

Características tecnológicas de *Pseudotsuga menziesii* creciendo en Valdivia*

Technological characteristics of *Pseudotsuga menziesii* growing in Valdivia

C.D.O.: 811.152:812.211: 812.31: 812.7

J.E. DIAZ-VAZ; H. CUEVAS; A. FERNANDEZ; L. INZUNZA
Instituto de Tecnología de Productos Forestales, Universidad Austral de Chile,
Casilla 853, Valdivia, Chile

SUMMARY

This study analyzes some of the physical and mechanical properties of Douglas-fir trees from three stands located on the coast of the province of Valdivia, Chile. Specific gravity, shrinkage, tracheid length, compression parallel to grain, static bending, hardness Janka and nail withdrawal were determined. Average test results and their variability show a high similarity with species growing in the middle west of the United States.

RESUMEN

Se estudiaron características anatómicas y propiedades fisicomecánicas de madera de pino oregón, proveniente de tres rodales ubicados en la costa de la provincia de Valdivia, X Región, Chile. Se determinó: densidad básica, cambios dimensionales, contenido de humedad y largo de traqueidas. Las determinaciones mecánicas correspondieron a mediciones de los esfuerzos: compresión paralela a las fibras, flexión estática, dureza Janka y extracción de clavos. Los valores obtenidos y sus fluctuaciones muestran una gran similitud con la especie creciendo en el interior oeste de los Estados Unidos.

INTRODUCCION

La especie pino oregón tiene una madera que se reconoce internacionalmente apta para muy diversos usos. Se la emplea en construcción de viviendas, puentes, encofrados, tableros contrachapados y embalajes.

En Chile, esta especie ha alcanzado connotación, llegando en la actualidad a cubrir más de 10.000 há, distribuidas preferentemente en la IX y X Región.

Las perspectivas de utilización de una madera dependen de las características anatómicas y propiedades fisicomecánicas que ella posea. Por esto es de especial relevancia determinarlas.

En el marco de un proyecto de caracterización tecnológica de la especie *Pseudotsuga menziesii* se han determinado las propiedades de esta madera,

en árboles de 28 años de edad creciendo en la zona costera de la provincia de Valdivia, X Región.

A pesar de la importancia que tiene la especie en el país, son pocos los estudios que se han realizado. Por ello, los objetivos de este trabajo involucran: cuantificación de la magnitud y dispersión de los valores de densidad básica, cambios dimensionales, contenido de humedad, largo de traqueidas y resistencias mecánicas: compresión paralela, flexión estática, dureza y extracción de clavos.

PROCEDIMIENTO EXPERIMENTAL

La muestra se obtuvo de tres rodales de pino oregón que tenían 28 años de edad y superficies de 1,2, 2,1 y 3,4 há, ubicados en la provincia de Val-

* Proyecto S 85 33 financiado por la Dirección de Investigación y Desarrollo de la Univ. Austral de Chile, Valdivia.

divia. De cada rodal se seleccionaron 31 a 35 árboles.

La ubicación geográfica y las características climáticas de la zona en donde se encontraban los rodales corresponden a:

Latitud: 39° 45' S Longitud: 73° 09' W
 Altura s.n.m.: 60 m T° media anual: 12°C
 Precipitación Anual acumulada: 2.000 mm.

De cada árbol se extrajo un cilindro a los 4,5 m de altura, y de cada cilindro se obtuvieron los diferentes tipos de probetas necesarias para efectuar los ensayos.

Las determinaciones de densidad y cambios dimensionales se realizaron con probetas provenientes de las distintas partes del diámetro. Los ensayos de densidad emplearon probetas de 2x2x3 cm (DIN 52182), determinación que usó el procedimiento de máximo contenido de humedad. Por su parte las determinaciones de cambios dimensionales en las direcciones tangenciales, radiales y las volumétricas se determinaron en probetas de 3x3x10 cm (DIN 52184).

El contenido de humedad se determinó por método de estufa en muestras de madera tomadas cada tres anillos de crecimiento a partir de la médula.

Las determinaciones del largo de traqueidas se efectuaron en fibras maceradas y proyectadas en una pantalla. Las mediciones se realizaron sobre

esa pantalla con un curvímeter, correspondiendo cada vez a una muestra de 20 fibras de cada uno de los anillos de crecimiento de cada árbol muestreado.

Los ensayos mecánicos se efectuaron con probetas climatizadas al 12% de contenido de humedad. La resistencia a compresión paralela, así como las resistencias a flexión estática se determinaron de acuerdo a las normas DIN 52185 y DIN 52186. Los ensayos de dureza Janka y los correspondientes a extracción de clavos se realizaron de acuerdo a las normas chilenas NCh 978 y NCh 979.

