

EFFECTO DE LAS TENSIONES DE CRECIMIENTO EN EL RENDIMIENTO Y CALIDAD DEL ASERRADO DE *Eucalyptus dunnii*

GROWTH STRESS EFFECTS ON YIELD AND QUALITY OF *Eucalyptus dunnii* TIMBER

Mariano Hernández^{1,*}, Constantino Zaderenko², Silvia Monteoliva^{3,4}

RESUMEN

Se evaluó el efecto de las tensiones de crecimiento sobre la calidad y rendimiento de tablas de *Eucalyptus dunnii* aserradas verdes. Se muestrearon 45 árboles de un ensayo de 19 años situado en la Provincia de Corrientes, Argentina. Se aserró un rollizo (2 m de largo) por árbol para obtener tablas tangenciales de 2,54 cm de espesor. Se utilizaron los valores de tensiones de crecimiento *GSI* (CIRAD-Forêt) e índice de rajado en rollizo (*IR*) determinados sobre esos árboles en un trabajo previo. Se midió el largo de las tablas y de las rajaduras de cabeza. Se determinó el porcentaje de piezas con rajadura de cabeza (*P*), un índice que cuantifica las rajaduras para la totalidad de tablas aserradas (*IRTC*) y un índice que cuantifica las rajaduras para las tablas aserradas por rollizo (*IRT*). Se calculó el rendimiento en bruto del aserrado (*R*) y un rendimiento en calidad que excluye el defecto de las rajaduras de cabeza (*R_c*). El *IRTC* fue de 54,4 mm/m y el *IRT* de 27,87 mm/m ±19,85. Más de la mitad de tablas aserradas presentó rajaduras de cabeza (*P*: 58%), sin embargo el descenso del rendimiento del aserrado no fue pronunciado (*R*: 44,2% y *R_c*: 41,7%). El *IRT* presentó una asociación moderada con las tensiones de crecimiento *GSI* e *IR* (r: 0,46 - 0,52).

Palabras clave: Aserrado, *Eucalyptus dunnii*, índice de rajado, tensiones de crecimiento.

ABSTRACT

The growth stress effects on yield and quality of *Eucalyptus dunnii* green sawn boards were evaluated. A total of 45 trees were sampled from a 19-years-old trial located at Corrientes, Argentina. Each tree was felled and cross-cut to produce a 2 m log. Subsequently each log was sawn to obtain tangential boards 2,54 cm thick. Growth stress indicator (*GSI*, CIRAD-Forêt) and log end split index (*IR*) values taken from these trees in a previous research were used. Length of boards and end checks were measured and the percentage of boards with end check (*P*) was determined. An index to quantify end checks for the whole sawn boards (*IRTC*) and another for the sawn boards per log (*IRT*) were calculated. Sawlog gross yield (*R*) and a quality sawlog yield (*R_c*) which exclude the end check defects were calculated. The *IRTC* was 54,4 mm/m and the *IRT* was 27,87 mm/m ±19,85. More than half of the boards had end checks (*P*); nevertheless the sawlog yield did not show a high decline (*R*: 44,2 % and *R_c*: 41,7 %). The association between *IRT* and growth stress indicator *GSI* and log end split index *IR* was moderate (r: 0,46 – 0,52).

Keywords: *Eucalyptus dunnii*, growth stresses, sawnwood, split index.

¹ Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA), Bella Vista, Corrientes, Argentina.

² Facultad de Ciencias Forestales, Universidad Nacional de Misiones. Eldorado, Misiones, Argentina. zaderenko@facfor.unam.edu.ar

³ Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales, Universidad Nacional de La Plata. La Plata, Argentina. smonteoliva@yahoo.com.ar.

⁴ Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET), Buenos Aires, Argentina.

*Autor para correspondencia: mahernandez@correo.inta.gov.ar

Recibido: 16.04.2013 Aceptado: 09.12.2013

INTRODUCCIÓN

Eucalyptus dunnii es una especie conocida mundialmente como fuente de materia prima para la producción de pulpa para papel, aunque también se utiliza en los procesos de transformación mecánica de la madera. Como la mayoría de las especies de eucaliptos, sufre de tensiones de crecimiento que causan problemas tecnológicos y pérdidas financieras en madera redonda y aserrada (Murphy *et al.* 2005, Thomas *et al.* 2009).

