

TRABAJO CIENTÍFICO

Influencia de la densidad de plantación y la posición sociológica en el rendimiento y la calidad de madera aserrada de *Grevillea Robusta* A.

Influence of plantation density and sociological position on the yield and quality of Grevillea robusta A. sawn wood

Barth, S. R.¹; A. M. Gimenez²; M. J. Joseau³; M. E. Gauchat⁴ y D. Videla⁵

Recibido en agosto de 2015; aceptado en noviembre de 2016

RESUMEN

El objetivo de este trabajo fue evaluar la influencia de la densidad inicial de plantación y la posición sociológica de *Grevillea robusta* en el rendimiento y calidad de la madera aserrada. Se analizaron 6 individuos por cada tratamiento (densidad inicial de plantación) y dentro de ellos, por posición sociológica, se consideraron 2 ejemplares suprimidos (diámetros menores), 2 codominantes (diámetros medios) y 2 dominantes (diámetros mayores). La madera aserrada se tipificó según su calidad por grados apariencia, se consideraron cuatro calidades, según presencia o ausencia de defectos y dimensiones. A nivel de árboles individuales, a una menor densidad de plantación se obtuvieron mayores volúmenes en maderas de las calidades superiores. Realizado el análisis a nivel de rodal, influenciado por el efecto del número de árboles, las mayores densidades de plantación presentaron el mayor volumen de madera aserrada y de tablas de la mejor calidad, aunque en tablas de anchos en general por debajo de los requeridos por el mercado. En la medida que se requieran tablas de anchos mayores, éstas sólo podrán obtenerse de los tratamientos de menor densidad de plantación. El rendimiento fue también afectado por la posición sociológica del individuo dentro de cada tratamiento. Los árboles dominantes presentaron un mayor rendimiento en madera de la mejor calidad que los árboles codominantes y suprimidos.

Palabras clave: Manejo forestal; Apariencia; Tablas; Tipificación; Usos a la vista.

ABSTRACT

The goal of this work was to assess the influence of initial plantation density and sociological position on the yield and quality of *Grevillea robusta* sawn wood. Six individuals were analyzed for each treatment: two suppressed individuals (lower diameters), two co-dominant specimens (average diameters), and two dominant specimens (larger diameters). Saw wood was classified in terms of quality based on appearance, considering four qualities according to the presence or absence of defects and according to dimensions. At individual tree level, higher volumes were obtained at lower planting density in woods of the higher qualities. Analysis at the stand-level, greater plantation densities yielded the highest volume of sawn wood and best-quality boards, though the boards were in general narrower than those required by the market. If wider boards are needed, they will have to be produced from treatments with a lower plantation density. Yield was also affected by the sociological position of each individual in each treatment: dominant trees had a higher yield of best-quality timber than co-dominant and suppressed individuals.

Keywords: Forest management; Appearance; Boards; Classification; Visible applications.

¹ INTA EEA Montecarlo. Facultad de Ciencias Forestales. Universidad Nacional de Misiones. E-mail: barth.sara@inta.gob.ar

² Facultad de Ciencias Forestales. Universidad Nacional de Santiago del Estero. Av. Belgrano (s) 1912. 4200 Santiago del Estero. Argentina. E-mail: amig@unse.edu.ar

³ FCA. universidad Nacional de Córdoba. E-mail: jajoseau@agro.unc.edu.ar

⁴ INTA EEA Montecarlo. E-mail: gauchat.maria@inta.gob.ar

⁵ Facultad de Ciencias Forestales. Universidad Nacional de Misiones. E-mail: dangalaret@hotmail.com