RESULTADOS

Los resultados obtenidos de las propiedades físicas y características anatómicas se resumen en el cuadro 1. En él se incluyen promedios y dispersiones de los valores de densidad básica, cambios dimensionales, contenido de humedad y largo de traqueidas, que caracterizan a la madera empleada en los ensayos.

La densidad básica de la madera de pino oregón aquí estudiada mostró similitudes y diferencias con los valores obtenidos para esta especie creciendo en otros países. Es así como Uprichard (1972) en Nueva Zelanda y Bianchet (1979) en Argentina obtuvieron valores promedios iguales a los de este estudio. Otros autores, por el contrario, informan valores mayores, como es el caso del valor promedio que se considera en

CUADRO 1

Valores promedios y desviaciones de densidad básica, cambios dimensionales, contenido de humedad y largo de traqueidas.

Means values and standard deviations of specific gravity, shrinkage, moisture contents and tracheid length

Item	N° Observ.	Valor prom.	Coefficiente variación	Valor mínimo	Valor máximo
Densidad básica (g/cm ³)	851	0.42	11.91	0.25	0.61
Contracción (%)					
- tangencial	513	7.53	18.73	4.54	9.82
- radial	513	4.83	20.29	3.06	7.17
- volumétrica	513	12.09	16.29	8.66	15.71
Contenido de humedad (%)*	101	74.20	13.61	53.90	102.00
Largo de traqueidas (mm)*	97	3.12	5.77	2.61	3.54

* = promedio por árboles.

USA para esta especie de 0,43 a 0,48 g/cm³ (Wood Handbook, 1974).

La comparación con datos obtenidos en Chile muestra que los valores promedios del presente estudio resultan menores que los valores de densidad determinados por Brun (1963) para un árbol creciendo en Valdivia, cuya densidad promedio fue de 0,467 g/cm³. También son menores cuando se comparan con la densidad promedio determinadas por Carter (1983) para Valdivia, de 0,437 g/cm. Similar resultado se tiene al compararlos con los promedios informados por Pérez (1982) para una muestra de la localidad de Villarrica, con un valor de 0,445 g/cm³.

Por el contrario, los resultados aquí determinados fueron mayores a los de una muestra de Osorno medida por Carter (1983), quien obtuvo 0,401 g/cm³. También resultaron mayores a los valores de densidad registrados en madera proveniente de la localidad de Nueva Imperial con 0,322 g/cm³ y 0,371 g/cm³ (Pérez, 1982). Superiores fueron además en relación a una muestra de la localidad de Villarrica con un valor promedio de 0,393 g/cm³ (Pérez, 1982).

Los valores máximos y mínimos obtenidos demuestran la dispersión que se puede tener respecto a la densidad de esta especie. Por ello es que se presentan en muchos casos diferencias importantes entre los resultados de diferentes estudios. Es así como información previa de estos mismos rodales muestra las diferencias entre promedios que fluctúan entre 0,392 g/cm³ y 0,449 g/cm³, al considerar separadamente rodales y posiciones cardinales (Díaz-Vaz, Cuevas, 1987).

También es necesario considerar posibles diferencias entre los resultados, dependiendo de la edad de los árboles muestreados, el efecto de la proporción de madera juvenil y la influencia de la duraminización. Esta última con sus extraíbles pueden hacer variar en 0,02 g/cm³ a 0,03 g/cm³ los valores de densidad de esta especie, dependiendo de si se extrae la madera o no antes de su determinación (Carter, 1983).

Las variaciones dimensionales determinadas resultaron muy semejantes a esta especie creciendo en la zona costera e interior oeste de EE.UU. Algo mayores resultaron al compararlos con los cambios dimensionales de la especie de la zona interior norte de EEUU (Wood Handbook, 1974).

Para el caso del pino oregón en Chile, Brun (1963) determinó para un árbol creciendo en Valdivia valores de 9,2%, 5,7% y 14,9% para las

contracciones tangenciales, radiales y volumétricas, respectivamente, que son mayores a las determinadas en el presente estudio.

La especie, de acuerdo a los resultados obtenidos, parece corresponder, en cuanto a la contracción, a una madera similar a la que se conoce en su lugar de origen, esto es, en EE.UU (Wood Handbook, 1974).

El contenido de humedad determinado en los árboles recién cortados tuvo un valor mínimo promedio por árbol de 53,9% y un máximo por árbol de 102,0%.