Las tensiones de crecimiento se manifiestan principalmente por el estrellado de la madera en los extremos de árboles apeados y por alabeos y rajaduras de cabeza en piezas aserradas (Matos *et al.* 2003). Los métodos mayormente utilizados en la determinación de tensiones de crecimiento miden la deformación longitudinal del material por debajo del límite de elasticidad en árboles en pie o utilizan mediciones indirectas de sus efectos en rollizos (Thibaut y Gril 2003).

Las pérdidas atribuibles a tensiones de crecimiento en el aserrado dependen del sistema de corte utilizado. Un sistema de corte paralelo con una sola sierra induce a que las tensiones de crecimiento se manifiesten intensamente, causando el rajado casi completo de las tablas. Otros sistemas de corte, como los sistemas de corte masivo, se utilizan como alternativa para minimizar el efecto de las tensiones de crecimiento (Rozas 1993, Rocha 2000). Matos *et al.* (2003) encontraron que las rajaduras de cabeza afectaron entre 5,25 % hasta un 12,05 % de la longitud total de las tablas verdes de *E. dunnii* obtenidas con un sistema de corte masivo con sierras múltiples. Washusen *et al.* (2009) encontraron para *E. nitens* pérdidas en el volumen de las tablas verdes debido a rajaduras de cabeza que variaron entre 4,2 % y el 9,5 % del volumen de las tablas tangenciales verdes según el sistema de corte utilizado.

Respecto de las relaciones de las tensiones de crecimiento con sus efectos de rajaduras en tablas, existen investigaciones que encontraron buenos niveles de asociación entre los índices de rajadura medidos en rollizo y los índices de rajadura medidos en tabla para *E. dunnii* y *E. grandis* (Lima 2005, Trugilho 2005). En otros casos, la asociación encontrada fue muy baja, tal como lo demuestra el trabajo realizado en *E. nitens* por Valencia *et al.* (2011), en el que se relaciona las tensiones de crecimiento (medidas con índices de rajadura en rollizo y estimadores de la deformación) con las pérdidas en tablas verdes por despunte de extremos con rajaduras.

El objetivo del trabajo fue evaluar el efecto de las tensiones de crecimiento medidas en árboles en pie y en rollizos sobre la calidad y el rendimiento de tablas aserradas verdes de *Eucalyptus dunnii*.

MATERIALES Y MÉTODOS

Material de estudio

El material utilizado corresponde a 45 rollizos de *Eucalyptus dunnii* Maiden, de 2 m de longitud, obtenidos de la sección del fuste inmediata y superior a la altura de pecho (DAP=1,3 m) de árboles de un ensayo de familias y procedencias de 19 años, ubicado en la localidad de Bella Vista, provincia de Corrientes, Argentina (28° 26' 23,7" S 58° 59' 47,7" O, 65 m.s.n.m). El ensayo fue plantado en suelos de textura arenosa, con una densidad de 3 x 3 m y no se le realizaron tratamientos silviculturales. El material genético corresponde a tres procedencias, cada una representada por 15 árboles con un número de familias variable entre 5 y 8 (Hernández 2012).

