

Estimación de parámetros de calidad de la madera de un ensayo de *Eucalyptus camaldulensis* Dehnh con métodos no destructivos: la importancia de las tensiones de crecimiento.

Damián P. González¹; Juana G. Moglia¹; Augusto J. López²; Marcia M. Acosta¹; Juan A. López (h.)³

⁽¹⁾ *Universidad Nacional de Santiago del Estero. Santiago del Estero. Argentina.*
dgonzalez@unse.edu.ar

⁽²⁾ *Consultor Proyecto PMSRN BIRF 7520 AR. Bella Vista Corrientes. Argentina.*

⁽³⁾ *INTA EEA Bella Vista. Corrientes. Argentina.*

RESUMEN - Los estudios de las propiedades tecnológicas de la madera en esta última década están orientados hacia la utilización de equipos y técnicas de evaluación no destructiva. En este contexto el objetivo de este trabajo fue estimar las tensiones de crecimiento a través de la medición de las deformaciones residuales longitudinales (DRL) por el método no destructivo CIRAD-Fôret en la madera de individuos de *Eucalyptus camaldulensis* Dehnh como un método de asistencia para los programas de mejoramiento genético. Las mediciones fueron efectuadas a la altura de 1,30 m en las cuatro posiciones cardinales sobre 32 individuos seleccionados de un ensayo de progenie de polinización abierta. Los resultados obtenidos demuestran que las DRL alcanzan en promedio los 0,099 mm con un coeficiente de variación de 33,72%. Las mediciones entre las diferentes posiciones cardinales no mostraron diferencias significativas. Estos resultados sugieren que el extensómetro podría ser utilizado para seleccionar grupos de individuos con menores tensiones de crecimiento y que la medición de una sola posición sería suficiente para esta selección.

PALABRAS CLAVES: Tensiones de Crecimiento, Extensómetro, *Eucalyptus camaldulensis*.

INTRODUCCIÓN

En Argentina los programas de mejoramiento genético en especies de rápido crecimiento incorporaron recientemente características relacionadas a la calidad de madera como criterio de selección. Sin embargo la mayor parte de los métodos utilizados para la evaluación de estas propiedades se realizan a través de una serie de ensayos que implican diferentes técnicas analíticas destructivas. Por lo general estos ensayos son realizados basándose en normas y técnicas de muestreo hechas en laboratorio que requieren tanto de equipo como de personal calificado y en la mayoría de los casos insumen tiempo, costos y pérdida de material.

La incorporación de nuevas técnicas que permitan determinar esas propiedades sin estos inconvenientes es de gran importancia, ya que permitirá importantes avances en los programas de mejoramiento genético. En la búsqueda de nuevas

alternativas, para una caracterización rápida, simple y confiable, se destacan las evaluaciones no destructivas de la madera. La tecnología de evaluación no destructiva puede definirse como aquella que identifica las propiedades físicas y mecánicas de un material sin alterar sus capacidades de uso final (Ross y Pellerin 1994) y permitiendo utilizar esta información para la toma de decisiones silvícolas en concordancia con los requisitos del producto.

En la actualidad existen numerosos equipos y metodologías pseudo destructivas y no destructivas para la estimación de las propiedades tecnológicas de la madera, algunas de evaluación en árboles en pie, mientras que otras en trozas y en tablas. Entre los equipos de evaluación temprana se encuentra el extensómetro. Este instrumento permite estimar las tensiones de crecimiento, responsables de las grietas, rajaduras y alabeos que se producen en los rollizos y en las tablas luego de que el árbol es abatido y aserrado. Este defecto afecta principalmente el rendimiento de madera aserrada

durante el proceso de transformación mecánica. El origen de las tensiones de crecimiento fue estudiado desde 1945 por Jacob's y se debe a la lignificación de las células originadas por el cambium (Latorraca y Albuquerque 2000). Este proceso provoca la expansión lateral de las células en sentido transversal y la contracción en sentido longitudinal, donde las células envejecidas de años anteriores impiden este fenómeno, produciendo las tensiones (Romeiro Aguiar y Jankowsky 1986).

El extensómetro fue creado por el CIRAD-Forêt (Centre de Coopération Internationale em Recherche Agronomique pour le Développement, Département des Forêts) y permite medir las deformaciones residuales longitudinales (DRL). Consta de un reloj comparador que se encuentra apoyado a dos púas fijadas a 45 mm una de la otra en la superficie del tronco sin corteza. Para liberar las tensiones y originar el movimiento de las púas entre las dos se efectúa un orificio con una mecha de 20 mm de diámetro.

