



EVALUACIÓN DEL RAJADO EN ROLLIZOS DE CLONES PUROS E HÍBRIDOS DE *Eucalyptus grandis* DE INTA

Matías Salvador MARTINEZ¹, Ciro Andrés MASTRANDREA², Rosa Ángela WINCK³, Leonel HARRAND², Gustavo Pedro Javier OBERSCHELP²

RESUMEN

Los objetivos de este trabajo fueron evaluar las tensiones de crecimiento en clones puros e híbridos de *Eucalyptus* mediante el Índice de Rajado como así también estudiar el efecto del tiempo sobre esta variable. Los materiales utilizados fueron dos clones puros de *Eucalyptus grandis* (EG-INTA-157 y EG-INTA-36), dos clones híbridos *E. grandis* x *E. camaldulensis* (GC-INTA-24 y GC-INTA-27) y un testigo seminal de *E. grandis* (EG HSP) provenientes de un ensayo de 15 años de edad ubicado en Concordia, Entre Ríos. Se evaluaron 16 rollizos por cada material genético. El Índice de Rajado en rollos se determinó sobre imágenes digitales midiendo las áreas de rajado de cada sección. Se destacó el GC-INTA-24 como el material con menores valores de Índice de Rajado, mientras que, el GC-INTA-27 presentó los valores más altos. El material seminal presentó un comportamiento intermedio entre los clones de *E. grandis* y el GC-INTA-24. Los clones de *E. grandis* no se diferenciaron estadísticamente entre sí. El clon GC-INTA-27 se clasifica dentro de la clase alta en rajado; el clon *E. grandis* EG-INTA-36 en la clase media y el resto de los materiales evaluados a la clase baja.

Palabras clave: tensiones de crecimiento; índice de rajado; madera de calidad.

1. INTRODUCCIÓN

En eucaliptos, uno de los factores que limita la producción de rollizos para madera sólida y chapas debobinadas, son las tensiones de crecimientos dentro de los troncos (Yang *et al.*, 2005; Matos *et al.*, 2003). Estas tensiones ocasionan defectos, contribuyendo a la disminución del valor de la madera y limitando el uso para productos de calidad; esto se puede observar en los troncos después de la tala de los árboles, en los tablonés y tablas y durante las operaciones del aserradero (Trugilho *et al.*, 2006).

El conocimiento de la distribución de las tensiones de crecimiento tiene un alto valor práctico para la industria del aserrado permitiendo mejorar técnicas de procesamientos, sin embargo, la medición de las mismas requiere del volteo de árboles tornándose altamente laborioso (Yang *et al.*, 2005). Además, se debe tener en cuenta las tensiones de secado, originado por el gradiente de humedad durante el proceso de secado (Álvarez y Fernández-Golfín, 1992), que pueden producir deformaciones de la madera con disminución en el rendimiento.

En Argentina se han llevado a cabo diferentes evaluaciones de rajado, tanto en material de origen seminal como en clones de *Eucalyptus* para usos sólidos, indicándose índices de rajado entre muy bajos a intermedios (López, 2017; López *et al.*, 2016; Hernández *et al.*, 2014 y López *et al.*, 2013) como también un incremento en el valor de este parámetro con el transcurso del tiempo almacenado (Oberschelp *et al.*, 2007).

Los objetivos de este trabajo fueron evaluar las tensiones de crecimiento mediante el índice de rajado y cuantificar el efecto del tiempo sobre esta variable en cuatro clones *Eucalyptus*, empleando como testigo al material seminal de *Eucalyptus grandis*.

¹ Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA), EEA Concordia, Concordia, Entre Ríos, Argentina. Contacto: martinez.matias@inta.gob.ar

² Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA), EEA Concordia, Concordia, Entre Ríos, Argentina

³ Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA), EEA Montecarlo, Montecarlo, Misiones, Argentina.