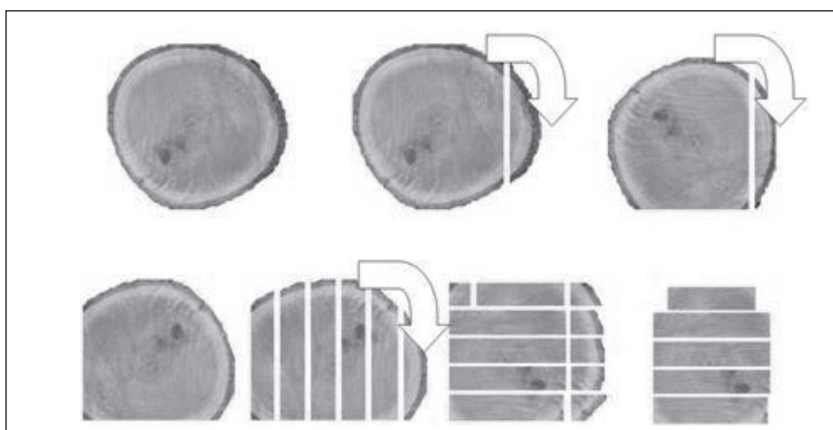
Este material contaba con los datos de tensiones de crecimiento, medidos con el indicador de tensiones de crecimiento (*GSI*), a través del método CIRAD-Forêt (Yang *et al.* 2005), en los árboles en pie a la altura del DAP y con los valores de índice de rajado (*IR*), medidos en las caras transversales de los rollizos, con la metodología descrita por Lima (2005), ambos publicados en una investigación precedente a este trabajo (Hernández 2012). Los estadísticos descriptivos de los diámetros de los rollizos y de los valores de *GSI* e *IR*, se muestran en la Tabla 1. El material se utilizó como un conjunto (n=45), luego de probar a través de un análisis de la varianza que no existían diferencias entre procedencias ($p > 0,05$), para las variables de tensiones de crecimiento (Hernández 2012).

Tabla 1. Dimensiones de rollizos y valores de tensiones de crecimiento.

	Diámetros con corteza del rollizo		Tensiones de crecimiento	
	Extremo inferior (cm)	Extremo superior (cm)	IR (%)	GSI (mm)
Media	26,2	23,9	0,43	0,076
Desviación típica	2,95	2,85	0,31	0,025
CV	11,25	11,92	72,1	32,9
Mínimo	19,1	16,7	0,14	0,039
Máximo	32,2	29,6	1,86	0,138

Aserrado de los rollizos

Los rollizos fueron trasladados a un aserradero tradicional, ubicado 10 km de distancia de la plantación, cinco días después efectuado el apeo de los árboles. En el aserradero se colocó a los rollizos sobre una plataforma de carga inmediata, a un carro mecánico de movimiento longitudinal. Los rollizos fueron procesados sin descortezar, en una sierra principal tipo sinfín, que permitió obtener dos superficies planas por avance y retroceso del carro. Cada rollizo fue ingresado al carro, de manera que el primer corte fuera efectuado por la orientación cardinal Norte. Luego los rollizos se trasladaron manualmente hasta una segunda sierra sinfín, que cumplió las funciones de partidora y canteadora y con la que se produjeron tablas de cortes tangenciales de 2,54 cm de espesor y de un ancho variable, cuyo valor promedio fue 17 cm (+/- 1,6), con valores mínimos y máximos de 10 y 18 cm respectivamente. El aserrado de los rollizos se realizó durante el tiempo correspondiente a una jornada de trabajo. La secuencia de aserrado se muestra en la Figura 1.

**Figura 1.** Sistema de corte empleado en aserrado.

Evaluación de calidad: rajaduras (en estado verde)

Las tablas aserradas se identificaron según el árbol/rollizo del que fueron obtenidas y se llevaron a una mesa, donde se les midió y registró su dimensión con cinta métrica y el número y largo de rajaduras de cabeza con regla de metal (Figura 2). Se consideraron rajaduras de cabeza o extremos a aquellas rajaduras que atravesaron la tabla a través de ambas caras. Cuando la misma rajadura de cabeza, presentaba distintas dimensiones en las diferentes caras de la tabla siempre se registró la longitud mayor. Todas las rajaduras se midieron inmediatamente aserradas las tablas y no se realizó una evaluación posterior de las mismas.



Figura 2. Medición del largo de rajaduras de cabeza en tablas verdes.