Desde 1971 las investigaciones de Nicholson indican que este método solo ofrece una estimación de las DRL periféricas, siendo un 15% inferior a los

valores obtenidos en el interior del tronco (citado por, Lima *et al.* (2004). López y Genes (2005) sin embargo realizaron pruebas que relacionan los resultados de este instrumento y el índice de rajado (otra forma indirecta de estimar las tensiones de crecimiento) obteniendo una alta correlación y comprobando la utilidad de este método.

En este contexto, el objetivo de este trabajo fue evaluar las tensiones de crecimiento a través del método CIRAD-Fôret en la madera de individuos seleccionados de *Eucalyptus camaldulensis*, como un método de asistencia para los programas de mejoramiento genético.

MATERIALES Y MÉTODOS

El material empleado en este estudio proviene de un ensayo de progenie de *Eucalyptus camaldulensis*, constituido por 13 orígenes australianos, uno africano y 2 testigos de semillas comerciales totalizando 104 familias de polinización abierta (Tabla 1).

Tabla 1. Detalle del material genético

Procedencia	Localidad	Latitud	Longitud	Altitud	Nº de Familias
A	Emu Creek, Petford, QLD	17° 20'	144° 58'	460	11
B	Huerto Semillero de Zimbabwe, África	-	-	-	12
C	Dimbulah, Petford, QLD	17° 15'	145° 00'	500	09
D	Gibb River, Kimberley, WA	16° 08'	126° 38'	430	10
E	8 km west of Irvinebank, QLD	17° 24'	145° 09'	680	10
F	South of Katherine, NT	14° 30'	132° 15'	110	09
G	Ord River, WA	17° 29'	127° 57'	360	06
H	Gilbert River, QLD	18° 30'	142° 52'	460	04
I	Dunham River, WA	16° 20'	128° 40'	600	03
J	Gilbert River, QLD	17° 10'	141° 45'	30	04
K	Wyalba Creek, QLD	16° 43'	142° 00'	30	08
L	Kimberleys, WA	15° 40'	126° 23'	400	07
LL	Lennard River, WA	17° 23'	124° 45'	60	09
M	Fitzroy River, WA	18° 11'	125° 36'	150	02
SA	Testigo comercial de Sudáfrica				
T	Testigo comercial de Mendoza				

Fuente: López, C. 2004

Este ensayo fue establecido en el campo de la Universidad Nacional de Santiago del Estero (UNSE) en la localidad de Zanjón, departamento Capital, provincia de Santiago del Estero situado a 27° 46' Latitud Sur; 64° 18' Longitud Oeste y a 188 m.s.n.m.

Fue implantado en 1996 conforme a un diseño experimental de bloques de familias compactas con cuatro repeticiones, sub-parcelas lineales de cinco plantas y bordura perimetral simple. El distanciamiento de plantación fue de 3 m entre familias y de 2 m entre plantas (López 2004).

En este estudio se utilizaron 32 individuos seleccionados con anterioridad a través de un ranking. El mismo fue elaborado a partir del merito

genético obtenido en base al Dap (diámetro a la altura de 1,30 m) y densidad estimada indirectamente con pilodyn mediante índices de selección.

En cada individuo se midieron las deformaciones residuales longitudinales (DRL) de acuerdo al protocolo con ventana de medición reducida propuesto por López y Genes (2005). Las determinaciones se realizaron con Extensómetro (CIRAD-Forêt) (Fig.1) a la altura del DAP y en el sentido de los puntos cardinales (N-S-E-O) en cada individuo (luego de la remoción de la corteza). Los datos fueron analizados con el empleo del software INFOSTAT,2012.



Figura 1. Medición de tensiones de crecimiento con extensómetro CIRAD-Forêt

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los parámetros estadísticos de las deformaciones residuales longitudinales en los diferentes puntos

cardinales de los 32 árboles evaluados de *Eucalyptus camaldulensis* Dehnh se presentan en la tabla 1.

Tabla 1. Parámetros estadísticos de las DRL en individuos de *Eucalyptus camaldulensis* Dehnh.

	Orientación Cardinal en los 32 individuos selectos				
	Norte	Oeste	Sur	Este	Promedio
Promedio	0,098	0,094	0,099	0,105	0,099
D. E	0,029	0,036	0,034	0,035	0,033
C.V	29,43	37,89	34,06	32,78	33,72

Como puede observarse en la Tabla 1 las lecturas promedio realizadas en la orientación este presentaron el mayor valor de las DRL, mientras que los valores más bajos se obtuvieron en la dirección oeste, resultados similares fueron encontrados en el trabajo de Beltrame *et al.* (2012) al estudiar las deformaciones residuales longitudinales de doce clones seleccionados de *Eucalyptus* spp.