2. MATERIALES Y MÉTODOS

Los materiales genéticos (MG) (Cuadro 1), provienen de un ensayo de clones híbridos de 15 años de edad instalado en el predio de la Estación Experimental Agropecuaria Concordia, Entre Ríos (58°07'16" O, 31°21'56" S y altitud 47 m s. n. m.). La precipitación media anual es de 1345 mm y temperatura media anual de 18 °C (Garrán y Garin, 2010). El ensayo fue establecido con un distanciamiento de 3,5 m x 3,5 m dispuesto en parcelas lineales de 5 plantas en dirección norte-sur, con doble bordura perimetral de *E. grandis*. Los materiales estudiados fueron seleccionados por sus características de crecimiento, rectitud de fuste y antecedentes de mayor tolerancia al frío.

Cuadro 1: Información general sobre los materiales genéticos evaluados en el estudio

Material Genético	Especie	Alt (m)	C.V.	Dap.cc (cm)	C.V.	Vol.cc (m ³)	C.V.
EG HSP	<i>E. grandis</i> de semilla	31,68 (27,8 – 35,0)	7,25	29,19 (22,1 – 33)	15,78	0,996 (0,47 – 1,37)	33,96
EG INTA 157	Clon <i>E. grandis</i>	27,80 (21,8 – 32,4)	14,12	22,41 (16,2 – 31,8)	25,15	0,565 (0,22 – 1,15)	58,57
EG INTA 36	Clon <i>E. grandis</i>	33,89 (31,6 – 36,5)	4,88	30,23 (25,3 – 38,5)	13,87	1,141 (0,73 – 1,84)	31,60
GC INTA 24	<i>E. grandis</i> x <i>E. camaldulensis</i>	28,55 (26,5 – 31,1)	5,03	22,16 (18,8 – 27,2)	12,43	0,460 (0,27 – 0,62)	25,82
GC INTA 27	<i>E. grandis</i> x <i>E. camaldulensis</i>	33,49 (30,5 – 35,5)	5,15	27,15 (22,6 – 33,1)	14,32	0,852 (0,54 – 1,34)	32,16

Alt = Altura total, C.V.=Coeficiente de Variación, Dap.cc = Diámetro a 1,3 m de altura del suelo con corteza (cm), Vol.cc = Volumen promedio individual. Entre paréntesis, máximos y mínimos de la variable.

Se seleccionaron 8 árboles de cada material genético. Se tomaron dos rollizos inmediatamente por encima del 1,30 m con una longitud de 3,20 m. Los mismos fueron identificados como R1 (desde 1,45 m a los 4,65 m del fuste) y R2 (desde 4,80 m a los 8,00 m del fuste).

El índice de rajado en rollos (IRr) se determinó sobre imágenes digitales mediante mediciones de las áreas de rajado de cada sección con respecto al área de la misma sección del rollizo sin corteza. Se realizó el registro fotográfico de cada una de las caras de los rollizos considerándose tres intervalos: 0 hora (inmediato al apeo), a las 72 h y 144 h después del apeo. La cámara se mantuvo a una distancia de 50 cm desde la cara del rollizo. Los extremos de los rollizos fueron cubiertos con bolsas plásticas hasta las 72 horas para evitar pérdida de humedad, retardando el proceso de secado, retracción y colapso. Las mediciones de las áreas se efectuaron con QGis 3.10. El Índice de Rajado se calculó con la fórmula [1] derivada de Lima (2000):

$$\text{Ecuación [1]: Índice de Rajado} = \frac{\sum_{i=1}^n A}{S} * 100$$

dónde: A= área de la rajadura (i=1,...,n). S = sección transversal que contiene las rajaduras.

En el análisis se utilizaron modelos lineales generales mixtos (MGL), donde los factores fijos fueron los materiales clonales y posición de los rollizos, mientras que factor aleatorio el árbol. La comparación de medias se realizó mediante el test de DGC a un nivel de significancia de 5 %. Previamente se realizaron los test del supuesto de normalidad y homogeneidad de varianza. Los datos extremos considerados "outliers" se desestimaron del análisis.