Indicadores del proceso de aserrado y calidad

Con los datos obtenidos en el aserradero, se calcularon en gabinete, los indicadores que a continuación se describen.

a) Porcentaje de piezas con rajadura

Se calculó para el total de la producción, la cantidad de piezas afectadas por rajaduras de cabeza en estado verde.

$$P = (N / T) \cdot 100 \quad (1)$$

Donde:

P: Porcentaje de piezas que presentaron rajaduras de cabeza (%)

N: Número de piezas afectadas al menos con una rajadura en uno de sus extremos

T: Número total de piezas producidas

b) Índices de rajaduras en tablas

Se calculó un índice que cuantifica la magnitud de las rajaduras medidas en la totalidad de tablas aserradas.

$$IRTC = \frac{\sum LR}{\sum LT} \quad (2)$$

Donde:

IRTC: Índice de rajaduras para la totalidad de tablas aserradas (mm/m)

LR: Longitud de rajaduras de cabeza individuales de cada tabla (mm)

LT: Longitud total de las tablas (m)

Se calculó para cada rollizo, un índice que cuantifica la magnitud de las rajaduras de las tablas obtenidas.

$$IRT_j = \frac{\sum lr_{ij}}{\sum lt_{ij}} \quad (3)$$

Donde:

IRT_j: Índice de rajaduras para las tablas aserradas por rollizo *j* (mm/m)

lr_{ij}: Longitud de rajaduras de cabeza de la tabla *i* del rollizo *j* (mm)

lt_{ij}: Longitud de la tabla *i* del rollizo *j* (m)

Para la elaboración de los índices presentados, se consideró la suma de la longitud de todas las rajaduras presentes en uno o los dos extremos de una misma tabla.

c) Rendimiento en bruto del aserrado

Se calculó el rendimiento del aserrado con la siguiente ecuación.

$$R = \left(\frac{\sum vt_{ij}}{\sum Vr_j} \right) 100 \quad (4)$$

Donde:

R : Rendimiento en bruto del aserrado (%)

vt_{ij} : Volumen de la tabla i del rollizo j (m^3)

Vr_j : Volumen del rollizo j estimado con la ecuación de Smalian (m^3)

d) Rendimiento en calidad del aserrado

Se estimó el rendimiento que se obtendría de realizar el despunte de las tablas aserradas, para eliminar el defecto de las rajaduras de cabeza. Se calcularon las pérdidas atribuibles a tensiones de crecimiento, sobre el volumen de tablas aserradas y sobre el volumen total de madera procesada. Se utilizaron ecuaciones 5, 6 y 7.

$$P_T = \frac{IRTC}{10} \quad (5)$$

$$P_R = \frac{(P_T / 100)(\sum vt_{ij})}{\sum Vr_j} 100 \quad (6)$$

$$R_C = \frac{(\sum vt_{ij}) - (P_T / 100)(\sum vt_{ij})}{\sum Vr_j} \quad (7)$$

Donde:

P_T : Pérdidas en el volumen de tablas aserradas por rajaduras de cabeza (%)

P_R : Pérdidas en el volumen de rollizos procesados por rajaduras de cabeza (%)

R_C : Rendimiento en calidad del aserrado (%)

$IRTC$: Índice de rajaduras para la totalidad de tablas aserradas (mm/m)

vt_{ij} : Volumen de la tabla i del rollizo j (m^3)

Vr_j : Volumen del rollizo j estimado con la ecuación de Smalian (m^3)

Análisis estadístico de datos

Para la variable índice de rajaduras en tablas aserradas por rollizo (IRT), se calcularon estadísticos descriptivos y se graficó su frecuencia relativa para los 45 rollizos muestreados. Se obtuvieron las correlaciones de Pearson, entre el IRT y el IR y entre el IRT y los valores GSI .

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La Figura 3 muestra los rendimientos del aserrado (bruto y en calidad), la cantidad de desechos y las pérdidas en el volumen de rollizos procesados por rajaduras de cabeza (P_R). El 55,8 % son desechos de aserradero (costaneros, aserrín, etc) y el resto (44,2 %) representa el rendimiento en bruto del proceso. Dentro de este rendimiento, sólo el 2,42 % representan las pérdidas por rajaduras de cabeza, por lo tanto el 41,68 %, constituye el rendimiento en calidad del aserrado (Figura 3).