1. INTRODUCCIÓN

En la Provincia de Misiones, Argentina, la extracción de productos maderables originarios del bosque nativo viene siendo reemplazada por madera de plantaciones forestales. A pesar de que la industria forestal basada en productos de madera sólida en Misiones y en el noreste de Corrientes es, en cierta forma, muy diversificada (aserrados, compensados, tableros reconstituidos, impregnación, remanufacturas, etc.), el avance hacia una mayor industrialización se mantuvo limitado. Si bien a partir de 1990 se dio auge a la industria remanufacturera de madera este avance no fue muy notorio en lo que respecta a la industria del mueble (SPE-MEFPN, 2010). Un 56 % de las empresas, especialmente PyMES, no lleva una contabilidad sistematizada, el 67 % de las empresas no realiza costeos y el 68 % de las empresas no realiza mediciones de productividad (Naselli y Leibas, 2008). Por estos antecedentes se recomienda profundizar la concientización del sector en la importancia de trabajar estos aspectos. *Grevillea robusta* es una de las especies implantadas en la región para empleo como madera sólida. En el presente trabajo se realizó un análisis del rendimiento en volumen y por calidad de madera aserrada de esta especie. Más allá del mero conocimiento del aprovechamiento, interesa analizar el grado de calidad de la madera obtenida del aserrado según una tipificación por apariencia. Se considera como rendimiento en madera aserrada (porcentaje de aprovechamiento) a la relación entre el volumen de madera aserrada obtenido y el volumen de la troza antes del aserrío (Valerio *et al.*, 2007). Dicho rendimiento es afectado por factores como: especie, esquema de corte, tecnología de la maquinaria empleada para la realización del corte, dimensiones de las trozas aserradas, ahusamiento o conicidad, calidad interna de la troza (Steele, 1984; Rocha, 2000; Murara *et al.*, 2005; Valerio *et al.*, 2007; Vital, 2008). Estos últimos factores se ven afectados por el manejo silvícola, en nuestro caso, por la densidad de plantación (Mäkelä *et al.*, 2010; Fassola *et al.*, 2012). Las características de las trozas del rodal, que se ven influenciada por las distintas posiciones sociológicas de los individuos (árboles dominantes, codominantes y suprimidos), afectan el rendimiento y la calidad de la madera obtenida dado a factores dimensionales como presencia o ausencia de nudos muertos o vivos (Serrano, 1991). Investigaciones realizadas por Fahey y Ayer-Sachet (1993) indican que el diámetro de la troza es uno de los factores de mayor incidencia en el aserrío; demostrándose que en la medida que el diámetro aumenta también se incrementa el rendimiento de las trozas en el aserrío; por lo tanto el procedimiento de trozas de pequeñas dimensiones implica bajos niveles de rendimiento y menor ganancia en los aserraderos. Estudios realizados en Argentina consideraron las propiedades internas de rollizos podados de *Pinus taeda* (Fassola *et al.*, 2002), aunque la generación de una base de datos para predecir valores brutos y por grados de calidad de madera aserrada se encuentra en proceso de construcción (Fassola *et al.*, 2012). Es posible mencionar algunos estudios iniciales sobre los rendimientos en el aserrado de coníferas sometidas a distintos regímenes silvícolas, analizados bajo normas Factory y de apariencia (Fassola *et al.*, 2010; Winck *et al.*, 2015). En este contexto, el objetivo de este trabajo fue evaluar la influencia de la densidad inicial de plantación y la posición sociológica de *Grevillea robusta* en el rendimiento en el aserrado y la calidad de la madera según grados de apariencia. Ante la complejidad del planeamiento de la producción forestal este conocimiento puede considerarse como una herramienta fundamental para la toma de decisiones. Conocer las consecuencias productivas de distintas estructuras de la masa permitirá decidir el manejo silvícola más adecuado para optimizar el rendimiento de la producción de un rodal, atendiendo a los requerimientos de calidad del mercado.

2. MATERIALES Y MÉTODOS

La madera aserrada provino de un ensayo de *Grevillea robusta* bajo distintas densidades iniciales. El mismo fue instalado por INTA en vinculación con la empresa privada Danzer forestaciones S.A., actualmente Garruchos Forestal S.A. en el año 1995 (18 años de edad al momento del apeo) en Posadas, zona Sur de la Provincia de Misiones. Los tratamientos aplicados en el ensayo fueron 1500, 750, 375 y 162 árboles por hectárea. A todos los tratamientos se aplicaron 4 podas, con remoción de 30 % de copa verde por realce.