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Del Cuadro 2 se desprende que el menor valor de IRr se presenta en el clon GC-INTA-24, seguido por el material seminal. Los clones puros EG presentaron valores medios mayores a los de semilla, aunque estas diferencias no fueron significativas. En el clon GC-INTA-27 en los diferentes momentos, se observó mayores valores de IRr con una clara diferenciación respecto a los demás materiales genéticos. Las medias de los distintos intervalos de tiempo para el IRr presentaron un marcado comportamiento con una tendencia lineal de incremento del rajado en el tiempo. La homogeneidad del IRr (medido a través del coeficiente de variación) en la observación 0 hora resulta ser mayor para el material seminal, a las 72



horas el clon GC-INTA-24 presentó la menor variabilidad y a las 144 horas la menor variación se presentó en el clon GC-INTA-27.

Cuadro 2. Medidas del Índice de Rajado en rollizos en tres momentos de observación.

Hora	0		72		144	
Material genético	IRr	C. V.	IRr	C. V.	IRr	C. V.
EG HSP	0,19 ^a (0,04-0,34)	33,29	0,48 ^a (0,17-0,86)	36,42	1,14 ^b (0,01-2,09)	43,75
EG INTA 157	0,23 ^a (0,07-0,44)	40,96	0,38 ^a (0,19-0,57)	25,75	1,21 ^c (0,40-2,29)	40,05
EG INTA 36	0,27 ^a (0,06-0,57)	42,77	0,59 ^b (0,26-1,04)	38,17	1,62 ^c (0,62-2,96)	42,05
GC INTA 24	0,23 ^a (0,11-0,48)	44,18	0,40 ^a (0,30-0,58)	20,96	0,73 ^a (0,32-1,52)	40,91
GC INTA 27	0,95 ^b (0,34-1,99)	46,93	2,82 ^c (0,54-5,96)	50,30	3,96 ^d (1,32-7,30)	39,39
Promedio	0,36^A		0,84^B		1,56^C	

IRr: Índice de rajado en rollo para cada material genético, con mínimos y máximos entre paréntesis. C.V.: Coeficiente de variación. Medias con una letra y símbolo común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Los incrementos promedio de IRr, desde las 0 horas hasta las 72 horas, fueron para los clones puros EG del 92 %, los clones híbridos un 135 % y la semilla un 140 %. Conformando estos incrementos en los clones puros EG, los materiales EG INTA 157 y EG INTA 36, presentan incrementos de 65 % y 119 %, respectivamente, mientras en los clones híbridos, los materiales GC INTA 27 y GC INTA 24, los incrementos fueron de 197 % y 74 %, respectivamente.

A partir de las 72 horas hasta las 144 horas, los IRr promedio se incrementaron en los clones híbridos en un 62 %, los clones puros EG 194 % y la semilla 139 %. Incidiendo en los clones híbridos, el GC-INTA-27 y GC-INTA-24 con 40 % y 83 %, respectivamente y en los clones puros EG, conformado por EG-INTA-157 y EG-INTA-36 con 218 % y 175 %, respectivamente.

No hubo diferencias estadísticamente significativas en el IRr entre R1 y R2 de todos los MG para la 0 h. En cambio, a las 72 h. el GC-INTA-27 arrojó diferencias estadísticamente significativas entre rollizos, siendo el IRr para R1 de 3,02 y para el R2 de 2,41. Para las 144 h. se observaron diferencias en el IRr entre R1 y R2 en los materiales EG-INTA-36 y GC-INTA-27, con valores en R1 de 1,18 y R2 de 1,42 para el primer material genético y R1 de 4,32 y R2 de 3,41 para el segundo. El EG-INTA-157 no tuvo diferencia estadísticamente significativa en el IRr entre las 0h. y 72 h, comparado con los demás MG, que demostraron un comportamiento diferente.

