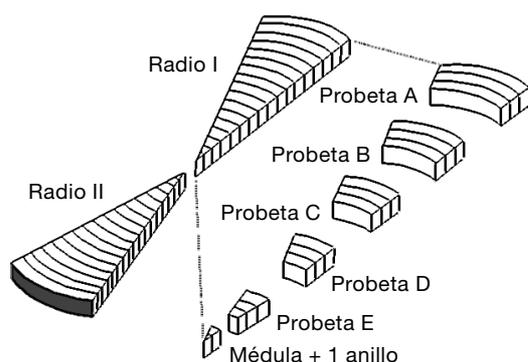


Figura 1. Método de obtención de probetas para la determinación de DB.

variaciones en densidad de la madera temprana en diferentes anillos es mínima, mientras que las diferencias en densidad del leño tardío entre distintos anillos pueden ser muy pronunciadas (Delmastro *et al.*, 1981).

Mediciones y análisis efectuados

Los listones correspondientes al DAP se utilizaron para la determinación de la DB promedio de la población, el análisis de la variación de DB en el radio, y el estudio de la relación de la DB con el ancho de anillos (AA), la proporción de leño tardío (PLT) y la posición en el radio (NA). Esta última variable representa el número de anillo contado desde la médula en cada listón. El material obtenido a diferentes alturas desde 0,30 m se utilizó para el análisis de la variación de la DB en altura.

La medición del AA y la PLT se realizó por medio de medidor de anillos de precisión 0,01 mm. Este procedimiento se efectuó en ambos radios en el sentido corteza-médula, estimándose los valores de cada anillo como los promedios de las mediciones en ambos radios.

Para la determinación de la DB, en primera instancia se estimó la masa anhidra. Este procedimiento se efectuó colocando las probetas en estufa a una temperatura de 103 ± 2 °C hasta peso constante y luego pe-

sándolas con una precisión de 0,001 g. Posteriormente, las probetas fueron sumergidas en agua con aplicación de vacío (aproximadamente 100 milibares) en forma intermitente hasta lograr un contenido de humedad superior al 150%. El volumen saturado se determinó por desplazamiento de agua con una precisión de 0,001 g.

La relación individual de la DB con el AA, la PLT y la NA se analizó mediante regresiones simples, evaluándose las mismas a través del coeficiente de determinación (R^2). Posteriormente se estudió la relación de la DB con todas las variables en conjunto a través de una regresión múltiple, seleccionándose aquellas que presentaron una relación significativa a un nivel de probabilidad del 5% y que no estuvieran correlacionadas entre sí. El ajuste se evaluó mediante el coeficiente de determinación múltiple y el análisis de los residuales.

La validación del modelo resultante se realizó mediante medidas de error y sesgo. Como medida de error se utilizó el error medio cuadrático (RMSE) y como medida de sesgo el residuo medio (MRES) (ecuaciones 1 y 2).

$$RMSE = \sqrt{\sum (o-e)^2 / n} \quad [1]$$

$$MRES = \sum (o-e) / n \quad [2]$$

donde:

o = observado

e = estimado

n = número de observaciones

Resultados

La DB promedio para el pino Oregón, calculada a 1,3 m de altura, creciendo en la región Andino Patagónica fue de $0,366 \text{ g/cm}^3$, con una distribución cuyos máximos y mínimos fueron de $0,500 \text{ g/cm}^3$ y $0,256 \text{ g/cm}^3$ respectivamente, mientras que el AA promedio fue de 6,74 mm y la PLT de 0,185 (Tabla 2).

Tabla 2. Promedios, máximos, mínimos, desvíos estándar (Desv. Est.), errores estándar (Err. Est.) y coeficientes de variación (CV) de Densidad básica (DB), ancho de anillos (AA) y proporción de leño tardío (PLT). Resultados para la región

	N	Promedio	Máximo	Mínimo	Desv. est.	Err. est.	CV
DB (g/cm^3)	747	0,366	0,500	0,256	0,040	0,00145	10,82
AA (mm)	747	6,74	12,77	0,84	2,30	0,084	34,06
PLT	491	0,185	0,528	0,035	0,071	0,0032	38,40

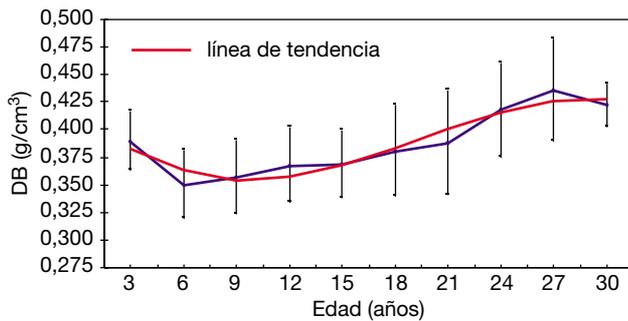


Figura 2. Variación de la DB en el radio a la altura del DAP. Valores promedios con intervalos verticales = promedio \pm desvío estándar.

