

Efecto de la densidad de plantación de *Grevillea robusta* A. Cunn. sobre la anatomía y las propiedades mecánicas de la madera en vistas a un uso potencial en sistemas agroforestales.

Stand density effect in the anatomy and mechanical properties of *Grevillea robusta* A. Cunn in view of a potential use in agroforestry systems.

Barth, S. R.¹; Giménez, A. M.²; Joseau, M. J.³; Gauchat, M. E.¹; Fassola, H. E.⁴

¹ INTA EEA Montecarlo / FCF-UNaM; ² FCF-UNSE; ³ FCA-UNC; ⁴ INTA EEA Montecarlo.

Contacto: barth.sara@inta.gob.ar

Abstract

Grevillea robusta growth was affected by the planting density in essays conducted in the southern part of the Misiones Province. The observed high growths in stand with low densities were not corresponded with significant variations in the wood physical properties. The wood basic density was higher in the low distance treatments but such variation does not affect the structural use. The results showed that the specie can be used in agroforestry systems under low planting densities without impact on the wood quality.

Keywords: Forestry management, fiber length, breakage and elasticity modules.

Resumen extendido

Generalmente se asume que al aumentar la densidad básica de la madera mejoran sus propiedades de resistencia (Carmona *et al.*, 2000). Sin embargo, el efecto del espaciamiento inicial y de los raleos sobre la densidad de la madera es muy discutido. Hay autores que afirman que un incremento en la tasa de crecimiento diamétrico no tiene efecto sobre la densidad básica de la madera (Parker *et al.*, 1976; Davel *et al.*, 2005), mientras que otros investigadores alegan que mayores espaciamientos generan madera de menor densidad (Pryor, 1967; Erickson y Harrison, 1974; De Lima *et al.*, 2009). De Lima *et al.* (2009) consideran que al momento de decidir la densidad inicial de una plantación es necesario pensar en la influencia del espaciamiento en la calidad de los productos que se obtendrán. El término “calidad de madera” hace referencia al conjunto de características de apariencia, propiedades físico-mecánicas y químicas exigidas para los distintos usos. Entre las propiedades físicas de la madera, la densidad básica es una de las características más utilizadas dada su alta correlación con sus propiedades mecánicas (Muñiz Bolzon, 1993; Velásquez *et al.*, 2009). La densidad básica también está relacionada con las características anatómicas de la madera (Winck, 2013). A través de un análisis de su estructura anatómica es posible inferir sobre sus propiedades físico-mecánicas, siendo esto complejo dado a la variabilidad debida a factores genéticos y ambientales que aumentan la heterogeneidad de la madera (Minghui y Li, 2001; Plomion *et al.*, 2001; Denardi, 2007; Sette, 2007). El objetivo del trabajo fue estudiar el efecto de la densidad de plantación sobre la longitud de fibras, el módulo de elasticidad (MOEe), el módulo de rotura (MOR) a la flexión estática y el módulo de elasticidad dinámico (MOEd). El material evaluado provino de un ensayo de densidades iniciales de plantación de 18 años de edad. El mismo se ubica en Posadas, al Sur de la Provincia de Misiones. Las densidades de plantación evaluadas fueron: 162, 375, 750 y 1500 árboles por hectárea. Se aparearon 6 árboles de cada tratamiento. Los mismos fueron trozados en largos de 2,4 metros. A dicha altura, se tomaron rodajas que fueron utilizados para determinar la densidad básica y longitud de fibras.

Para la evaluar la longitud de fibras, se tomó de la rodaja basal, una muestra de astillas de posición interior y exterior y en los 4 puntos cardinales. Las astillas fueron sometidas a un pretratamiento con agua caliente para lograr el ablandamiento del material. Luego fue disgregado utilizando la técnica de dióxido de cloro-ácido acético-carbonato. La medición de longitud de fibras se realizó mediante el equipo Fiber Quality Analyzer FQA-360 (servicio prestado por FCF-UNaM).