Los resultados obtenidos indican que los clones EG-INTA-157, GC-INTA-24 y el testigo EG HSP pertenecen a la clase baja, el clon EG-INTA-36 se considera como de clase media y el clon GC-INTA-27 se corresponde a una clase alta; con respecto a las clases de severidad del IRr sugeridas por López *et al.* (2009) para *E. grandis* en evaluaciones de tensiones de crecimiento a las 72 horas.

Las tensiones de crecimiento obtenidas a través del IRr mostraron comportamientos similares con la bibliografía consultada, con incrementos en las tensiones de crecimiento al transcurrir del tiempo de observación (Oberschelp *et al.*, 2007). Los IRr son coincidentes con los observados por Caniza *et al.* (2007) quienes registraron valores entre 0,66 a 1,06 para clones de *E. grandis* de 8 años de edad a las 72 horas. López *et al.* (2018), en clones puros e híbridos de *E. grandis* de 14 años de edad, obtuvo valores superiores al del presente trabajo, donde se obtuvieron para los clones puros EG-INTA-36 y EG-INTA-157 1,23 y 0,88, respectivamente; dentro de los clones híbridos se encontró el clon GC-INTA-27 que presentó valores de IRr 2,05 y la semilla valores de 1,13. En la especie *E. dunnii* para la edad de 20 años se encontraron valores de IRr de 1,015 (López *et al.*, 2016).

López *et al.* (2016), en materiales evaluados a los 6 años, observaron valores menores con respecto al presente trabajo, 0,34 para EG HSP, 0,43 y 0,35 para los clones puros EG-INTA-36 y EG-INTA-157, y en el clon híbrido GC-INTA-27, 0,554. Otras experiencias para esta misma edad y metodología de trabajo, registraron índices de 0,47 y 0,52 para los clones puros EG-INTA-157 y EG-INTA-36, respectivamente.



Se observó que los valores obtenidos difieren según sitios y edades de evaluación, pero el ranking entre clones se mantiene.

Según Da Silva *et al.* (2017) en *E. urophylla* de 13 años, es más eficiente aserrar a las 72 horas después de apeados los árboles en vez de 10 días después de su tala, para reducir las tensiones de crecimiento y presencia de rajado en los rollizos. Matos *et al.* (2003) obtuvieron valores menores de rajado en las tablas en aquellos procesados a las 72 horas después de ser talado respecto a los de 12 días en *E. dunnii* de 13 años; según ambos autores, al igual que en nuestro trabajo, los índices de rajado estuvieron relacionados también con el efecto del secado durante el tiempo de estacionado al aire libre en campo.

En un estudio de rajado de clones de *E. grandis* x *E. urophylla* de 19 años (Franca *et al.*, 2020) tuvieron un incremento promedio del índice de rajado de 134 % en los rollos al aire libre, mientras que el aumento promedio entre 24 h y 1 semana fue del 60 %; en nuestro estudio para las 72 h se obtuvieron valores similares en los híbridos, pero inferiores en el caso de clones puros. Considerando el periodo desde las 72 horas hasta las 144 horas, el incremento promedio en clones puros fue de 194 % y en los híbridos 62 %. Esto puede deberse a que se liberaron todas las tensiones al principio en los clones híbridos en comparación con los clones puros. En estudios similares en progenies en *E. grandis* realizado por Santos *et al.* (2004) y Braz *et al.* (2017) mencionan que estas tensiones están relacionadas con los factores genéticos y ambientales.

4. CONCLUSIONES

En el periodo global de observación, se destacó el GC-INTA-24 como material con menores valores de Índice de Rajado en rollizos y el GC-INTA-27 con los más altos índices y el material seminal con comportamiento intermedio entre los clones EG y el GC-INTA-24. Los clones EG-INTA-36 y EG-INTA-157 no se diferenciaron entre sí.

