

Determinación del módulo elástico de Young en tableros  
contrachapados de madera de  
*Eucalyptus nitens* (Deane & Maiden)

Freddy Muñoz-Acosta<sup>1</sup>

## Resumen

Se determinó el módulo elástico de Young (MOE), mediante tres métodos, en tableros contrachapados de cinco capas de madera de *Eucalyptus nitens*. El método control obtuvo la menor variabilidad (CV= 22,45 %), mientras que la mayor correspondió al método 3 (CV= 29,91 %). Sin embargo, el ANOVA indicó que no existe diferencia significativa entre las medias de cada método. El valor promedio del MOE en tensión en dirección axial obtenido de 10,18 GPa indicó que el comportamiento elástico del tablero contrachapado es similar a la madera sólida de *E. nitens* (9,6 GPa). También el valor de MOE obtenido señaló que los tableros cumplen con los requerimientos de las normas brasileñas NBR 9531 y NBR 9532 y europea EN 310-1993, lo que permite su uso en construcción liviana interna, como molde para concreto, mueblería y uso general, aunque de acuerdo a la norma APA no clasifica para construcción pesada, naval y uso industrial.

**Palabras clave:** *Eucalyptus nitens*, chapa, tableros, madera contrachapada, módulo elástico de Young, tensión axial, región del Bío-Bío, Chile.

## Abstract

It was determined the Young's elastic modulus (EMO) by three methods in a five-layer plywood from *Eucalyptus nitens* wood. The control method had the lowest variability (22,45 %). The lower standard error respect to control method, corresponds to method 2 with a coefficient of 0,566. While, the higher variability correspond to method 3 (29,91 %). However, the ANOVA indicates not significant difference between the means of each method. The average of Young's elastic modulus obtained of 10,18 GPa in axial direction, indicates that the elastic behavior of plywood is similar to *E. nitens* solid wood (9,6 GPa). In addition, EMO obtained indicates that the plywood meets the requirements of brazilian standards NBR 9531 and NBR 9523 and european EN 310-1993, allowing its use in interior light construction, as concrete mold, furniture and general uses, although, according to APA standard not classified for heavy construction, marine and industrial use.

**Key words:** *Eucalyptus nitens*, veneer, boards, plywood, Young's elastic modulus, axial tension, Bio-Bio region, Chile.

1. Facultad de Ingeniería. Depto. Ingeniería en Maderas.  
Universidad del Bío-Bío. Concepción, Chile.  
Correo electrónico: [fmunozac@alumnos.ubiobio.cl](mailto:fmunozac@alumnos.ubiobio.cl)

## Introducción

La madera de *Eucalyptus* es utilizada en España, Portugal, Australia y Chile como materia prima para la producción de chapa decorativa y tableros contrachapados (Touza y Sanz 2012). Particularmente en Chile el *Eucalyptus nitens* ha ganado interés por su rápido crecimiento bajo el régimen de plantación en la zona central y sur, en donde a los 11 - 15 años alcanza densidades similares a la madera de *Pinus radiata* maduro; así como un importante rendimiento volumétrico entre 20 y 40 m<sup>3</sup>ha<sup>-1</sup>año<sup>-1</sup> (INFOR 2010). Estudios de las características físico-mecánicas del *E. nitens* de 12 años lo clasifican como una madera liviana de densidad alrededor de 500 kg m<sup>-3</sup>, semidura y resistencia a la flexión estática de alrededor de 1 200 kg cm<sup>-2</sup> (Pérez 1993).

La industria de productos forestales ha utilizado el término compuestos de madera para denominar a los materiales que han sido desarrollados mediante el encolado de partículas, chapas, fibras u otros elementos en materiales más grandes y con propiedades diferentes a la madera sólida que lo constituye (Maloney 1996). Pérez *et al.* (1982) indican que la resistencia de los tableros contrachapados depende de las diferentes capas que lo constituyen, del espesor de las chapas, del tipo de adhesivo usado, entre otros factores.