Las propiedades mecánicas fueron evaluadas en tablas, obtenidas de la primera troza, cuyas dimensiones fueron de 1 pulgada de espesor, ancho variable y longitud de 2,5 m. Se determinó el MOEd con el equipo Metriguard E 340. Una muestra fue sometida a ensayo destructivo con máquina universal para la obtención del MOE y MOR a la flexión estática, utilizando una adaptación de la norma IRAM 9663 (2013). Para este último procedimiento se contó con la colaboración del Laboratorio de Tecnología de la Madera de la FCF-UNaM que permitió el empleo de su equipamiento por parte de personal de INTA.

Los análisis estadísticos fueron realizados con el software InfoStat. Para la determinación de diferencias significativas entre tratamientos se trabajó con modelos lineales generalizados y mixtos considerando como efectos fijos al tratamiento y la posición de la probeta y como efecto aleatorio al árbol. Para la realización de las comparaciones múltiples de medias y contrastes se utilizó el procedimiento DGC. Todos los análisis fueron realizados con un nivel de significancia del 5 %.

Los valores medios encontrados para la longitud de fibra mostraron diferencias estadísticamente significativas ($P < 0,05$), el tratamiento con mayor densidad de plantación presentó fibras más largas (6 %) respecto a los demás tratamientos, ver Figura 1a. Se observó además que la longitud de fibra fue mayor (4 %) en la posición externa, más cercana al cambium respecto a la posición interna (Figura 1b). Trevisan *et al.* (2013) al estudiar *Eucalyptus grandis* hacen referencia a un patrón similar de longitud de fibras según el efecto del espaciamiento, en su caso causado por raleos. Para *Grevillea robusta*, Bussoni *et al.* (2012) citan una longitud media de fibra de alrededor de 1,5 mm mientras que, para la misma especie, Hardwood (1989) brindó una información más detallada mencionando una longitud mínima de fibra de 1,0 mm, con un valor medio de 1,62 mm y un máximo de 2,2 mm.

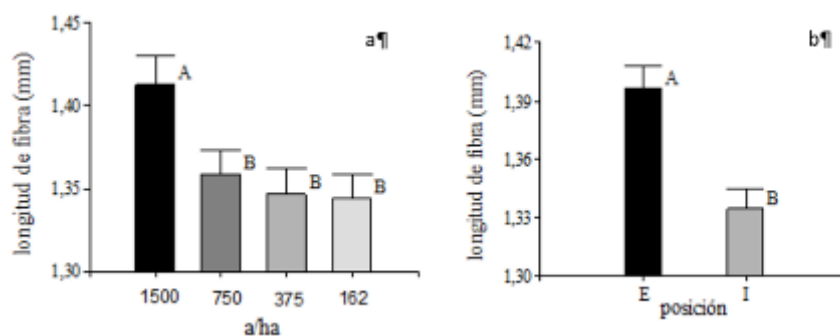


Figura 1. a) Longitud de fibra según densidad inicial de plantación. b) Longitud de fibra según posición respecto a la médula.

Resultados contradictorios fueron encontrados por Malan y Hoon (1992) y Minghui y Li (2001), quienes afirmaron que la longitud de fibras y su variación en sentido radial no están influenciadas por la densidad de plantación. Jyske (2008), señala que las variables anatómicas, en especial la longitud de fibras, están relacionadas al tamaño del árbol y a la parte viva del mismo, especialmente la longitud de copa verde.

El valor promedio determinado para el módulo de elasticidad dinámico fue de 8,3 Gigapascales en los tratamientos con menores densidades de plantación y un valor medio de 10 Gigapascales en la mayor densidad de plantación, representando un aumento de 17 % en las en la propiedad estudiada (Figura 2a). El valor obtenido con Metriguard presentó una subestimación del 5 % en relación al valor obtenido en la máquina universal de ensayos ($MOEd = 0,95 * MOEe$). Relacionando el módulo de elasticidad dinámico medio con el de tablas de las distintas secciones, el valor decreció un 10 % en tablas interiores cercanas a la médula, lugar donde se produjo el defecto de fisuras o rajaduras.