Los IR en rollizos R1 y R2 se diferencian a partir de transcurrido las 72 horas de su apeo, para GC-INTA-27 únicamente, donde R2 posee menores valores de rajado. En cambio, a partir de las 144 horas después del apeo se incorpora, además del GC-INTA-27, el EG-INTA-36 con diferencia entre R1 y R2, donde en este caso mayores rajados se encuentra en el primer rollizo.

Los Índices de Rajado en rollizos fueron diferentes para cada momento de observación, e incrementaron con una tendencia lineal. Al instante del apeo, el clon GC-INTA-27 presentó un comportamiento diferente al resto de los materiales, con mayores valores, y con el transcurso del tiempo de observación estas diferencias entre los materiales se fueron incrementando.

Para minimizar el efecto de rajado es aconsejable procesar los rollizos de manera inmediata, mayores tiempos de exposición de los rollos al aire libre, generara un incremento en los valores de índices de rajados, lo que conlleva a menores rendimientos.

El material *E. grandis* x *E. camaldulensis* GC-INTA-27 se clasifica dentro de la clase alta en rajado; en cambio el clon *E. grandis* EG-INTA-36 se encuentra en la clase media y los demás pertenecen a la clase baja.

El estudio de la evolución del rajado por las tensiones de crecimiento, secado y contracciones de los rollizos en estos materiales genéticos, permitió conocer su comportamiento en el transcurso del tiempo; contribuyendo con información que permita una adecuada elección del material genético y de un correcto procesamiento hasta alcanzar su primera transformación.

Los materiales, GC-INTA-24 y el EG-INTA-157, obtuvieron mejor comportamiento respecto a menores presencia de rajado, uniformidad del mismo en diferentes rollizos evaluados y momento de observación. Se debe considerar que el material seminal tuvo un comportamiento intermedio entre estos materiales clonales.

Se deben seguir evaluando este tipo de variable, en otros estudios que involucren otras situaciones, como edad, condiciones agroclimáticas o manejo.