Los productos de madera contrachapada o tableros contrachapados (plywood) son compuestos en donde las láminas o chapas de madera son entrecruzadas ortogonalmente y son unidas entre sí con adhesivo y un proceso de prensado. Esta disposición de chapas entrecruzadas confiere al tablero buenos valores de rigidez, resistencia mecánica y estabilidad dimensional (Días y Rocco 2003). De acuerdo a Stark *et al.* (2010) existen dos clases de plywood: (a) para construcción e industrial y (b) para uso decorativo. Según Keinert (1995), el contrachapado es producido bajo dos principales especificaciones: a) para uso interno, con adhesivo a base de resina de urea/formaldehído, empleado básicamente en la industria de muebles; b) para uso externo, con adhesivo a base de resina fenol/formaldehído, siendo normalmente utilizado en la construcción civil.

Ensayos realizados bajo normas europeas, en tableros contrachapados con madera de eucalipto, mostraron buenos resultados, con módulos de elasticidad axial comprendidos entre 10-16 GPa (Touza y Sanz 2012), que los califica como aptos para usos que requieren una elevada resistencia y rigidez, en aplicaciones como embalajes industriales, elementos resistentes para construcción como pisos industriales, encofrados y construcción naval.

Para una clasificación de los tableros contrachapados la Asociación Brasileña de Normas Técnicas-ABNT, presenta los siguientes documentos normativos:

**NBR 9531 (ABNT 1985):** clasifica las chapas en cuanto al local de utilización, por medio de tres tipos básicos:

- **IR (interior):** se usa adhesivo no resistente al agua, y su utilización ocurre en locales protegidos de la acción del agua o de alta humedad relativa.
- **IM (intermediaria):** es destinada a la utilización interna, pero en ambiente de alta humedad relativa, que puede, eventualmente, recibir la acción de agua.
- **EX (exterior):** es destinada al uso externo o en ambientes cerrados, donde es sometida a repetidos ciclos de humectación y secado, o acción de agua.

**NBR 9532 (ABNT 1986):** según esta norma, los contrachapados reciben las siguientes especificaciones:

- **Contrachapado de uso general (GER):** chapas de maderas contraplacadas clasificadas genéricamente como IR.
- **Molde de concreto (FOR):** chapas clasificadas genéricamente como EX. Este tipo de chapa debe presentar un módulo de elasticidad mínimo de 4 GPa.
- **Decorativo:** son chapas clasificadas genéricamente como IM.
- **Industrial (IND):** son chapas de madera contraplacada, clasificadas genéricamente como EX.
- **Naval (NAV):** son chapas de madera contraplacada, clasificadas genéricamente como EX. Este tipo de chapa debe presentar un módulo de elasticidad mínimo de 6 GPa.
- **Listonado (SAR):** son chapas de madera contraplacada, clasificadas genéricamente como IR, donde el alma del tablero es constituido por listones (tablas de madera) con ancho máximo de 40 mm.

La elasticidad de los materiales implica que las deformaciones producidas bajo el esfuerzo al límite proporcional (ELP) son totalmente recuperables, luego de que la carga es retirada. Por esta razón, el límite elástico se define como el esfuerzo por unidad de superficie, en donde la deformación es proporcional a la carga que se aplica. No obstante, cuando el material se carga sobre el LP, entra en la zona de deformación plástica; y si la carga continúa, se produce la ruptura del material (Cai y Ross 2010).

Típicamente la curva de esfuerzo-deformación para materiales compuestos a base de madera es lineal hasta el valor del esfuerzo en el LP y su pendiente representa el módulo elástico (MOE) como se muestra en la Figura 1.

y posterior clasificación de uso de acuerdo a normas brasileñas, europea y estadounidense.

## Metodología

El ensayo se ejecutó en el Laboratorio de Propiedades Mecánicas del Departamento de Ingeniería en Maderas de la Universidad del Bío-Bío, Concepción, Chile. Se utilizaron nueve diferentes tableros de 500 x 500 x 12 mm, conformados por cinco chapas contrachapadas de *E. nitens*, como se muestra en la Figura 2. Los tableros fueron elaborados y suministrados por la empresa Forestal Mininco.

Se prepararon 18 probetas (dos probetas por cada tablero) de acuerdo a la norma NChO775 (INN 1980). Pevio a los ensayos, las 18 probetas fueron acondicionadas en un ambiente controlado a 20 °C y 65% de humedad relativa de acuerdo a norma ASTM (1999) por 24 horas. Para los ensayos se utilizó una máquina universal de ensayos Zwick/Roell Z020 con celda de carga de 20 kN + video extensómetro con una precisión de  $\pm 1 \mu$ . Las condiciones del ensayo fueron: aplicación de una precarga de 10 N a 5 mm/min para un pre-tensado y acomodo de la probeta entre mordazas. Posteriormente el ensayo de tensión paralela se realizó a 10 mm/min. La dimensión y forma de la probeta ensayada se muestra en la Figura 3.