La determinación de humedad en la zona de duramen dio valores de 47,4%; en cambio en la albura el valor aumentó a 127,7%. Los resultados mencionados son relativamente similares a los que presenta el tipo costero de la especie en EE.UU. con 37% para el duramen y 115% para la albura (Wood Handbook, 1974).

Es probable que con un mayor grado de duraminización en madera de rodales de mayor edad los valores de contenido de humedad disminuyan, especialmente si se considera que con la duraminización se reduce el contenido de humedad en esta especie. Del mismo modo, un aumento de la edad incrementa tanto el grado de duraminización como al proporción de duramen. Estos dos aspectos, aumento del grado y proporción del duramen, hacen disminuir el contenido de humedad promedio de los árboles.

El largo de traqueidas determinado resultó con 3,2 mm, en promedio, mayor que los valores 2,53 mm y 2,80 mm obtenidos por Carter (1983) en las localidades de Valdivia y Osorno respectivamente.

Las diferencias detectadas para una misma localidad, en este caso Valdivia, pueden deberse en parte a las diferencias de edad que existían entre los rodales considerados. En el caso de los datos aportados por Carter, los árboles tenían 25 años de edad; en cambio en el presente estudio se tuvo una muestra de árboles de 28 años de edad. Si se considera que con la edad se aumenta el largo de traqueidas, en esta especie, al igual que en otras coníferas, es dable esperar una diferencia entre las dos determinaciones.

Otras investigaciones indican valores mayores con promedios de 3,75 mm (Uprichard, 1972) y también valores menores, como los informados por Duffield (1964), de 2,91 mm.

Los resultados de los ensayos mecánicos se expresan como valores promedios y sus desvia-

CUADRO 2

Promedios y desviaciones de resistencias mecánicas

Mean values and standard deviation of mechanical strength

Propiedad Mecánica	Nº Observ.	Valor Prom.	Coef. Variación	Valor Mín.	Valor Máx.
Comp. paralela (N/mm ²)	67	47.04	15.58	33.10	60.31
Flex. estática (N/mm ²)					
- Tensión básica	67	39.92	19.14	25.93	52.40
- Mód. rotura	67	75.26	19.49	48.54	106.46
- Mód. elasticidad	67	10248	24.19	5874	14522
Dureza Janka (N)					
- Normal	76	2782	15.89	1815	3384
- Paralela	76	4014	14.08	2942	5296
Extracción clavos (N)					
- Normal	112	645	33.64	217	987
- Paralela	56	245	33.88	82	404

ciones en el cuadro 2, que se agrega a continuación.

Las resistencias mecánicas obtenidas en este estudio resultaron iguales a los datos que se tienen para esta madera de la zona interior oeste de los EE.UU., en los casos de las resistencias flexión estática, compresión paralela y dureza. Para otras zonas de los EE.UU. los datos resultan similares (Wood Handbook, 1974).

La comparación con resultados de propiedades mecánicas de pino oregón creciendo, en la IX Región, muestra diferencias importantes al compararlas con los valores aquí obtenidos.

Los valores entregados por Brun (1963) resultan menores que los de este estudio en los casos de

compresión paralela y dureza normal. Por el contrario, los valores de tensión básica y de rotura en flexión estática, dureza paralela y extracción de clavo fueron mayores que los del presente estudio.

Las relaciones entre densidad básica y resistencias mecánicas presentaron, como podía esperarse, una correlación significativa para compresión paralela, tensión unitaria básica y de rotura en flexión estática, así como para dureza normal y paralela. No ocurre lo mismo para la resistencia a la extracción de clavos perpendicular y paralela, en donde esta relación tiene un valor más bajo, por una gran dispersión de los resultados. Es posible atribuir este comportamiento tan variable a la diferencia de densidad entre madera temprana y

CUADRO 3

Relaciones entre propiedades mecánicas y densidad básica

Relations between mechanical strength and specific gravity

Propiedad Mecánica	Ecuación	Coef. Correlación
Comp. paralela	$R_{cp} = 123.622 D_B - 5.537$	0.78
Flex. estática		
- Tensión básica	$\sigma_f = 120.929 D_B - 11.514$	0.69
- Tensión rotura	$R_f = 232.661 D_B - 23.662$	0.65
- Mód. elasticidad	$E_f = 40905.571 D_B - 7149.824$	0.75
Dureza Janka		
- Normal	$R_{dn} = 8447.069 D_B - 783.956$	0.73
- Paralela	$R_{dp} = 9927.042 D_B - 177.435$	0.62
Extracción clavos		
- Normal	$R_{cln} = 4313.230 D_B - 1167.325$	0.40
- Paralela	$R_{cIp} = 1350.660 D_B - 322.378$	0.27

tardía, con valores mínimos en madera temprana de 0,19 g/cm³ y máximo en la madera tardía de 1,09 g/cm³ (Díaz-Vaz, Ojeda, 1980).