El módulo de rotura se estimó a partir del dato de MOEd a través de la función: $MOR (N/mm^2) = 4,91645 * MOEd (GPa)$. El estadístico R^2 indica que el modelo así ajustado explica el 99,2 % de la variabilidad en MOR. El error estándar del estimador mostró que la desviación estándar de los

residuos fue 4,05147 N/mm². También se encontraron diferencias estadísticamente significativas ($P < 0,05$) entre el tratamiento de mayor densidad de plantación con respecto a los demás (Figura 2b). Cabe aquí recordar que $1 \text{ N/mm}^2 = 10,19 \text{ kg/cm}^2$.

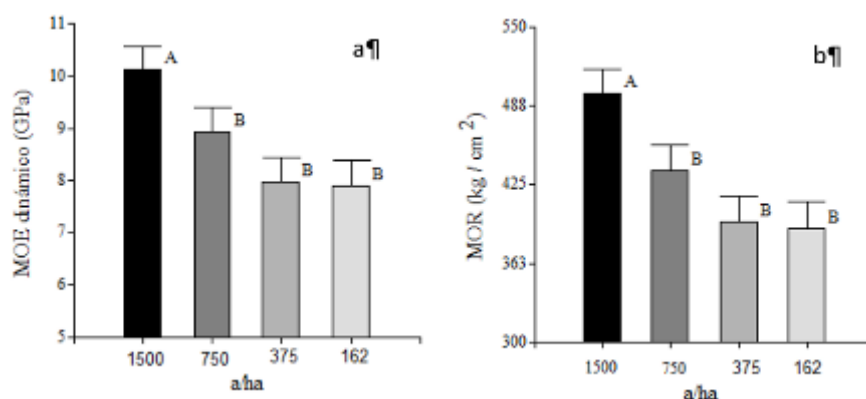


Figura 2. a) Módulo de elasticidad dinámico según densidad de inicial de plantación. b) Módulo de rotura según densidad de plantación.

El módulo de rotura de las tablas cercanas a la médula fue un 7,4 % menor al de las tablas externas. Los valores de módulo de elasticidad y de rotura a la flexión encontrado fueron similares al hallado por Pereyra *et al.* (2006) para la misma especie, aunque estos autores no hacen referencia al manejo silvícola de la masa de donde se extrajo el material de ensayo.

Dadas las condiciones experimentales del presente estudio, y considerando los resultados obtenidos, se concluye que la madera de *Grevillea robusta* no evidencia diferenciación de comportamiento entre densidades de plantación de 750 y 162 árboles por hectárea. Cualquiera fuere la densidad de plantación adoptada dentro de ese rango no influye en sus propiedades. Por lo tanto, la especie tiene potencial para la implementación de un sistema agroforestal combinando el desarrollo de fuste maderable de alto valor con el desarrollo del estrato herbáceo con miras a la implementación de un sistema silvopastoril.