Las 18 probetas se ensayaron hasta su módulo de ruptura (MOR), y el MOE fue calculado bajo el límite proporcional (zona elástica) en el rango de deformación unitaria (0,001 – 0,003), considerando más de 2 500 puntos de deformación en cada probeta.

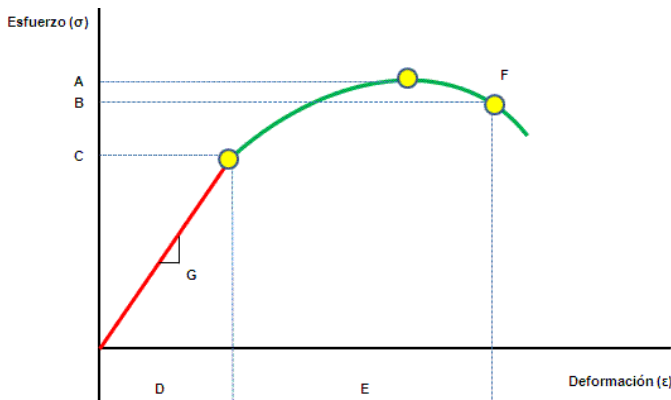
El MOE se obtuvo aplicando tres métodos, un método control (método 1) y dos métodos (estimaciones) que se describen a continuación:

**Método 1:** valor control del MOE, reportado por el software testXpert® II. V 3.2 del equipo Zwick/Roell Z020.

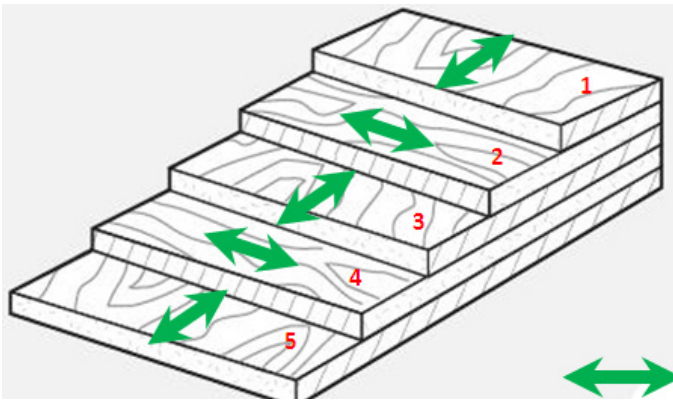
**Método 2:** utilizando la curva de esfuerzo en tensión ( $\sigma$ ) vs deformación unitaria ( $\epsilon$ ) de cada probeta ensayada y bajo el esfuerzo de límite proporcional (ELP), se calculó la pendiente (que representa el MOE) bajo la curva en el rango de deformación unitaria seleccionado, usando la siguiente relación:

$$E = \frac{(\sigma_2 - \sigma_1)}{(\epsilon_2 - \epsilon_1)}$$

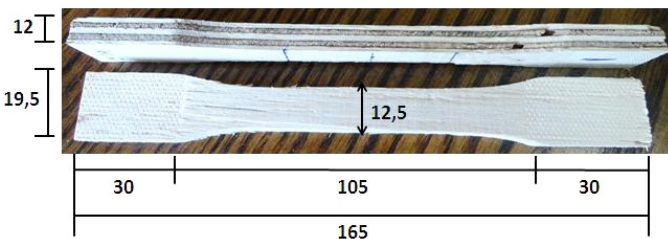
**Método 3:** utilizando la misma curva de  $\sigma$  vs  $\epsilon$ , y el mismo rango de deformación, se calculó una regresión lineal para cada probeta ensayada, luego con la ecuación de regresión lineal se obtuvo un valor de  $\sigma$  en tensión axial con su correspondiente deformación y con la ecuación de la Ley de Hooke ( $E = \frac{\sigma}{\epsilon}$ ), se obtuvo el valor del MOE, correspondiente a esa deformación y para cada probeta ensayada.



