

Efecto de la densidad de plantación sobre la resistencia al corte y compresión paralela a las fibras en madera de *Eucalyptus grandis* Hill (ex Maiden) de 11 años de edad

Effect of planting density on shear strength and compression parallel to the fibers in wood of *Eucalyptus grandis* Hill (ex Maiden) 11 years old

Bragaño, A.¹; Barth, S.²; Keller, A.³; Feldmann, A.⁴; Primo, A.⁴; Morel, M.⁴; Winck, R. A.²; Aquino, D.³; Knebel, O.³

¹ FCF-UNaM;

²INTA EEA Montecarlo/FCF-UNaM;

³INTA EEA Montecarlo.;

⁴Alumno FCF-UNaM.

Contacto: barth.sara@inta.gob.ar / sara.barth@fcf.unam.edu.ar

Abstract

Certain uses of wood make the mechanical properties of wood relevant. Therefore, it is important for the forester to know the characteristics of the wood to be obtained according to the adopted silvicultural management. The influence of initial planting density on shear strength and compression axial or parallel to the fibers was studied in 11-years-old *Eucalyptus grandis* wood. The evaluated treatments did not significantly influence the studied mechanical properties, presenting differences between the first and second sawn log in the case of radial and tangential shear strength.

Keywords: Mechanical properties. Silvicultural treatments. Wood quality.

Resumen extendido

Actualmente se recurren a especies de rápido crecimiento, para ello es necesario determinar el manejo silvícola más adecuado según el destino final de la madera. No obstante, es importante tener en cuenta que este enfoque intensivo de producción de madera puede tener efectos adversos en las propiedades físicas y mecánicas de dicho material, a partir de

cambios en la anatomía de la madera, lo cual puede afectar su idoneidad para determinados usos. Por consiguiente, surge una creciente preocupación en relación a los efectos que dichos regímenes silvícolas intensificados pueden ocasionar en las características de la madera (Ballard & Long, 1988). El auge de los sistemas agrosilvopastoriles hace necesario conocer las características tecnológicas de la madera obtenida bajo distintos distanciamientos de plantación. Con madera de *Eucalyptus grandis*, proveniente de un ensayo de densidades iniciales de plantación de 11 años de edad, se estudió la resistencia al corte o cizallamiento paralelo a las fibras en el sentido tangencial y radial y la compresión axial o paralela a las fibras. En dicho ensayo se trabajó con bloques completos al azar (DBCA), considerándose 3 bloques y 4 niveles de densidad, siendo estos de 2500, 1250, 625 y 312 plantas por hectárea. Los ensayos de propiedades mecánicas de la madera fueron realizados en el Laboratorio de Tecnología de la Madera de la Facultad de Ciencias Forestales de la Universidad Nacional de Misiones. Los ensayos de corte paralelo a las fibras se realizaron según la norma IRAM 9596 (Figura 1a). El ensayo de compresión paralela a las fibras se realizó de acuerdo a la norma IRAM 9541 (Figura 1b). Para determinar el módulo de rotura a la compresión se ensayaron 4 probetas por cada tratamiento y para determinar la resistencia al corte se ensayaron 8 probetas por tratamiento, 4 en sentido radial y 4 en sentido tangencial. Los análisis estadísticos fueron realizados con el software InfoStat (Di Rienzo *et al.*, 2020). Para la determinación de diferencias significativas entre tratamientos se trabajó con modelos lineales generales y mixtos considerando como efectos fijos al tratamiento y posición de la troza en el fuste; como efecto aleatorio se consideró al árbol. Para la realización de las comparaciones múltiples de medias y contrastes se utilizó el procedimiento DGC (Di Rienzo, *et al.*, 2002). Todos los análisis fueron realizados con un nivel de confianza del 95 %.



Figura 1. Ensayo en máquina universal. a) corte paralelo a las fibras. b) compresión paralela a las fibras.

A los 11 años de edad, la densidad inicial de plantación no tuvo influencia estadísticamente significativa en la tensión de corte en sentido radial (Figura 2a) ni tangencial (Figura 3a). En cambio, sí se detectaron diferencias significativas entre probetas provenientes de la primera o segunda troza (Figuras 2b y 3b). Observándose un mayor valor de resistencia al corte para la troza 1, tanto en el sentido radial como en el sentido tangencial. Valores muy similares de resistencia al corte paralelo a las fibras fueron obtenidos por el INTI para el *E. grandis* sin especificar la edad (100 y 115 kg/cm² en el sentido radial y tangencial, respectivamente). Valores superiores (tg: 170 kg/cm² y 133 kg/cm²) fueron obtenidos para el *E. dunnii* que es una especie de mayor densidad que el *E. grandis* (Severo y Tomaselli, 2000).