De cada tratamiento se cortaron 6 árboles aprovechando de cada uno de ellos 2 trozas de largo variable entre 2,4 y 4 m, según factibilidad dimensional y ausencia de defectos que disminuyeran el aprovechamiento o inutilizaran parte de la madera. El análisis de rendimiento presentado se efectuó en base a trozas de 2,4 m de longitud. En la selección de individuos a cortar, se adaptó la metodología propuesta por Kolln *et al.*, 2006. Los autores hacen referencia a considerar 2 individuos por cada posición social, dominantes, codominantes y suprimidos. En este estudio se trabajó con 2 árboles por clase diamétrica: Clase superior (D: diámetros superiores a 30 cm), media (CD: diámetros entre 20 y 30 cm) e inferior suprimidos (S: diámetros de hasta 20 cm). Esto se debió a que en el tratamiento de 162 a/ha se estimó que hubo escasa o nula competencia por recursos por lo que se consideró inapropiado hablar de árboles suprimidos.

Luego del apeo, se pintaron los extremos de las trozas a fin de mantener su trazabilidad en el proceso de aserrado y se llevaron a un aserradero. Para la determinación del rendimiento se realizó la cubicación de las trozas a partir de medidas de longitud y diámetro con corteza tomados en los extremos de las mismas. El volumen fue calculado a través de la fórmula de Smalian según la expresión: $V = (((\pi*d_1^2)/40000) + ((\pi*d_2^2)/40000))/2 * L$, donde: V es el volumen de la troza (m³); d₁, el diámetro con corteza (cm) en punta gruesa de la troza (cm); d₂, el diámetro con corteza (cm) en punta fina de la troza; L, la longitud de la troza (m).

Las trozas fueron descortezadas y aserradas, extrayéndose dos costeros y un semibloque. El semibloque siguió su procesamiento obteniéndose un bloque central y dos costeros más. El bloque central fue aserrado mediante sierras circulares múltiples en piezas de 2,54 cm (1 pulgada) de espesor. Los costeros fueron reaserrados para la obtención de una pieza utilizable de una pulgada de espesor y un mínimo de 7,62 cm (3 pulgadas de ancho). Cada tabla fue cubicada a partir de sus dimensiones reales. Finalmente se obtuvo el rendimiento por tratamiento (densidad de plantación), por árbol (rendimiento general) y por troza, a partir de la expresión matemática: $R = ((\sum v_i) / v_1) * 100$. Donde, R es el rendimiento en madera aserrada (%); $\sum v_i$ = sumatoria de los volúmenes de las tablas provenientes de la troza *i* (m³); v₁, el volumen total sin corteza de la troza que originó las tablas (m³).

La madera aserrada se clasificó según el grado de apariencia. Se priorizó la obtención de piezas de mayor valor económico en carpintería, empleándose para ello una adaptación de la norma de tipificación desarrollada para maderas duras por National Hardwood Lumber Association (NHLA, 2002). Se tomó en cuenta la proporción de madera libre de defectos para cada grado, adaptando las dimensiones establecidas por ella a las dimensiones de uso regional. Se consideraron cuatro calidades: FAS (tablas selectas adecuadas para molduras de mayor longitud con destino a carpinterías para elaboración de marcos de puertas, revestimientos interiores y muebles). N1 (tablas aptas para partes de muebles como armarios de cocina o bibliotecas, son piezas sin defectos visuales pero de menor longitud). N2 (tablas sin defectos de dimensión no superior a 60 cm). N2 no son tablas que no clasifican por ancho menor a tres pulgadas. No se realizó reaprovechamiento de piezas cortas (menores a 2,4 m de longitud).