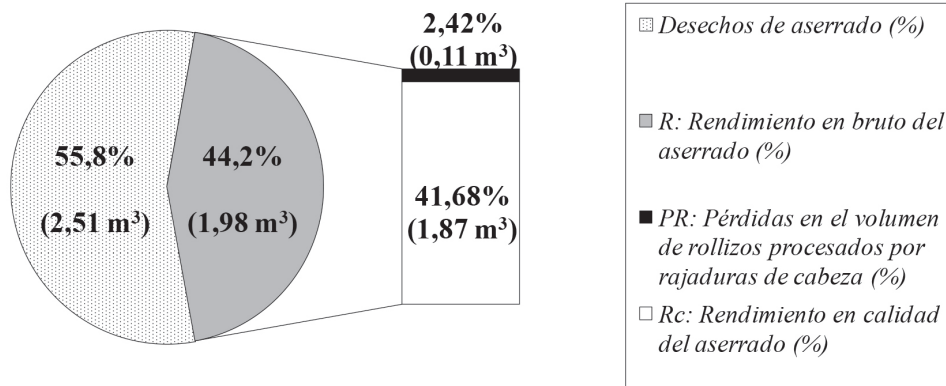


Figura 3. Rendimiento bruto (R), rendimiento en calidad (R_c) y volumen de rollizos procesados y de tablas obtenidas en el aserrado.

Se procesaron 246 tablas aserradas, de las cuales más de la mitad (143, que representan el 58 %) presentaron rajaduras de cabeza, como se muestra en la Figura 4. Sin embargo, esto condujo a un descenso del rendimiento del aserrado, del 44,2 % al 41,7 %, que no resulta tan pronunciado.

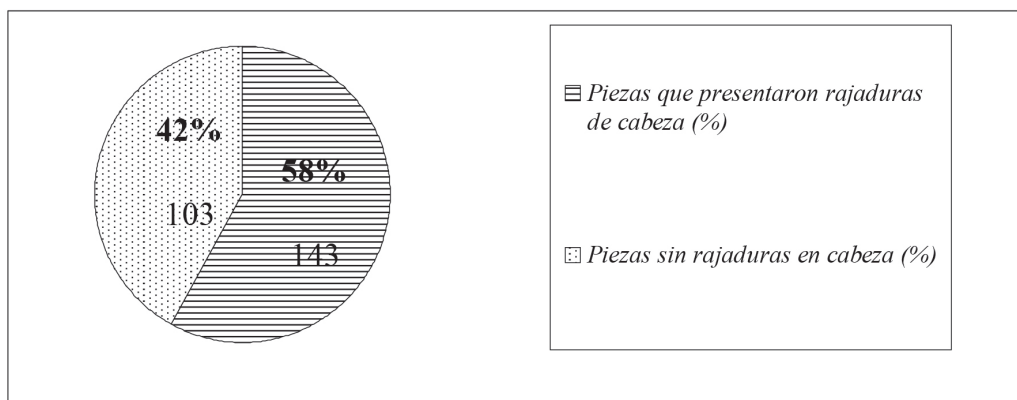


Figura 4. Número y porcentaje de tablas aserradas, con presencia y ausencia de rajaduras de cabeza.

Resultados similares se encontraron en un trabajo en Brasil, que involucró el aserrado de rollizos de *E. dunnii*, de una longitud de 3 m y un volumen total de 4,22 m³, cuando se utilizó un sistema de corte similar al usado en este trabajo, para obtener tablas tangenciales de 28 mm de espesor. En esta investigación, el rendimiento verde (R) promedio fue de 41,26 % y el porcentaje de piezas con rajaduras (P) promedio fue de 84,22 % (Rocha 2000).

En la Figura 5 se muestra que el índice de rajaduras, para la totalidad de tablas aserradas ($IRTC$), corresponde a 54,8 mm/m, por lo que el porcentaje de pérdidas, en el volumen de tablas aserradas por rajaduras de cabeza (P_r); alcanzó un valor bajo de 5,48 %.