El valor promedio obtenido para el módulo de elasticidad medido en flexión estática resultó similar al que se considera para la zona interior norte de los EE.UU. Resultó menor que los correspondientes a las zonas interior oeste y costa de los EE.UU. (Wood Handbook, 1974).

Un módulo de elasticidad idéntico obtuvo Pérez (1982) en una muestra de Villarrica, y valores más bajos, según este mismo autor, para la especie creciendo en Nueva Imperial. Similar resultado al determinado en Nueva Imperial obtuvo Brun (1963) en un árbol creciendo en Valdivia.

La correlación determinada para el módulo de elasticidad y la densidad de la madera resultó con un coeficiente de 0,75, resultado que se incluye en el cuadro 3.

BIBLIOGRAFIA

- BLANCHET, J. 1979. *Ensayos físico mecánicos en madera de coníferas: Pinus ponderosa, P. radiata, P. contorta y Pseudotsuga menziesii*. Argentina, Instituto Forestal, Folleto Técnico Forestal N° 58, 23 pp.
- BRUN, R. 1963. *Análisis fustal y mecánico de un Pino Oregón*. Tesis Ing. Forestal. Valdivia, Chile, Universidad Austral, Fac. Ciencias Forestales, 61 pp.
- BRUN, R. 1965. "Influencia del crecimiento en la estructura de la madera de Pino Oregón", *In: Actas de la Reunión Sobre Investigaciones en Productos Forestales*. Concepción, Chile, Instituto Forestal, Informe Técnico N° 21: 50-55.
- CARTER J. 1983. *Caracterización Tecnológica del Pino Oregón (Pseudotsuga menziesii Mirb. Franco) crecido en la Décima Región*. Tesis Ing. Forestal. Valdivia, Chile, Universidad Austral, Fac. Ciencias Forestales, 77 pp.
- DADSWELL, H.; FIELDING, D.; NICHOLLS, J.; BROWN, A. 1961. "Tree to tree Variation and the Gross Heritability of Wood Characteristics of *pinus radiata*", *Tappi* 44(3):174-179.
- DIAZ-VAZ, J.E.; OJEDA, F. 1980. "Densidad intraincremental de *Pseudotsuga menziesii*", *Bosque* 3(2):86-95.
- DIAZ-VAZ, J.E. 1981. "Delimitación de madera temprana-tardía y juvenil-madura en Pino Oregón", *Bosque* 4(1):55-58.
- DIAZ-VAZ, J.E.; CUEVAS, H. 1986. *Mecánica de la madera*. Chile, Universidad Austral, Publicación Docente N° 23, 45 pp.
- DIAZ-VAZ, J.E., CUEVAS H. 1987. "Características Físicas y Mecánicas de *Pseudotsuga menziesii*", *In: IX Conferencia Interamericana Sobre Tecnología de Materiales*, Santiago, Chile, Actas. V 1, pp. 711-715.
- DUFFIELD, J. 1964. "Tracheid Length Variation Patterns in Douglas-Fir and Selection of Extreme Variants", *Tappi* 47(2):122-124.
- HAYGREEN, J.; BOWYER, J. 1982. *Forest Products and Wood Science. An Introduction*. The Iowa State University, pp. 210-212.
- PEREZ, V. 1982. *Propiedades mecánicas y asociadas del Pino Oregón (Pseudotsuga menziesii) crecido en Chile*. Santiago, Chile, Instituto Forestal, Informe Técnico N° 85, 17. pp.
- SMITH, D.M. 1965, "Rapid Measurement of Tracheid Cross-Sectional Dimensions of Conifers: Its Application to Specific Gravity Determinations", *For. Prod. J.* 15(8):325-334.
- SNODGRASS, J.; NOSKOWIAK, A. 1968. *Strength and Related, Properties of Douglas-Fir From Mill Samples*. Oregon State University Corvallis, Bulletin 10,40 pp.
- UPRICHARD, J. 1972. "Douglas-Fir as a Raw Material for Pulp and Paper, Particleboard and Fiberboard", New Zealand Service. For. Res. Inst. Symposium N° 15:288-296 pp.
- U.S. DEPARTMENT OF AGRICULTURE. FOREST PRODUCTS LABORATORY. 1974. *Wood Handbook: Wood as an Engineering Material. Handbook N° 72*.