**Figura 1.** Diagrama de esfuerzo ( $\sigma$ ) vs deformación ( $\epsilon$ ): **A:** Esfuerzo último o máximo. **B:** Esfuerzo de ruptura (MOR). **C:** Resistencia de fluencia o Esfuerzo al Límite Proporcional (ELP). **D:** Zona elástica (deformación reversible). **E:** Zona plástica (deformación permanente). **F:** Punto de ruptura o fractura. **G:** Pendiente se cumple que  $\sigma = \epsilon$  y el MOE se puede calcular por la Ley de Hooke.



**Figura 2.** Representación gráfica de un tablero contrachapado de cinco capas, se observa la alternabilidad en la dirección de la fibra entre cada chapa de madera. La dirección del ensayo de tensión axial correspondió a las chapas 1, 3 y 5. Fuente: APA (1997).



**Figura 3.** Tamaño y forma de la probeta del tablero contrachapado ensayado de chapas de *Eucalyptus nitens* (dimensiones en mm). Foto: F. Muñoz (2012).

En ensayos de tensión y compresión el MOE es referido como el MOE de Young para diferenciarlo del MOE en flexión (Cai y Ross 2010). El objetivo de este ensayo fue determinar la variabilidad de tres métodos (un control y dos estimaciones) para la obtención del módulo elástico de Young (MOE) de madera contrachapada de *Eucalyptus nitens*, sometida a esfuerzos de tensión axial



Para el análisis de varianza (ANOVA) se usó el software estadístico Desing Expert® v. 7.0.2.

## Resultados y Discusión

El MOE promedio obtenido en cada método, además del módulo de ruptura en tensión (MOR) y el área de esfuerzo se muestra en el Cuadro 1. Un ejemplo de la curva de esfuerzo en tensión axial ( $\sigma$ ) vs deformación unitaria ( $\epsilon$ ) para aplicar los métodos 2 y 3 se muestra en la Figura 4.

Lisperguer y Rozas (2005) reportan para tableros contrachapados (tres capas) de *E. nitens* de 11 años, un MOE en flexión estática de 10,88 GPa, mientras que Bortoletto (2003) obtuvo un MOE promedio en flexión estática de 14,86 GPa para tableros contrachapados de 11 especies del género *Eucalyptus*. Días y Rocco (2003) obtuvieron en tableros contrachapados de *Eucalyptus grandis*, un MOE en flexión paralela promedio de 11,4 GPa. Cai y Ross (2010) reportan para tableros tipo plywood rangos entre 6,96-8,55 GPa para el MOE y entre 0,03-0,04 GPa para el MOR, ambos en flexión estática.

Por otra parte, AFPI (2003) reporta para tableros contrachapados de *Betula pendula* (abedul) de cinco capas, un MOE en tensión paralela a la fibra (axial) de 9,84 GPa; y para tableros contrachapados de conífera, un MOE en tensión paralela a la fibra (axial) de 7,10 GPa. Estos resultados de MOE en tensión son muy similares al MOE en tensión paralela promedio obtenida para los tableros ensayados, como se observa en el Cuadro 1.

De acuerdo a Touza y Sanz (2012), ensayos realizados bajo norma europea (EN 310-1993) a tableros contrachapados con madera de *Eucalyptus*, obtuvieron valores de MOE axial comprendidos entre 10-16 GPa, permitiendo su uso en el área de la construcción, en la que se requiere una elevada resistencia y rigidez. Por otra parte, resultados obtenidos por Bortoletto (2003) para el MOE promedio de tableros contrachapados del género *Eucalyptus* cumplen con las normas DIN 68705-3 y DIN 68792.

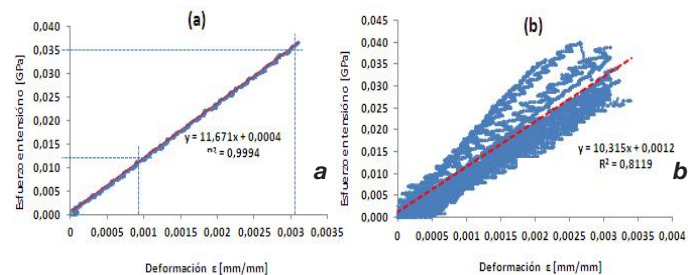
Los tableros contrachapados de *E. nitens* de este estudio cumplen con la exigencia de la norma brasileña NBR N° 9532, superando los 4 GPa en MOE solicitados para madera contrachapada con características para uso como molde de concreto y los 6 GPa en MOE para uso naval. Sin embargo, no cumple con la exigencia de la norma APA (1997) que solicita un MOE en flexión de 15 GPa para las tensiones admisibles en tableros contrachapados para uso en construcción e industrial.