Para el procesamiento estadístico de los datos se empleó el software InfoStat (2014). Se trabajó con ajuste de funciones para la evaluación de tendencias. Las variables de rendimiento analizadas, a nivel individual y de rodal, según densidad de plantación, fueron: rendimiento general del individuo, rendimiento de la troza 1, rendimiento de la troza 2 y rendimiento por

hectárea. En relación a la influencia de la posición sociológica del individuo, se evaluó el rendimiento general del individuo sin diferenciar en cuanto a número de troza. El análisis de variancia se realizó a través de modelos mixtos, considerando efectos fijos (tratamiento, posición sociológica dada por la clase diamétrica considerada) y un efecto aleatorio (árbol). En todos los casos se trabajó con una probabilidad de 0,05.

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Rendimiento de madera aserrada en función a densidad inicial de plantación

El análisis estadístico para el rendimiento en el aserrado individual arrojó diferencias significativas entre densidades iniciales de plantación (Figura 1).

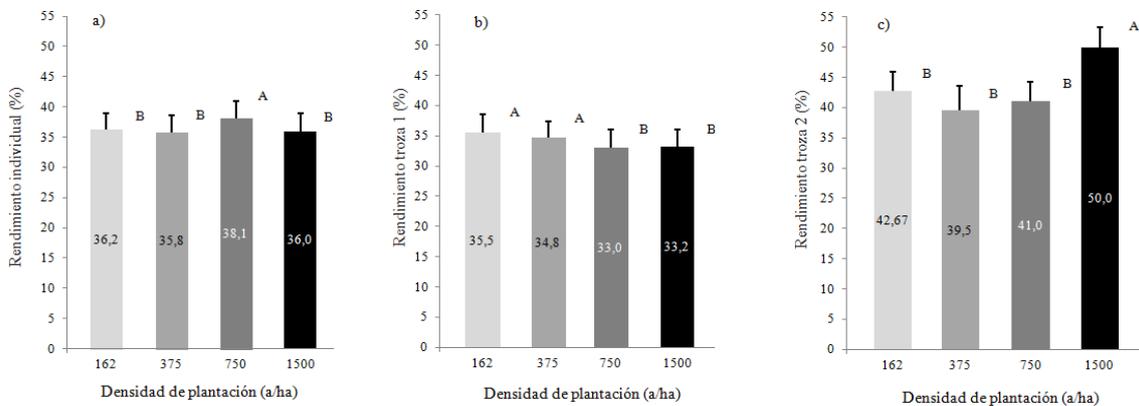


Figura 1. Rendimiento de aserrado según densidad de plantación. **a)** rendimiento general por árbol, **b)** rendimiento de la troza 1 (basal), **c)** rendimiento de la troza 2

El rendimiento por árbol fue mayor a 35 % en todos los tratamientos. Sólo presentó diferencias significativas el tratamiento de 750 a/ha, tratamiento que, dada su acumulación de biomasa puede ser el punto de inflexión que indique un aprovechamiento óptimo de los recursos (Barth *et al.*, 2016).

El rendimiento en el aserrado de la primer troza presentó mayor rendimiento a densidades de plantación de 162 y 375 a/ha, tratamientos donde los diámetros son mayores (Barth *et al.*, 2015). El rendimiento disminuyó en los tratamientos de las mayores densidades de plantación, se obtuvieron valores inferiores a 34 %. En la segunda troza el rendimiento es mayor en el tratamiento de mayor densidad de plantación, alcanzó un 50 %, esto se debe a una menor conicidad en las trozas (Tabla 1). En espaciamientos mayores el rendimiento decreció, presentó valores entre 39 y 43 %, no existiendo diferencias significativas entre ellos.

Tabla 1. Ahusamiento de la troza (cm/m)

Tratamiento	Dap medio (cm)	Altura de poda (m)	Ahusamiento			
			Troza 1		Troza 2	
162	32,99	4,50	3,86 A	(0,37)	1,57 A	(0,40)
375	29,02	4,50	4,05 A	(0,39)	1,46 A	(0,42)
750	25,44	5,20	3,27 B	(0,50)	1,82 A	(0,58)
1500	20,15	5,20	3,10 B	(0,27)	0,87 B	(0,31)

Medias con una letra en común no son significativamente diferentes ($P > 0,05$). Valores entre paréntesis corresponden al error estándar del modelo.