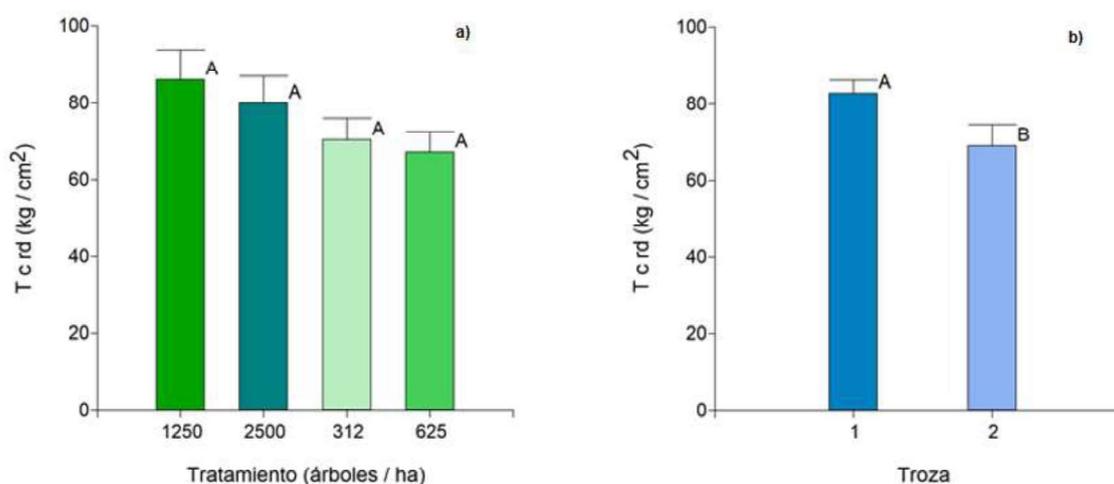


Figura 2. Corte paralelo a las fibras en sentido radial según a) tratamiento y b) posición de la troza en el fuste.

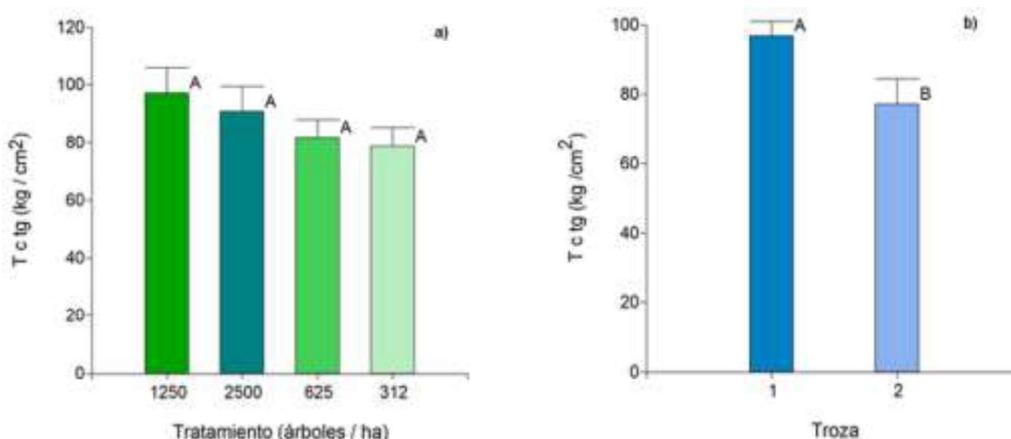


Figura 3. Corte paralelo a las fibras en sentido tangencial según a) tratamiento y b) posición de la troza en el fuste

Para el ensayo de compresión paralela a las fibras, no se detectó un efecto significativo de la densidad inicial de plantación ni de la posición de la troza en el fuste sobre el módulo de rotura (MOR) (Figura 4a y 4b). Los valores obtenidos son superiores a los reportados por el CITEMA-INTI (2023), que mencionan 343 kg/cm² para esta misma especie sin especificar la edad.

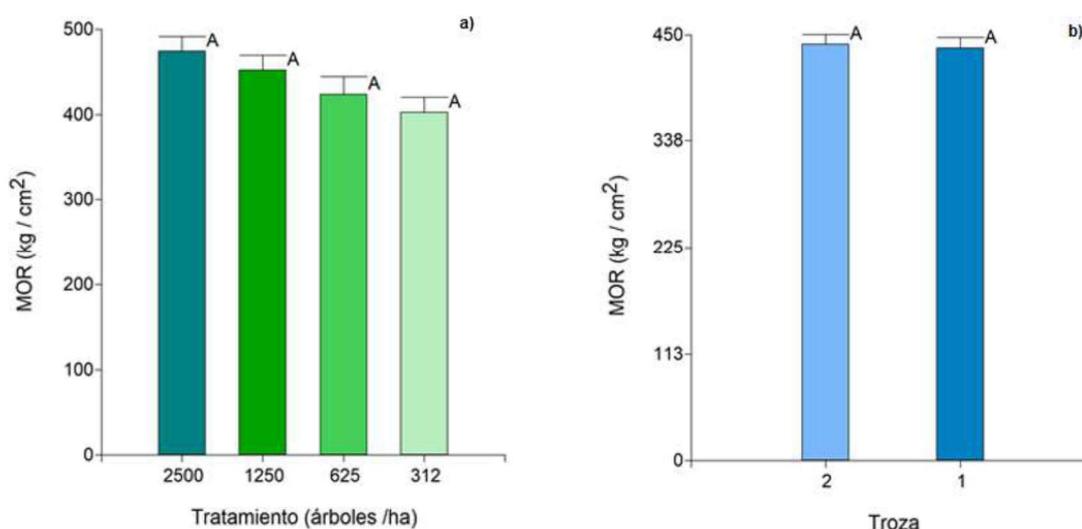


Figura 4. Módulo de rotura (MOR) a la compresión paralela a las fibras según a) tratamiento y b) posición de la troza en el fuste.