El módulo de ruptura (MOR) del tablero contrachapado en tensión axial de *E. nitens* (Cuadro 1), no supera a la ruptura en tensión axial de la madera sólida. Pérez y Cubillos (1983) reportan una tensión de ruptura de 0,082

**Cuadro 1.** Módulo elástico de Young (E) en tensión axial según método utilizado, y módulo de ruptura axial MOR para el método control, en tableros contrachapados de *Eucalyptus nitens*.

|                                     | Media   | D.E   | E.E   | C.V % |
|-------------------------------------|---------|-------|-------|-------|
| MOE de Young (GPa)                  |         |       |       |       |
| Método 1 (control)                  | 10,139  | 2,276 | 0,536 | 22,5  |
| Método 2                            | 10,269  | 2,402 | 0,566 | 23,3  |
| Método 3                            | 10,151  | 3,036 | 0,716 | 29,9  |
| Área de esfuerzo (mm <sup>2</sup> ) | 101,243 | 7,499 | 1,768 | 7,4   |
| MOR (GPa)                           | 0,025   | 0,016 | 0,004 | 64,1  |

D.E. desviación estándar, E.E. error estándar, C.V. coeficiente de variación en porcentaje



**Figura 4.** a: Curva de esfuerzo en tensión axial ( $\sigma$ ) vs deformación ( $\epsilon$ ) para calcular el MOE por métodos 2 y 3. b: Curvas de esfuerzo en tensión axial ( $\sigma$ ) vs deformación ( $\epsilon$ ) para las 18 probetas y ecuación de regresión lineal promedio.

GPa para la madera sólida de eucalipto. Esta diferencia se explica, debido a que en el ensayo de tensión, las fibras de la madera están sometidas a un esfuerzo de tensión paralela a la dirección del esfuerzo, mientras que, en el caso del tablero las fibras de cada capa se alternan de manera paralela y perpendicular respecto de la dirección axial del ensayo, como se puede notar en la Figura 2.

McKinley *et al.* (2002) reportan un MOE de 9,6 GPa para madera sólida de *E. nitens*, valor estadísticamente similar al MOE obtenido para el tablero contrachapado estudiado (10,18 GPa) ( $p = 0,1646$ ); esto indicó que el comportamiento elástico del tablero es levemente mayor a la madera sólida, lo que permite, en teoría, al tablero contrachapado tener una mejor flexibilidad en un proceso de curvado.

Sin embargo, un vaporizado previo de las chapas de madera favorece su flexibilidad (plastificación) facilitando alcanzar radios de curvatura pequeños (Shirazinia *et al.* 2011). Por lo tanto, el MOE es también un parámetro a considerar cuando se desea calcular el radio de curvatura de este tipo de material (TRADA 1972).

El análisis de varianza (ANOVA) mostró que no existe diferencia significativa entre los métodos ( $p = 0,9861$ ). La variabilidad del MOE puede ser atribuida a lo que

indica León (2010), respecto a que la relación entre peso específico y las propiedades de la madera está influenciada por las diferencias de peso específico entre madera temprana y madera tardía; lo que implica tener diferencias en los valores de las diferentes propiedades físicas y mecánicas, incluso dentro de una misma especie. Por ejemplo, Muñoz y Moreno (2011) determinaron diferencias significativas en el porcentaje de falla en la línea de adhesivo, en productos laminados con algunas especies latifoliadas, debido a la influencia del peso específico de la madera. Cabe señalar que todas las probetas ensayadas en este trabajo fallaron mecánicamente con una ruptura en la madera (chapa) y no en la línea de unión (adhesivo), lo que indicó que el proceso de conformación del tablero (encolado y prensado) fue el adecuado.