5. LITERATURA CITADA

- ÁLVAREZ, H.; FERNÁNDEZ-GOLFÍN, J. 1992. Fundamentos teóricos del secado de la madera. Madrid. 193 p.
- BRAZ, R.L.; DA SILVA OLIVEIRA, J.T.; ROSADO, A.M.; BATTISTA VIDAURRE, G.; LIMA DE OLIVEIRA, J.G. 2017. Deformação residual longitudinal de clones de *Eucalyptus* em local sujeito a sentos. *Floresta Ambiente*, 24. e00028013. <http://dx.doi.org/10.1590/2179-8087.028013>
- CANIZA, J.; LÓPEZ, J.; MONTENEGRO, P.; ASSAME, S.; APARICIO, J. 2007. Variación de las tensiones de crecimiento en tres clones de *Eucalyptus grandis* según el estado de competencia individual. XXII Jornadas Forestales de Entre Ríos, Concordia, Argentina. 2007. Páginas 1–9.
- DA SILVA, J.C.; LADEIRA CARVALHO, A.M.M.; FARIA, B.F.H. 2017. Métodos para el alivio y reducción de los efectos del estrés de crecimiento en *Eucalyptus urophylla*. *Rev. Árvore* 41 (4). 8p. <https://doi.org/10.1590/1806-90882017000400003>
- FRANÇA, N.; FRANÇA, F.A.; SUELY, T.; VIDAURE, G. 2020. Effect of growth stress and interlocked grain on splitting of seven different hybrid clones of *Eucalyptus grandis* x *Eucalyptus urophylla* wood. *Holzforschung*, 74(10), 917-926. <https://doi.org/10.1515/hf-2019-0209>
- GARRÁN, S.; GARIN, O. 2010. Síntesis agroclimática de la región de Concordia. Concordia-Entre Ríos: EEA INTA.
- HERNÁNDEZ, M., ZADERENKO, C.; MONTEOLIVA, S. 2014. Estrés de crecimiento y propiedades físicas de la madera de *Eucalyptus dunnii* en Argentina. *Maderas. Ciencia y tecnología*, 16(3): 373-384. Repositorio institucional - UNLP
- LIMA, I.L.; GARCIA, J.N.; NOGUEIRA, M.C.S. 2000. Influência do desbaste nas tensões de crescimento de *Eucalyptus grandis* Hill ex Maiden growth stress. *Scientia Forestalis*, (58):111-125. ISSN 2318-1222 (online).
- LÓPEZ, J. A.; HARRAND, L.; MARCÓ, M.A.; LÓPEZ, A.J. 2016. Variación genética de clones híbridos de *Eucalyptus*. *Quebracho Revista de Ciencias Forestales*, 24(1,2): 5-17.
- LÓPEZ, J.; BORRALHO, N.; LÓPEZ, A.; MARCÓ, M.; HARRAND, L. 2016. Variación genética del índice de rajado de rollizos en *Eucalyptus dunnii* Maiden. *Ciencia e Investigación Forestal (INFOR)*, 22(2): 23-34.
- LÓPEZ, J. 2017. Variación genética de propiedades físicas y organolépticas de importancia para usos sólidos de alto valor de clones híbridos de *Eucalyptus* de Entre Ríos [Presentación/Ponencia]. XXX Jornadas Forestales de Entre Ríos. INTA. Entre Ríos, Argentina, 67-76. ISSN 1668-8279.
- LÓPEZ (H), J.A.; MASTRANDREA, C.A.; LÓPEZ, A.J.; HERNANDEZ, M.; MARTÍNEZ, M.; OBERSCHELP, G.P.J.; HARRAND, L. 2018. Tensiones de crecimiento, propiedades físicas, mecánicas y defectos en tablas de clones puros e híbridos de *Eucalyptus grandis* del INTA [Presentación]. XXXII Jornadas Forestales De Entre Ríos, INTA. Entre Ríos, Argentina, 41-53. ISSN 1668-8279.
- MATOS, J.L.M.; IWIKARI, S.; ROCHA, M.P.; PAIM, R.M.; ANDRADE, L.O. 2003. Redução do efeito das tensões de crescimento em toras de *Eucalyptus dunnii*. *Scientia Forestalis* (64):128-135. ISSN 2318-1222 (online).
- OBERSCHELP, G.P.J.; MARCÓ, M.A.; SÁNCHEZ ACOSTA, M.; MASTRANDREA, C. 2007. Propiedades de la madera de *Eucalyptus grandis* Hill ex Maiden, *E. dunnii* Maiden y *E. saligna* Sm. relacionadas a usos sólidos de alto valor [Ponencia]. III Congreso Iberoamericano de Productos Forestales IBEROMADERA, Buenos Aires, Argentina. 7p
- SANTOS, P.E.T.; GERALDI, I.O.; GARCIA, J.N. 2004. Estimates of genetic parameters of wood traits for sawn timber production in *Eucalyptus grandis*. *Genetics and Molecular Biology*, 27(4). <https://doi.org/10.1590/S1415-47572004000400017>
- TRUGILHO, P.F.; LIMA, J.T.; ANDRADE DE PÁDUA, F.; CARVALHO SORAGI, L.; ANDRADE, C.R. 2006. Deformação residual longitudinal (DRL) e tangencial (DRT) em seis clones de *Eucalyptus* spp. *Cerne*, 12(3):279-286.
- YANG, J. L.; BAILLÉRES, H.; OKUYAMA, T.; MUNERI A.; DOWNES, G. 2005. Measurement methods for longitudinal surface strain in trees: a review. *Australian Forestry*, 68(1): 34-43. <https://doi.org/10.1080/00049158.2005.10676224>