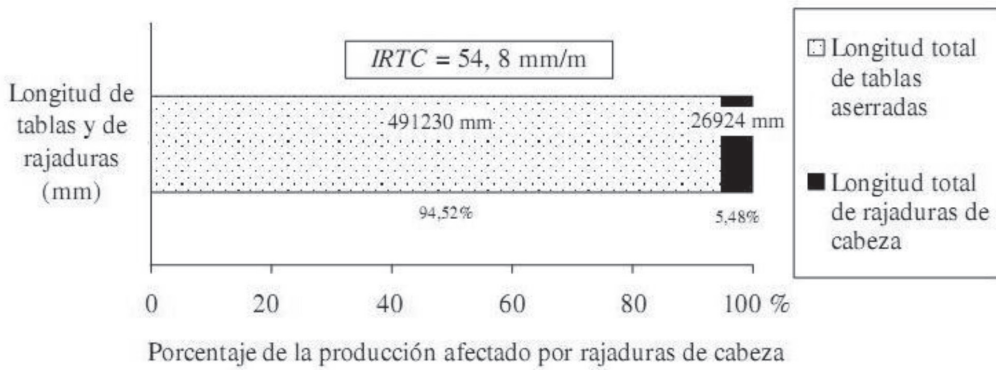


Figura 5. Longitud de tablas aserradas y de las rajaduras de cabeza.

Este valor resultó acorde a otros estudios realizados en eucaliptos con sistemas de aserrado similares, como los realizados por Washusen *et al.* (2009), que encontró para *E. nitens* de 22 años, pérdidas del 5 % del volumen de las tablas tangenciales verdes de 25 mm de espesor y 2,7 m de largo, debido a rajaduras de cabeza. Matos *et al.* (2003), en tablas tangenciales de 27 mm de espesor y 2,8 m de largo de *E. dunnii*, encontraron que las rajaduras de cabeza, afectaron entre 5,25 % hasta un 12,05 % de la longitud total de las tablas (equivalentes a 52,5 mm/m y 120,5 mm/m respectivamente). En otro trabajo realizado en Argentina sobre *E. grandis* (no publicado), se encontró que 1,6 %, de un volumen de 6,71 m³ de tablas aserradas verdes de 3,5 m de longitud, se perdió como consecuencia del despunte, para eliminar rajaduras en extremos (Mastrandrea 2012, comunicación personal).

En la Figura 6 se muestran la frecuencia relativa para las rajaduras de las tablas obtenidas por rollizos. Se observa que más del 80 % de los rollizos aserrados, produjo tablas con rajaduras iguales o inferiores al valor promedio de 27,87 mm/m. El gráfico muestra que la variación entre rollizos fue muy grande.

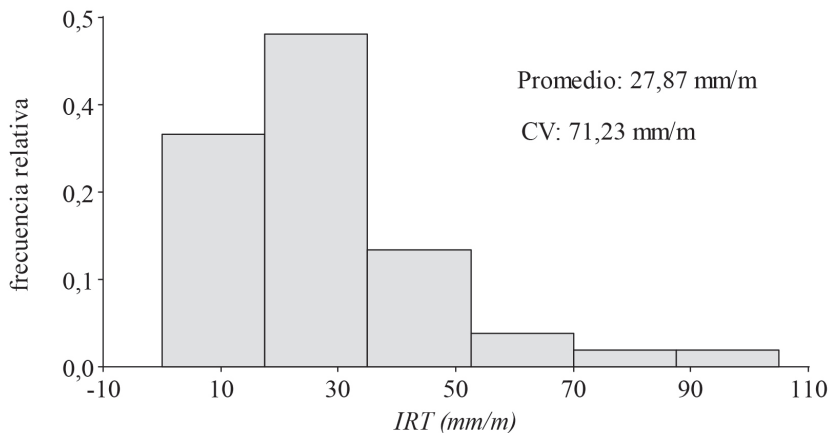


Figura 6. Frecuencia relativa para índice de rajaduras en tablas aserradas por rollizo (IRT).

Si bien no se encontraron diferencias entre procedencias en los niveles de tensiones de crecimiento a través de un estudio previo (Hernández 2012), es probable que la madera de algunas familias de los árboles aserrados se manifieste con mayor tendencia a rajarse que otras. Este análisis no fue realizado por no contar con un número de repeticiones suficiente que permita un resultado confiable.