La DB promedio disminuyó de $0,389 \text{ g/cm}^3$, en zonas cercanas a la médula, a $0,356 \text{ g/cm}^3$ en el año 6, presentando el mínimo de la serie analizada. A partir de este año se observó un incremento permanente hasta el año 27 donde alcanzó el máximo con un promedio de $0,436 \text{ g/cm}^3$ disminuyendo en el año 30 a $0,422 \text{ g/cm}^3$ (Figura 2). Análogamente, el AA para el año 3 fue de $7,89 \text{ mm}$ y para el 6 de $8,11 \text{ mm}$., posteriormente se observó una disminución hasta el año 27 ($3,04 \text{ mm}$) con un pequeño incremento en el año 30 (Figura 3).

A través de las líneas de tendencia presentadas en las Figuras 2 y 3, y según lo describen Delmastro *et al.* (1981), se deduce que el punto de inflexión en ambas curvas se produce alrededor de los 17 años, y a partir de los 21 años la DB comienza a estabilizarse en el radio. Por lo tanto, este último año puede considerarse la edad a partir de la cual comienza la formación de madera madura, el intervalo comprendido entre los anillos 14 y 20 puede ser considerado como madera de transición, mientras que el intervalo comprendido entre la médula y el anillo 14 puede ser considerado como madera juvenil. Teniendo en cuenta estos rangos se determinaron los valores de DB para madera juve-

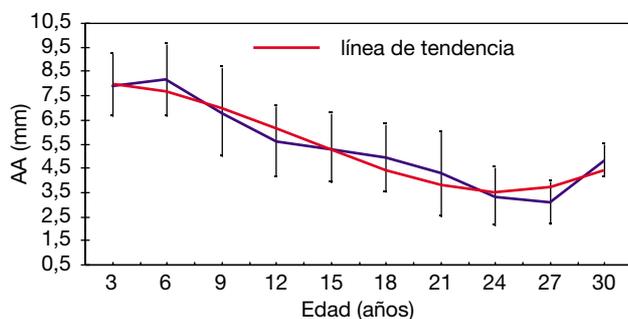


Figura 3. Variación del AA en el radio a la altura del DAP. Valores promedios con intervalos verticales = promedio \pm desvío.

Tabla 3. Valores de densidad básica de madera juvenil y madera madura: promedios, desvío estándar y coeficiente de variación (CV%)

Madera	N	Densidad básica (g/cm^3)		
		Promedio	Desv. est.	CV (%)
Juvenil	552	0,364	0,0397	10,929
Madura	68	0,381	0,0405	10,631

nil y madura, cuyos promedios resultaron ser diferentes a un nivel de $P < 0,01$ (Tabla 3).

El patrón de variación de la DB en altura fue similar en tres de los cuatro árboles analizados (Figuras 4 B, C y D). En general presentaron DB más altas cerca de la base y del extremo superior, produciéndose un mínimo alrededor de la mitad del fuste.

La variación de la DB promedio por árbol (Tabla 4) resultó ser menor que la variación de la DB en el radio. Como referencia, el desvío estándar medio en el radio fue de $0,032 \text{ g/cm}^3$, mientras que el correspondiente a la densidad por árbol fue de $0,027 \text{ g/cm}^3$. Análogamente, la variación de la DB entre árboles fue mayor que la variación en altura, representada esta última por un desvío estándar medio de $0,019 \text{ g/cm}^3$.

La relación entre el AA y la DB fue inversamente proporcional, mientras que entre la DB y la PLT fue directamente proporcional (Figuras 5 y 6). Los valores de los coeficientes de determinación de las regresiones simples fueron $0,14$ para el AA y $0,13$ para la PLT. Al analizar la relación entre la variable NA y la DB, la función de mejor ajuste fue una polinómica de tercer grado (Figura 7), con un R^2 de $0,33$.