Analizando lo sucedido a nivel de árboles individuales y clasificadas las tablas por grado de apariencia, (Tabla 2), la mayor proporción de las tablas de la mejor calidad de madera, se logró con el tratamiento de menor densidad de plantación.

Tabla 2. Rendimiento individual por grado de calidad según densidad de plantación. Valores expresados en porcentaje

Calidades de madera	Densidad de plantación (a/ha)			
	162	375	750	1500
FAS	32	15	15	22
N1	12	25	19	15
N2	17	10	2	14
N2 nc	40	50	64	49
FAS + N1	43 A	40 A	34 B	37 B
N2 + nc	57 B	60 B	66 A	63 A

Medias con una letra en común no son significativamente diferentes ($P>0,05$)

Observando el rendimiento de la troza 1 (Tabla 3), expresada por grado de apariencia, se puede observar que los rendimientos en calidad FAS se alcanzaron en los tratamientos de 1.500 y 162 plantas por hectárea, con un valor de 25 y 36 % respectivamente. La no diferenciación entre las densidades extremas puede deberse a que, cuando aumenta la densidad, la conicidad de las trozas es menor (Tabla 1). No se observó un patrón de comportamiento en los rendimientos de la calidad de la madera de la 1^o troza según grados de apariencia de acuerdo a la densidad de plantación.

Tabla 3. Rendimiento de aserrado en troza 1 por grado de calidad, según densidad de plantación. Valores expresados en porcentaje

Calidad de madera	Densidad de plantación (a/ha)			
	162	375	750	1500
FAS	36 A	16 B	15 B	25 A
N1	5 B	25 A	18 A	15 A
N2	14 A	9 B	0 B	20 A
N2 nc	45 B	50 B	67 A	40 B

FAS: madera sin defecto visual con destino a revestimientos interiores, marcos de puerta y muebles, N1: piezas sin defecto visual pero de menor longitud empleadas para partes de muebles, N2: tablas sin defecto con longitud de 60 cm o menos, N2 nc: tablas que no clasifican por tener un ancho menor a tres pulgadas (7,62 cm). Medias con una letra en común no son significativamente diferentes ($P>0,05$)

Al analizar los rendimientos de la segunda troza aserrable (Tabla 4), en el tratamiento de 162 a/ha se obtuvo la mayor proporción de madera de la mejor calidad (FAS). En las 3 menores densidades de plantación, se alcanzaron mayores rendimientos según grados de apariencia para N1, también con mayor incidencia de tablas N2 en los tratamientos de 162 y 375 a/ha. Las tablas N2 nc predominan en los tratamientos más densos.

Respecto al volumen absoluto, las menores densidades de plantación presentaron un mayor volumen individual y por ende, un mayor volumen en tablas obtenidas por troza (Figura 2). También, el mayor volumen de madera de las mejores calidades se encontró en el tratamiento de menor densidad de plantación (Figura 3).

Tabla 4. Rendimiento de aserrado en troza 2 según densidad de plantación.
Valores expresados en porcentaje según grado de calidad

Calidad de madera	Densidad de plantación (a/ha)			
	162	375	750	1500
FAS	22 A	12 B	14 B	15 B
N1	25 A	19 A	22 A	15 B
N2	23 A	17 A	6 B	1 B
N2 nc	30 B	52 A	58 A	69 A

FAS: madera sin defecto visual con destino a revestimientos interiores, marcos de puerta y muebles, N1: piezas sin defecto visual pero de menor longitud empleadas para partes de muebles, N2: tablas sin defecto con longitud de 60 cm o menos, N2 nc: tablas que no clasifican por tener un ancho menor a tres pulgadas (7,62 cm). Medias con una letra en común no son significativamente diferentes ($P>0,05$)