Otras investigaciones llegaron a resultados similares, en relación a las rajaduras de las tablas obtenidas por rollizo aserrado. Trugilho (2005), encontró un *IRT* promedio de 23,66 % (equivalente a 23,66 mm/m), con un CV de 71,03 %, en tablas tangenciales de 3 cm de espesor, correspondientes a dos rollizos de 3 m por árbol, para 16 individuos de *E. dunnii* de 19 años.

La Figura 7 muestra que las correlaciones entre el índice de rajaduras, para las tablas aserradas por rollizo, con el índice de rajado y el indicador de tensiones de crecimiento, fueron positivas y moderadas ($r: 0,52$ y $r: 0,46$).

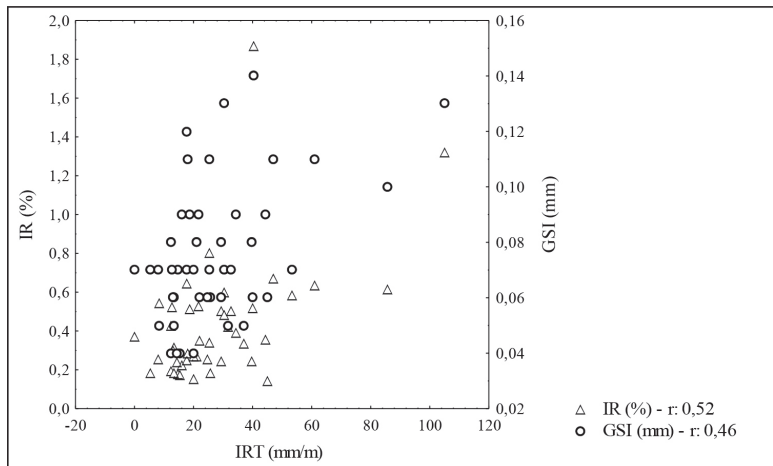


Figura 7. Asociación entre los valores de indicador de tensiones de crecimiento (*GSI*), e índice de rajado en rollizo (*IR*), con el índice de rajaduras en tablas aserradas (*IRT*).

Investigaciones de otros autores, encontraron mayor asociación entre estas variables. Para *E. dunnii* de 19 años, en rollizos de 3 m y tablas tangenciales de 3 cm de espesor, se encontró un valor de correlación general de 0,86 para el *IRT*, de las tablas aserradas de dos rollizos por árbol y sus respectivos valores *GSI* (Trugilho 2005). En *E. grandis* de 21 años, se encontró una correlación entre el *IR* y *IRT* de 0,76 (Lima 2005).

Las tablas producidas no presentaron alabeos notorios, determinados mediante apreciación visual en estado verde. Esto tendría su explicación, en que los alabeos pueden no manifestarse en trozas cortas (Jacobs 1959) y en que los valores de tensiones de crecimiento (medidos con *GSI* y el *IR*), fueron notoriamente menores, en comparación a los registrados en otros trabajos realizados en *E. dunnii* y *E. grandis*.

CONCLUSIONES

1) La magnitud de las rajaduras de cabeza medidas en verde en las tablas aserradas, evidenció una alta variabilidad para los árboles muestreados y presentó una asociación positiva y moderada, con las tensiones de crecimiento medidas.

2) Según los indicadores del proceso de aserrado y de calidad calculados en esta investigación, el porcentaje de pérdidas en el volumen de madera verde aserrada por rajaduras de cabeza, no afectó considerablemente el rendimiento del aserrado. Las rajaduras de cabeza generadas como consecuencia de tensiones de crecimiento, fueron responsables de la pérdida de un volumen de madera estimado en 5,48 % del volumen total de tablas producido y de un 2,42% del volumen de rollizos procesados.