Por su parte los valores promedio de las DRL en los 32 individuos selectos de *Eucalyptus camaldulensis* fue de 0,099 mm. Si comparamos estos resultados con los obtenidos por Lima *et al.* (2004) en clones de *Eucalyptus* spp. en diferentes edades y los de Alvarenga *et al.* (2008) en 13 clones de *Eucalyptus* spp., a los diez años de edad 0,071 mm y 0,081 mm respectivamente, es posible notar que los individuos de este estudio, presentaron un elevado nivel de deformaciones residuales longitudinales. Sin embargo estos resultados son similares a los encontrados por Trugilho *et al.* (2007) con valores de 0.090 para 11 clones de híbridos naturales de *Eucalyptus* y menores a los obtenidos por Beltrame *et al.* (2012, 2013) tanto para clones de *Eucalyptus* spp. como para *Eucalyptus saligna* Smith siendo dichos valores iguales a 0,111 mm y 0,152 mm respectivamente y a los de Trugilho *et al.* 2004 de 0,107; 0,113; 0,111 y 0,123 mm en árboles de *Eucalyptus dunnii* con edades de 8, 13, 15 y 19 años respectivamente.

En la Tabla 1 y Fig. 2 además se observa que el Coeficiente de Variación alcanzó un elevado valor de 33,72% indicando la existencia de una gran variación entre los diferentes materiales estudiados, con un valor mínimo en la orientación norte (29,43%) y máximo en posición oeste (37,89%). Tanto para el promedio general, como para las orientaciones los coeficiente de variación son similares a los encontrados por Trugilho *et al.* (2004) al evaluar las deformaciones residuales longitudinales en función de la edad y la clase diamétrica en arboles de *Eucalyptus dunnii* Maiden.

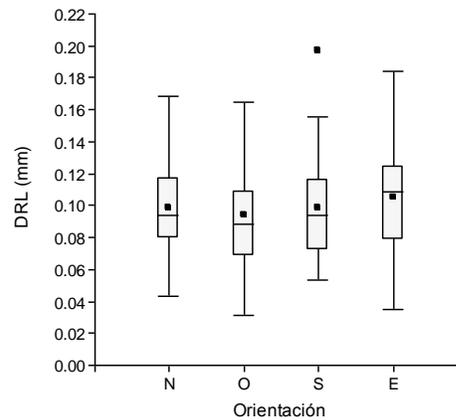


Figura 2. Variabilidad de los materiales estudiados

El análisis de la variación de las deformaciones residuales longitudinales entre las orientaciones cardinales se presenta en la Tabla 2.

Tabla 2. Análisis de la Variancia para las DRL de los individuos de *Eucalyptus camaldulensis* en función de las orientaciones cardinales.

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	0.09	34	2.6E-03	4.74	<0.0001
Individuos	0.09	31	2.8E-03	5.07	<0.0001
Orientación	2.0E-03	3	6.8E-04	1.23	0.3018
Error	0.05	93	5.5E-04		
Total	0.14	127			

Con el análisis de variancia de las DRL en función de la posición cardinal no se encontraron diferencias significativas (Tabla 2). Lima *et al.* 2004 encontraron resultados similares al estudiar diferentes materiales genéticos de *Eucalyptus grandis*, al igual que Alvarenga *et al.* (2008) en clones de *Eucalyptus* spp de 10 años de edad, mientras que Beltrame *et al.* 2012 y 2013 obtuvieron diferencias estadísticas tanto en clones de *Eucalyptus* spp. como en poblaciones de *Eucalyptus saligna* Smith siendo la posición oeste la de menor valor.

Por su parte en la Fig. 3 se observa que si bien la posición sur presenta valores de medición mínimo y máximo mayores a las demás, el promedio de las deformaciones residuales longitudinales resultó ser mayor en la orientación este.

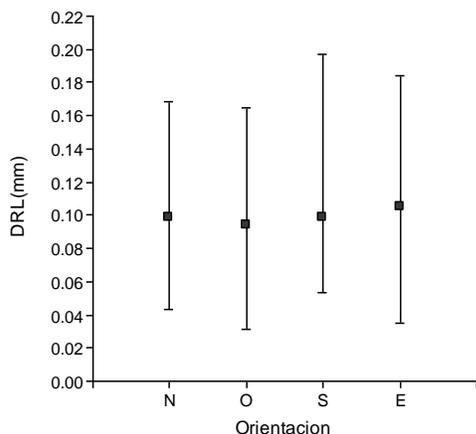


Figura 3. Valores de medición máximos y mínimos de los puntos cardinales.