Por medio de un análisis de regresión múltiple se ajustó una ecuación que explica la DB a partir del AA, la PLT y la NA. La función y sus coeficientes se presentan en el Tabla 5. La función y la relación de las variables explicatorias con la DB fue significativa con valores de $P < 0,0001$.

Al graficar los residuales no se observaron valores ni tendencias anormales. Los valores de DB observada se distribuyeron satisfactoriamente en forma de banda alrededor de la línea de DB estimada por el modelo (Figura 8).

Los valores de las medidas de error y sesgo del modelo ajustado son bajos (Tabla 6) e indican que el mismo produce una sobrestimación de la DB, lo que se induce a partir del signo negativo del residuo medio (MRES).

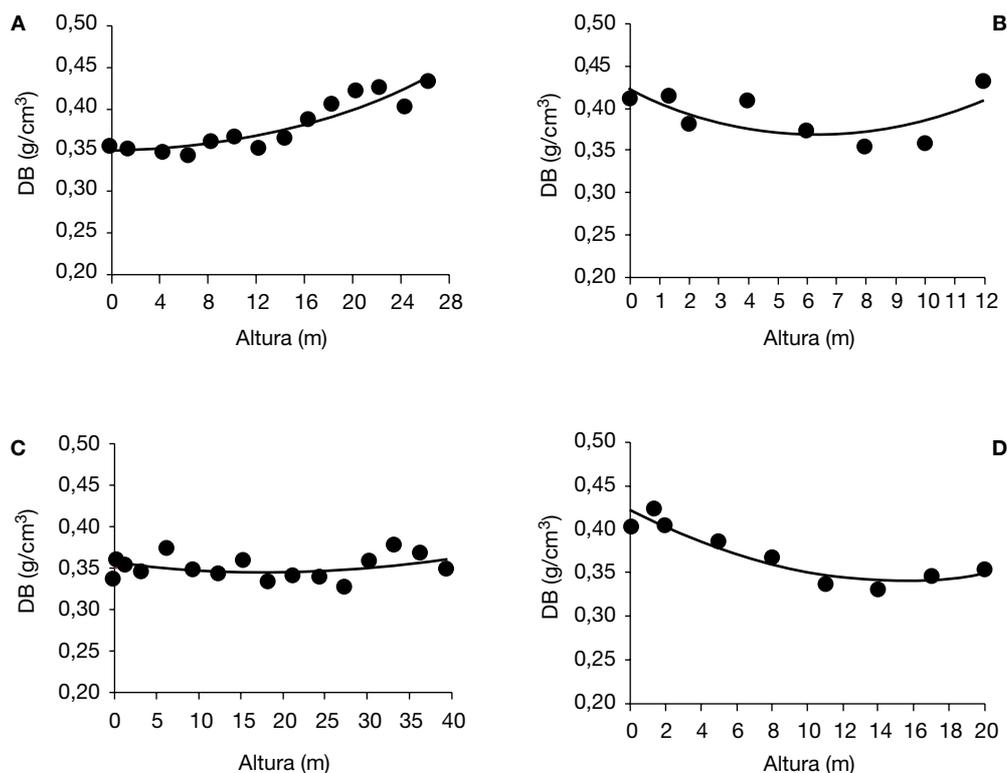


Figura 4. Variación de la DB de la madera en altura de 4 árboles adultos.

Discusión

Si bien la bibliografía consultada acerca de los valores de densidad básica para pino Oregon plantado en distintos lugares del mundo no consigna la representatividad regional de los mismos ni la edad de los individuos utilizados, la DB obtenida en este trabajo es similar a los valores informados por Rodríguez (1960), quien reportó pesos específicos de 0,360 a 0,370 para muestras provenientes de dos sitios localizados en la Patagonia Argentina, y por Pérez (1982) para Nueva Imperial, Chile, quien determinó densidades de 0,322 y 0,371 g/cm³. Análogamente, son menores a los informados por Uprichard (1972) para Nueva Zelanda, Díaz-Vaz *et al.* (1988) y Carter (1983) para Valdivia, Chile, Stevens y Johnston (1966) para Inglaterra.

En comparación con la DB en los sitios de origen en Estados Unidos y Canadá, los resultados muestran que los valores de este estudio son, en todos los casos, menores a los informados por diferentes autores. En Canadá los valores de DB para pino Oregon se encuentran entre 0,420 y 0,450 g/cm³ (Drow, 1957; González, 1970; Standish *et al.*, 1985; Jessome, 1977), mientras que en Estados Unidos se reportaron densidades básicas entre 0,410 y 0,450 g/cm³ (Drow, 1957; US Forest Service, 1965).