Otro factor que podría influir en el MOE del tablero es la procedencia de la chapa respecto de la altura del fuste de donde fue obtenida. Por ejemplo, Waghorn *et al.* (2007) determinaron una variación significativa del MOE axial de la madera de *Pinus radiata*, variando desde 5,1 GPa en la base del fuste hasta un máximo de 6,7 GPa a 5 m (27% de altura total de fuste) y 5,0 GPa en la sección superior; los mismos investigadores también encontraron una relación directa entre el MOE y la densidad de plantación (árboles ha<sup>-1</sup>).

## Conclusiones

Estadísticamente no existe diferencia significativa entre los métodos evaluados para determinar el MOE de Young en tableros contrachapados, obtenidos en el rango de deformación unitaria que correspondió a la zona elástica (bajo el esfuerzo del límite proporcional).

El menor error estándar (E.E.) respecto del método control se presentó al método 2 con un coeficiente de 0,566. Mientras que el menor coeficiente de variación del MOE de Young correspondió al método control (22,45 %) y la mayor variabilidad al método 3 (29,91 %). Se recomienda para determinar el MOE de los tableros contrachapados de cinco capas dentro de la zona elástica, el método control y/o el método 2.

El MOE de Young de los tableros contrachapados es semejante al de la madera sólida de *E. nitens*, por lo que, el comportamiento elástico de ambos materiales es similar. El módulo de ruptura (MOR) promedio obtenido para los tableros contrachapados ensayados en este trabajo no supera al MOR de la madera sólida de *E. nitens*.

De acuerdo al valor del MOE promedio obtenido con los tableros contrachapados de cinco capas de *E. nitens*, estos cumplen con los requerimientos de las normas brasileñas NBR 9531 y NBR 9532 y europea EN 310-1993,

lo que permite su uso en construcción liviana interna, como molde para concreto, mueblería y uso general, en donde se requiera cierta resistencia y rigidez; aunque de acuerdo a la norma APA no clasifica para construcción pesada, naval y uso industrial. Debe tenerse en cuenta que el adhesivo utilizado para conformar estos tableros ensayados fue urea-formaldehído, el cual no es apto para uso exterior por la posible delaminación de sus capas ante el contacto con la humedad, lo que limita sus aplicaciones.

## Agradecimientos

Al personal técnico del Laboratorio de Propiedades Mecánicas de la Madera del Departamento de Ingeniería en Maderas de la Universidad del Bío-Bío, Concepción-Chile, por el apoyo logístico y de equipo. A Forestal Mininco por la elaboración y suministro de los tableros contrachapados. Al Tecnológico de Costa Rica (TEC) y Organización de Estados Americanos (OEA) por apoyo económico de beca.

## Referencias

- ABNT (Associação Brasileira de Normas Técnicas). 1985. Chapas de madeira compensada: classificação. Rio de Janeiro - Brasil. Norma Brasileira NBR 9531. 3 p.
- ABNT (Associação Brasileira de Normas Técnicas). 1986. Chapas de madeira compensada: especificação. Rio de Janeiro-Brasil. Norma Brasileira NBR 9532. 3 p.
- AFPI (Asociación de la Industria del Contrachapado Finlandés). 2003. Manual del contrachapado Finlandés. Federación de Industrias Forestales Finlandesas. 68 p. Consultado 25 jun. 2012. Disponible en: [http://w3.upm.com/upm/internet/upm\\_spain.nsf/images/handbook\\_es.pdf/\\$FILE/handbook\\_es.pdf](http://w3.upm.com/upm/internet/upm_spain.nsf/images/handbook_es.pdf/$FILE/handbook_es.pdf)
- APA. 1997. Plywood design specification. Technical Services. Division. The Engineered Wood Association. 32 p. Consultado 18 ago. 2012. Disponible en: [http://www.apawood.org/level\\_c.cfm?content=pub\\_ply\\_libmain](http://www.apawood.org/level_c.cfm?content=pub_ply_libmain)
- ASTM (American Society for Testing and Materials). 1999. Standard Test Methods for Evaluating Properties of Wood-Base Fiber and Particle Panel Materials. In: Annual Book of ASTM Standards Vol. 04.10. American Society for Testing and Materials, Philadelphia, Pa. ASTM D 1037-99. 31 p.
- Bortoletto, G. 2003. Produção de compensados com 11 espécies do gênero *Eucalyptus*, avaliação das suas propriedades físico-mecânicas e indicações para utilização. Scientia Forestalis 63: 65-78.
- Cai, Z; Ross, R. 2010. Mechanical Properties of Wood-Based Composite Materials. Chapter 12. In: Wood handbook-wood as an engineering material. R. J. Ross (ed.). Centennial edition. General Technical Report FPL-GTR-190. Department of Agriculture, Forest Service, Forest Products Laboratory. Madison, Wisconsin, U.S.A. 12 p.