CONCLUSIONES

- Al no encontrarse diferencias estadísticas entre las distintas orientaciones cardinales, sería factible la determinación de esta propiedad en una sola dirección, disminuyendo así los tiempos de medición con el instrumento.
- La variabilidad en los individuos estudiados implicaría que es posible la selección de grupos de individuos con menor deformación residual longitudinal siendo un método de evaluación temprana útil en los programas de mejora.

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen especialmente a los Auxiliares del Grupo del INTA EEA Bella Vista: José Ruiz Díaz, Juan Sánchez y Cristian Almirón por su valiosa colaboración en las actividades realizadas a campo.

REFERENCIAS

Alvarenga Crespo Rodrigues E., S. Silva Rosado, P. Trugilho, Santos A. Seleção de clones de *Eucalyptus* para as propriedades físicas da madeira avaliadas em árvores no campo, *Cerne*, Lavras, v. 14, n. 2, p. 147-152, 2008.

Beltrame R., M. Lazarotto, C. Haselein, E. Santini, P. Schneider, A. Aguiar, Determinação das deformações residuais longitudinais decorrentes das tensões de crescimento em *Eucalyptus* spp. *Ciência Florestal*, Santa Maria, v. 22, n. 2, p. 343 – 351, 2012.

Beltrame R., B. Mattos. C. Haselein, E. Santini, D. Gatto, P. Cademartori, C. Pedrazzi, Avaliação das deformações residuais longitudinais da madeira de *Eucalyptus saligna* Smith, *Scientia Forestalis*, Piracicaba, v. 41, n. 97, p. 095 –101, 2013.

Latorraca J., C. Albuquerque, Efeito do rápido crescimento sobre as propriedades da madeira, *Floresta e Ambiente*, v. 7, n. 1, p. 279 – 291, 2000.

Lima L, Variação de propriedades indicativas da tensão de crescimento em função da posição na árvore e da intensidade de desbaste, Tese (Mestrado) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, Brasil, 2000.

Lima J., P. Trugilho, S. Da Silva Rosado, C. Da Cruz, Deformações residuais longitudinais decorrentes de tensões de crescimento em eucaliptos e suas associações com outras propriedades, *Revista Árbore*, Viçosa-MG, v. 28, n. 1, p. 107-116, 2004

López C., Variación genética en procedencias y progenies de *Eucalyptus camaldulensis* introducidas en el noroeste Argentino. Tesis Doctoral. Universidad Politécnica de Madrid. Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Montes. España. 2004.

López (h.) J. y P. Genes, Ajuste y validación de un método no-destructivo para seleccionar genotipos de *Eucalyptus grandis* con bajo nivel de tensiones de crecimiento, 3° Congreso Forestal Argentino y Latinoamericano, Corrientes, 2005

Raymond C., P. Kube, L. Pinkarda, L. Savagea, A. Bradley, Evaluation of non-destructive methods of measuring growth stress in *Eucalyptus globulus*: relationships between strain, wood properties and stress, *Forest Ecology and Management*, 190. p. 187–200, 2004.

Romeiro oe Aguiar O., I. Jankowsky, Prevenção e controle das rachaduras de topo em tora de *Eucalyptus grandis* Hill ex Maiden, *IPEF*, n.33, p.39–46, 1986.

Ross, R., R. Pellerin, Nondestructive testing for assessing wood members in structures: A review. Gen. Tech. Rep. FPL-GTR-70 (Rev.). Madison, WI: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Forest Products Laboratory, 40 p., 1994.

- Trevisan R., L. Denardi, G. Cardoso, C. Haselein, E. Santini, Variação axial do índice de rachaduras na base e no topo de toras de *Eucalyptus grandis* W. Hill ex Maiden, *Scientia Forestalis*, Piracicaba, v. 41, n. 97, p. 075-08, 2013.
- Trugilho P., S. Iwakiri, M. Pereira da Rocha, J. Monteiro de Matos, L. Saldanha, Efeitos da idade e classe diamétrica na deformação residual longitudinal em árvores de *Eucalyptus dunnii* Maiden, *Revista Árvore*, Viçosa-MG, v.28, n.5, p.725-731, 2004.
- Trugilho P., S. Silva Rosado, J. Lima, F. Pádua, Marcos A. Souza, Deformação residual longitudinal (DRL) e sua relação com as características de crescimento da árvore em clones de *Eucalyptus*, *Cerne*, Lavras, v. 13, n. 2, p. 130-137, 2007.