Los bajos valores de DB obtenidos, tanto para madera juvenil como madura, probablemente se deban al elevado crecimiento que presenta la especie en la región Andino Patagónica, lo que se evidencia en el promedio de AA calculado (6,74 mm). Esta situación afecta la proporción de madera tardía (Díaz-Vaz y Ojeda,

Tabla 4. Valores de DB media por árbol, máximos, mínimos, desvío estándar (Desv. Est.), error estándar (Err. Est.) y coeficiente de variación (CV)

n	DB (g/cm ³)					
	Media	Máximo	Mínimo	Desv. est.	Err. est.	CV (%)
84	0,365	0,415	0,297	0,027	0,0029	7,33

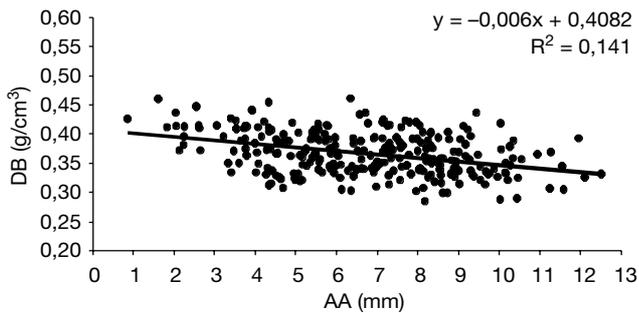


Figura 5. Relación entre la densidad básica (DB) y ancho de anillos (AA).

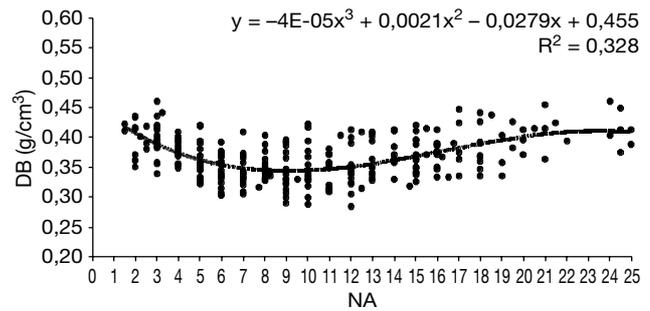


Figura 7. Relación entre la densidad básica (DB) y la posición en el radio (NA).

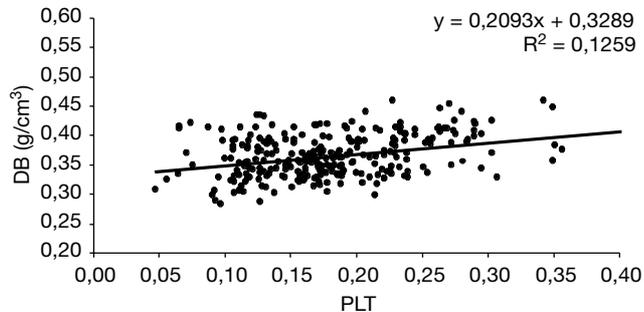


Figura 6. Relación entre la densidad básica (DB) y la proporción de leño tardío (PLT).

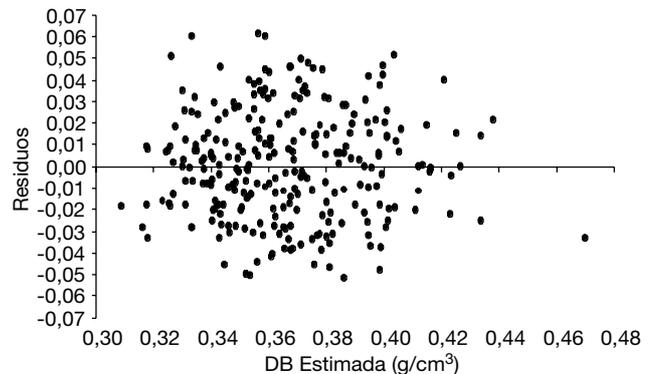


Figura 8. Distribución de los residuales de la función que relaciona la DB con NA, AA y PLT. se grafica la densidad básica (DB) estimada por el modelo contra residuos (observados-estimados).