Como se puede notar en los resultados presentados, a una edad temprana (11 años), no hubo influencia de la densidad inicial de plantación sobre las propiedades de corte paralelo a las fibras en sentido radial ni en el tangencial. Distintos investigadores, entre ellos Benomar (2012), Jozsa y Middleton (1994) y Zobel & Buijtenen (1989) mencionan el hecho de que la densidad de plantación afecta a la acumulación de biomasa y por ende a la densidad de la madera, que a su vez está relacionada a sus características y uso, su resistencia, rigidez, dureza, entre otras características. En ciertas especies, aunque no en todas, la densidad básica de la madera es afectada por la densidad de plantación o la aplicación de regímenes de raleo, de allí la necesidad de estudiar cada especie y manejo silvícola en particular. En este ensayo, de *Eucalyptus grandis* de 11 años de edad, estos efectos sobre las propiedades de la madera no pudieron ser comprobados, ya que con el material estudiado no se observaron diferencias estadísticamente significativas entre tratamientos. La compresión paralela a las fibras arrojó valores entre 403 y 474 kg/cm², desde la menor a mayor densidad de plantación respectivamente, no afectando el uso que se pueda dar a dicho material. No se encontraron

diferencias estadísticamente significativas entre los valores de MOR entre primera y segunda troza, diferenciándose sus valores extremos en tan solo 1 %. En corte paralelo a las fibras, al contrastar lo sucedido entre tratamientos, en sentidos radial y tangencial, los valores extremos varían entre sí en un 22 % y 19 %, respectivamente, sin resultar dichas diferencias estadísticamente significativas. Por el contrario, al comparar entre trozas los valores de corte paralelo a las fibras, dicha variación fue de 20 % en sentido tangencial, alcanzando en sentido radial 26 %, resultando estadísticamente significativa.

De los ensayos realizados se puede concluir que, a la edad de 11 años, la densidad inicial de plantación de *Eucalyptus grandis* no afectó a la resistencia al corte y a la compresión paralela a las fibras, aunque puede verse una tendencia a disminuir los valores de estas propiedades con la disminución de la densidad.

Si bien se estima que este comportamiento se mantendría en etapas de crecimiento posteriores, a fin de concluir con mayor seguridad sobre estas características, es necesario ampliar el material de estudio incluyendo muestras a mayores edades de la plantación.

Bibliografía

- Ballard, L., & Long, J. (1988). Influence of stand density on log quality of lodgepole pine. *Canadian Journal of Forest Research*, 18, 911–916.
- Benomar, L., DesRochers, A. y Larocque, G. R. (2012). The effects of spacing on growth, morphology and biomass production and allocation in two hybrid poplar clones growing in the boreal region of Canada. *Trees - Structure and Function*, 26(3), 939–949. <https://doi.org/10.1007/s00468-011-0671-6>.
- CITEMA-INTI. (2023) Propiedades físico-mecánicas de maderas cultivadas en Argentina. <https://www.inti.gob.ar/publicaciones/descargac/367>
- Di Rienzo J. A., Guzmán A. W. and Casanoves F. (2002). A Multiple Comparisons Method based on the Distribution of the Root Node Distance of a Binary Tree. *Journal of Agricultural, Biological and Environment Statistics* 7(2):1-14.
- Di Rienzo, J. A.; Casanoves, F.; Balzarini, M. G.; Gonzalez, L.; Tablada, M. y Robledo, C. W. InfoStatversión (2020). Centro de TransferencialInfoStat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina. URL <http://www.infostat.com.ar>
- IRAM 9541. (1977). Método de ensayo de compresión paralela a las fibras. Instituto Argentino de Racionalización de Materiales. 6 pp.
- IRAM 9596. (1990). Maderas – Método para la determinación de la resistencia de las maderas a esfuerzos de corte paralelo a las fibras. Instituto Argentino de Normalización y Certificación, Buenos Aires. 10p.
- Jozsa, L. A., & Middleton, G. R. (1994). A discussion of wood quality attributes and their practical implications. In Special Publication No. SP-34.
- Severo, E. T. D. y Tomaselli, I. 2000. Efeito da vaporização em madeira de *Eucalyptus dunnii* sobre algumas propriedades mecânicas. *Ciência Florestal*. Santa Maria. 10(2): 123-133.
- Zobel, Bruce, & Buijtenen, J. (1989). *Wood Variation Its Causes and Control*.