3) Con los niveles de tensiones de crecimiento registrados, no se evidenciaron mediante apreciación visual, alabeos que afecten la calidad de los productos aserrados en estado verde. Es necesario continuar los análisis de las tablas, conforme baje el contenido de humedad de las mismas, mediante secado natural o en horno. Es de esperar, que los defectos producidos por el secado, magnifiquen algunas anomalías como grietas, rajaduras y alabeos, como así también el colapso, asociado a las tensiones de crecimiento, por la presencia de madera de reacción (no evaluada en este material). Sería conveniente incluir material de otras edades, en un futuro estudio de tensiones de crecimiento.

AGRADECIMIENTOS

A los profesionales del Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria de Argentina, ingenieros Juan López (h), Yolanda Genes y Sara Cáceres. Al personal técnico y de apoyo de la institución, José Ruiz Díaz, Juan A. Sánchez, Cristian y Raúl Almirón, Gustavo Benítez, Leticia Ruiz, Carlo Lezcano y Jorge Romero. A José Karlen, dueño del aserradero “San Antonio”.

BIBLIOGRAFÍA

Hernández, M. A. 2012. Efecto de las tensiones de crecimiento en la madera de *Eucalyptus dunnii* Maiden (*Myrtaceae*). Tesis de maestría. Universidad Nacional de Misiones. Misiones, Argentina, 82p.

Jacobs, M.R. 1959. Informe al gobierno de la Argentina sobre la ecología del eucalipto. Instituto Forestal Nacional. Informe N° 1019, 86 p.

Lima, I.L. 2005. Influência do desbaste e da adubação na qualidade da madeira serrada de *Eucalyptus grandis* Hill ex-Maiden. Tesis Doctoral. Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba, Brasil, 157 p.

Mastrandrea, Ciro Andrés, 2012. Área de extensión forestal. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria de Argentina. Comunicación personal

Matos, J.L.M.; Iwakiri, 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.

Murphy, T.; Henson, M.; Vanclay, J.K. 2005. Growth stress in *Eucalyptus dunnii*. *Australian Forestry* 68 (2): 144-149.

Rocha, M.P. 2000. *Eucalyptus grandis* Hill ex Maiden e *Eucalyptus dunnii* Maiden como Fontes de Matéria Prima para Serrarias. Tesis Doctoral. Universidad Federal do Paraná, Curitiba, Brasil, 186 pp.

Rozas, C. 1993. Reducción de las tensiones de crecimiento en madera de *Eucalyptus grandis* Hill Ex Maiden: Técnica de anillamiento y vaporización. Actas Simposio los Eucaliptos en el desarrollo forestal de Chile, Pucón Chile: 563-584.

Thibaut, B.; Gril, J. 2003. Growth stresses. En J.R. Barnett y G. Jeronimidis (Eds), *Wood quality and its biological basis*. Blackwell Publishing Ltd, Oxford, UK: 137-156.

Thomas, D.; Henson, M.; Joe, B.; Boyton, S.; Dickson, R. 2009. Review of growth and wood quality of plantation-grown *Eucalyptus dunnii* Maiden. *Australian Forestry* 72 (1):3-11.

Trugilho, P.F. 2005. Tensão de crescimento em árvores vivas de clones de *Eucalyptus spp.* e de *Eucalyptus dunnii* Maiden e propriedades de sua madeira. 2005. Tese (Pós Doutorado em Ciências Florestais). Universidade Federal do Paraná Curitiba, Brasil, 123 p.

Valencia, J.; Hardwood, C.; Washusen, R.; Morrow, A.; Wood, M.; Volker, P. 2011. Longitudinal growth strain as a log and wood quality predictor for plantation-grown *Eucalyptus nitens* sawlogs. *Wood Science and Technology* 45: 15-34.

Washusen, R.; Harwood, C.; Morrow, A.; Northway, R.; Valencia, J.C.; Volker, P.; Wood, M.; Farrell, R. 2009. Pruned plantation-grown *Eucalyptus nitens*: Effect of thinning and conventional processing practices on sawn board quality and recovery. *New Zealand Journal of Forestry Science* 39: 39-55.

Yang, J.L.; Baillères, H.; Okuyama, T.; Muneri, A.; Downes, G. 2005. Measurement methods for longitudinal surface strain in trees: a review. *Australian Forestry* 68 (1): 34-43.