1980), por lo tanto, si bien la producción maderable es alta en rotaciones cortas (Davel y Ortega, 2003), la calidad de la materia prima producida podría ser levemente inferior en comparación con aquella de otras procedencias para uso estructural.

Según Hapla (1997), existe un incremento de la densidad y una disminución del AA con la edad, afirmación que se cumple según los resultados de este trabajo. Sin embargo, se encontraron DB elevadas en zonas cercanas a la médula, una disminución hasta alcanzar un mínimo cerca del anillo 9, con un incremento posterior y una estabilización en cercanías de la corteza. La transición entre la madera juvenil y la madura se produjo aproximadamente a los 17 años, por lo tanto fue posible determinar que la especie forma madera

juvenil hasta aproximadamente los 14 años, entre los 14 y los 20 existe una transición y a partir de esta última edad los individuos forman madera madura. La alta densidad observada en los primeros años de crecimiento puede atribuirse a leño temprano de alta densidad relacionado a madera de compresión que se produce en los primeros anillos de crecimiento. Patrones similares fueron presentados por Walker (1993).

El patrón de variación de densidad en altura coincide con el presentado por Díaz-Vaz y Ojeda (1980) para la misma especie creciendo en Chile. La dismi-

Tabla 5. Resultados de la regresión múltiple entre la DB y el AA, PLT y NA

Variable explicatoria	Estimador del coeficiente	Error estándar	Valor de t	Pr > t
Intercepto	0,46544	0,011200	41,56	< 0,0001
NA	-0,02655	0,002900	-9,19	< 0,0001
(NA) ²	0,00173	0,000265	6,52	< 0,0001
(NA) ³	-0,00003307	0,000007	-4,78	< 0,0001
AA	-0,00553	0,000900	-6,15	< 0,0001
PLT	0,25153	0,030680	8,2	< 0,0001

Tabla 6. Valores de las medidas de error y sesgo para las funciones ajustadas; RMSE = raíz del error cuadrático medio; MRES = residuo medio

Función	RMSE	RMSE%	MRES	MRES%
DB (NA; AA; PLT)	0,0244	6,65	-0,000537	0,146

nución de la DB con la altura en la mitad inferior, se explica por el incremento en la proporción de madera juvenil a medida que aumenta la altura, mientras que el incremento observado en la mitad superior, puede originarse en madera juvenil de alta densidad que se produce en árboles adultos en su extremo superior, denominada Top Wood (Zobel y van Buijtenen, 1989).

Con respecto a la relación inversa observada entre la DB y el AA, los resultados coinciden con lo citado por Hapla (1997), mientras que la relación directamente proporcional con la PLT concuerda con resultados presentados por Kollman y Coté (1984). Sin embargo, los bajos coeficientes de determinación de las regresiones individuales de cada variable explicatoria indican que dichas variables por separado explican poco de la variación de la DB a pesar de que cada relación fue significativa. En este sentido, aunque la función ajustada mediante la regresión múltiple sobreestima levemente la densidad, el coeficiente de determinación múltiple indica que las tres variables explicatorias consideradas en conjunto explican casi el 54% de la variación de la DB.

Conclusiones

La densidad básica estimada para el pino Oregon proveniente de la Patagonia Argentina es de $0,366 \pm 0,040 \text{ g/cm}^3$. Este valor se encuentra entre los más bajos citados por la bibliografía para países como Nueva Zelanda, Chile, Inglaterra y su zona de origen, es decir Estados Unidos y Canadá. La variación de la DB en el radio es mayor a la variación de la DB entre individuos, y esta es mayor a la variación de la DB en altura de la población.

La relación individual de la DB con el AA, la PLT y el NA fue significativa pero con bajos coeficientes de determinación. No obstante, las tres variables en conjunto explicaron un alto porcentaje de la misma, lo que afirma la interacción de los factores de sitio, manejo y edad en la calidad de la madera producida.

La transición entre la madera juvenil y la madura se produjo aproximadamente a los 17 años, por lo tanto

fue posible determinar que la especie forma madera juvenil hasta aproximadamente los 14 años, entre los 14 y los 20 existe una transición y a partir de esta última edad los individuos forman madera madura.