Bibliografía

- Bussoni A, Boscana M., Jolochin G. y Romero G. (2012). Agroforestería Rural. Posibilidades de especies no tradicionales en predios familiares. Informe final. Montevideo, Uruguay. 70 pp.
- Carmona R., Espinoza F. y Bull C. (2000). Influencia de la densidad de la madera en la encolabilidad de *Pinus radiata* D. Don. Revista Ciencias Forestales, Universidad de Chile 14:55-63.
- Davel M., Jovanovski A. y Bell D. (2005). Densidad básica de la madera de *Pino oregon* y su relación con las condiciones de crecimiento en la Patagonia Andina Argentina. Revista Bosque 26 (3):55-62.
- De Lima I. L., Monteiro Borges Florsheim S. e Longui E. L. (2009). Influência do espaçamento em algumas propriedades físicas da madeira de *Tectona grandis* Linn. Lavrás, Brasil. Cerne 15 (2) 244:250.
- Denardi L. (2007). Anatomia e flexibilidade do caule de quatro espécies lenhosas para o manejo biotécnico de cursos de água. Tese (Doutorado em Engenharia Florestal) – Universidade Federal de Santa Maria. Santa Maria, Brasil. 122 pp.
- IRAM 9663. (2013). Estructuras de madera. Madera aserrada y madera laminada encolada para uso estructural. Determinación de algunas propiedades físicas y mecánicas. Instituto Argentino de Normalización y Certificación. 14 pp.
- Jyske T. (2008). The effects of thinning and fertilization on Wood and tracheid properties on Norway spruce (*Picea abies*). The results on long term experiments. Forests Dissertations. Department of Forest Resource Management. Faculty of Agriculture and Forestry. University of Helsinki. 59 pp. Publicado en internet. Disponible en <http://www.metla.fi/dissertationes/df55.htm>. Activo en Agosto, 2015.
- Malan F. S., Hoon M. (1992). Effect of initial spacing and thinning on some wood properties of *Eucalyptus grandis*. Pretoria. South African Forestry Journal 163:13-20.
- Minghui G. and Li G. (2001). The effects of thinning intensity on wood qualities of *Tilia amurensis*. Journal of Northeast Forestry University. Harbin 29(5):26-27.

- Muñiz Bolzón, G. (1993). Caracterização e desenvolvimento de Modelos para estimar as propriedades e o comportamento na secagem da madeira de *Pinus elliottii* Engelm. e *Pinus taeda* L. Tese doutoral em Ciências Florestais. Universidade Federal do Paraná. Curitiba, Brasil. 252 pp.
- Parker M. L., Hunt K., Warren W. and Kennedy R. (1976). Effect of thinning and fertilization on intra-ring characteristics and kraft pulp yield of *Douglas-fir*. XXVIII Applied Polymer Symposium. Pp. 1075-1086.
- Pereyra O., Suirezs T. M., Pitsch C. y Báez R. (2006). Estudio de las propiedades físico-mecánicas y comportamiento en procesos industriales de la madera de Kiri, Grevillea, Paraíso y Toona. *Revista Floresta* 36(2): 213-223.
- Plomion C., Leprovost G. and Stokes A. (2001). Wood Formation in Trees. *Plant Physiology*, Bethesda, 127(4):1513-1523.
- Pryor L. D. (1967). *Eucalyptus* in plantations: Present and future. En: FAO World Symposium on man made forests and their industrial importance, Canberra. Australia Proceeding. 2:993-1008.
- Sette Junior C. R. (2007). Efeito da aplicação do lodo de esgoto e de fertilização mineral no crescimento e propriedades da madeira de árvores de *Eucalyptus grandis* W. Hill ex Maiden. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz". Piracicaba. Brasil. 152 pp.
- Trevisan, R.; Souza, J.T. De; Denardi, L.; Haselein, C.R.; Santini, E.J. (2013). Efeito do desbaste no comprimento das fibras da madeira de *Eucalyptus grandis* W. Hill ex Maiden. *Ciência Florestal* 23(2): 461-473.
- Velásquez J., Toro M. E., Gómez L., Terzo F. M. and Márquez A. (2009). Axial and radial variation pattern in the specific gravity of the wood of *Erismia uncinatum* Warm. *Revista Interciencia* 34 (12): 873-879.
- Winck R. A. (2013). Influencia del raleo sobre las características anatómicas y las propiedades físicas y mecánicas de la madera de *Pinus taeda* L. de la región NE de la Argentina. Tesis de Maestría en Madera, Celulosa y Papel. Orientación Tecnología de la Madera. Facultad de Ciencias Exactas, Químicas y Naturales. Universidad Nacional de Misiones. Posadas. Misiones. Argentina. 102 pp.