- Días, F; Rocco, F. 2003. Fabricación de madera contraplacada con adhesivo poliuretano alternativo a base de ricino. *Maderas, Ciencia & Tecnología* 5 (2): 163-175.
- INFOR, Instituto Nacional de Normalización. 2010. Anuario forestal, Boletín estadístico N° 128: Información y mercadeo, 134 p.
- INN (Norma Chilena Oficial). 1980. Paneles a base de madera-tableros-extracción de muestras y probetas y determinación de la dimensión de las probetas. División de Normas del Instituto Nacional de Normalización NCh 775. Of80. 9 p.
- Keinert, Jr. 1995. Produção de compensados. *Revista da Madeira* 24: 42-45.
- León, W. 2010. Anatomía y densidad o peso específico de la madera. *Revista Forestal Venezolana* 54 (1): 67-76.
- Lisperguer, J; Rozas, C. 2005. Paneles unidos de canto y contrachapados fabricados con madera juvenil de *Eucalyptus nitens*. *Bosque* 2 (3): 75-79.
- Maloney, TM. 1996. The family of wood composite materials. *Forest Products Journal* 10 (2):19-26.
- McKinley, R; Shelbourne, C; Low, C; Penellum, B; Kimberley, M. 2002. Wood properties of young *Eucalyptus nitens*, *E. globulus* and *E. maidenii* in Northland, New Zealand. *New Zealand Journal of Forestry Science* 32 (3): 334-356.
- Muñoz, F; Moreno, P. 2011. Evaluación de una unión laminada con adhesivo tipo PVA y maderas de plantación: *Acacia mangium*, *Tectona grandis* y *Terminalia amazonia*. *Revista Forestal Venezolana* 55 (2): 33-41.
- Pérez, V; Retamal, A; Valdéz, M; Hidalgo, H; Soriano, B. 1982. Propiedades mecánicas y asociadas del contrachapado fabricado en Chile. Informe técnico N° 81. Instituto Forestal (INFOR). Santiago-Chile. 41 p.
- Pérez, V; Cubillos, G. 1983. Manual de cálculo de construcciones en maderas. Instituto Forestal (INFOR). División industrias. Cisterna Vicuña Mackenna, Santiago, Chile. 478 p.
- Pérez, V. 1993. Propiedades físico-mecánicas de *E. fastigata*, *E. nitens* y *E. muricata* crecidos en Chile. Informe Técnico N° 97. Instituto Forestal. Chile. pp. 46-52.
- Shirazinia, M; Moya, R; Muñoz, F. 2011. Properties of laminated curves manufactured with steamed veneers from fast-growth tropical wood in Costa Rica. *Madera y Bosque* 17 (2): 85-101.
- Stark, N; Cai, Z; Carll, C. 2010. Wood-based composite materials panel products, glued-laminated timber, structural composite lumber, and wood-nonwood composite materials. Chapter 11. In: *Wood handbook-wood as an engineering material*. RJ Ross (ed.). Centennial edition. General Technical Report FPL-GTR-190. Department of Agriculture, Forest Service, Forest Products Laboratory. Madison, Wisconsin, U.S.A. 28 p.
- Touza, M; Sanz, F. 2012. Nuevas aplicaciones de la madera de Eucalipto. *Revista CIS-Madera*. 17 p. Consultado el 17 Ago. 2012. Disponible en: <http://www.cismadeira.com/castelan/downloads/art9.pdf>
- TRADA (Timber Research and Development Association). 1972. Plywood: Its manufacture and uses. Rev. and metricated (ed.), High Wycombe, Eng; 45 p.
- Waghorn, M; Mason, E; Watt, M. 2007. Influence of initial stand density and genotype on longitudinal variation in modulus of elasticity for 17-year-old *Pinus radiata*. *Forest Ecology and Management* 252 (1-3): 67-72.