Bibliografía

- ANDENMATTEN E., GONDA H.E., LETOURNEAU F., CORTES G., 2002. Proyección de distribuciones diamétricas en plantaciones de pino ponderosa en la Provincia de Neuquén. Informe Final PIA 15/98. SAGPyA. Buenos Aires, Argentina, 29 pp.
- CARTER J., 1983. Caracterización tecnológica del Pino Oregon [*Pseudotsuga menziesii* (Mirb) Franco] crecido en la décima región. Tesis Ingeniería Forestal. Facultad de Ciencias Forestales. Universidad Austral de Chile.
- DAVEL M., 1998. Identificación y caracterización de zonas de crecimiento para Pino Oregon en la Patagonia andina argentina. Tesis de Magister en Ciencias. Facultad de Ciencias Forestales. Universidad Austral de Chile.
- DAVEL M., ORTEGA A., 2003. Productividad por zonas de crecimiento para pino oregon [*Pseudotsuga menziesii* (Mirb.) Franco] en la Patagonia Andina Argentina. Invest Agr: Sist Recur Fo 12(3), 33-45.
- DELMASTRO R., DÍAZ-VAZ J., SCHLATTER J., 1981. Variabilidad de las Características Tecnológicas Hereditarias del *Pinus radiata* (D. Don). Informe N.º 3. Universidad Austral de Chile. Facultad de Ciencias Forestales. Chile. 187 pp.
- DÍAZ-VAZ J., OJEDA F., 1980. Densidad intra incremental de *Pseudotsuga menziesii*, I: Variaciones en un análisis fustal. Bosque 3(2), 86-95.
- DÍAZ-VAZ J., CUEVAS H., FERNÁNDEZ A., INZUNZA L., 1988. Características tecnológicas de *Pseudotsuga menziesii* creciendo en Valdivia. Bosque 9(2), 97-101.
- DROW J.T., 1957. Relationship of locality and rate of growth to density and strength of Douglas-fir. United State Forest Service. Wisconsin. EE UU. 278 pp.
- GONDA H., TESCH S., MARSHALL D., CORTÉS G., 1998. Variable-density yield equations for unthinned young-growth ponderosa pine plantations in Neuquén, Patagonia, Argentina. Ph.D. thesis, College of Forestry, Forest Resources Department, Oregon State University. pp. 145-172.
- GONZÁLEZ, J.S., 1970. Wood density of Canadian tree species. Forestry Canada, Northwest Region, Northern Forestry Centre, Edmonton, Canada. Information Report NOR-X-315. 130 pp.
- HAPLA F., 1997. How to bring into accord the silvicultural management and end-users' interests in case of the Douglas fir. Timber management toward wood quality and end-product value. CTIA / IUFRO International Wood Quality Workshop. Quebec. Canada. pp. 3-8.
- JESSOME A. P., 1977. Strength and related properties of woods grown in Canada. Environ. Forest Teacher Report. Canadian Forestry Service. Canada. 21 pp.

- KOLLMAN F., COTÉ W., 1984. Principles of wood science and technology: I Solid wood. Springer Verlag. Berlin. Germany. 592 pp.
- PÉREZ V., 1982. Propiedades mecánicas y asociadas del Pino Oregón (*Pseudotsuga menziesii*) crecido en Chile. Instituto Forestal de Chile. Informe Técnico 85. Santiago. Chile. 17 pp.
- RODRÍGUEZ E., 1960. Descripción de la madera de *Pseudotsuga menziesii* (Mirb.) Franco. Estudio comparativo de la estructura de maderas de pino oregón. Revista de Investigaciones Forestales. Tomo II N.º 1. Administración Nacional de Bosques. Buenos Aires. Argentina. pp. 91-99.
- STANDISH J.T., MANNING G.H., DEMAERSCHALK J.P., 1985. Development of biomass equations for British Columbia tree species. Agriculture Canada, Ministry of State for Forestry, Pacific Forestry Centre. Canada. Information Report BC-X-264. 48 pp.
- STEVENS W.C., JOHNSTON D., 1966. Specific gravity and moisture content of freshly felled conifers. J.R. Scott. For Soc 20(4). 255-260.
- UPRICHARD J., 1972. Douglas fir as a raw material for pulp and paper, particleboard and fiberboard. New Zealand Service. For Res Inst Symposium N.º 15. pp. 288-296.
- UNITED STATES FOREST SERVICE, 1965. Western wood density survey. Report N° 1. Madison. Wisconsin. USA. pp. 64.
- WALKER J., 1993. Primary wood processing. Chapman & Hall. London. UK. 595 pp.
- ZOBEL B., VAN BUIJTENEN J., 1989. Wood Variation, Its causes and control. Springer-Verlag. Berlin. Germany. 363 pp.