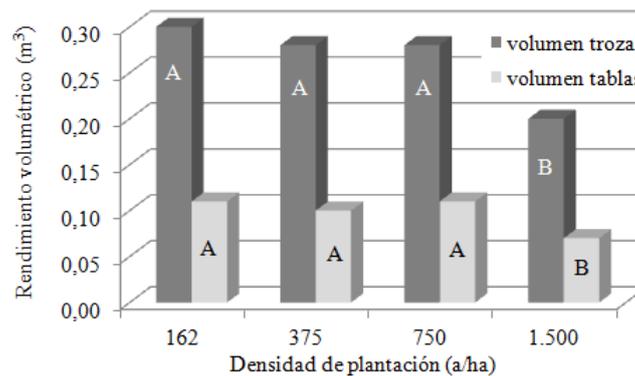


Figura 2. Rendimiento volumétrico medio de árboles individuales según densidad de plantación. Medias con una letra en común no son significativamente diferentes ($P>0,05$)

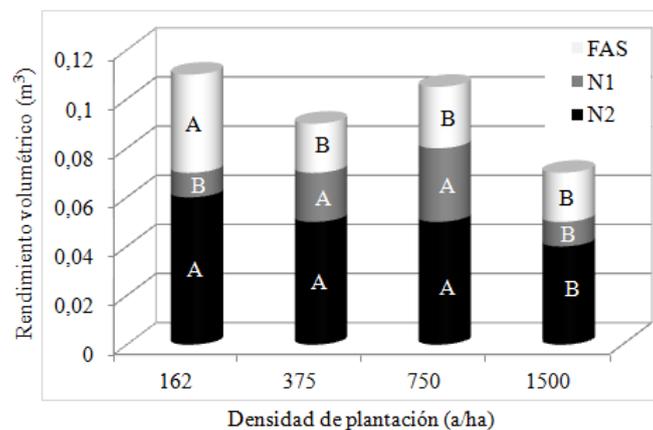


Figura 3. Rendimiento volumétrico medio de madera aserrada de árboles individuales según calidad y densidad de plantación. Medias con una letra en común no son significativamente diferentes ($P>0,05$)

Es importante considerar el mayor número de individuos por hectárea en las densidades mayores, ya que esto tiene influencia en el volumen total de madera producida (Barth *et. al.*, 2016). Por este motivo se presenta en la figura 4 un análisis comparativo de rendimiento en función a grado de calidad por tratamiento, considerando lo sucedido a nivel de rodal.

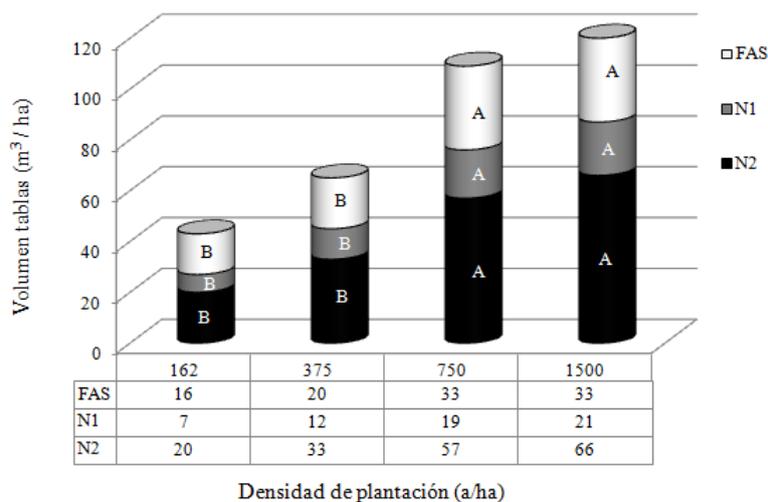


Figura 4. Rendimiento volumétrico medio de madera aserrada del rodal según calidad y densidad de plantación. Medias con una letra en común no son significativamente diferentes ($P > 0,05$)

Una mayor densidad de plantación generó un mayor volumen de madera de calidad FAS. No obstante es indispensable tomar en cuenta no solo el volumen de producto sino también el requerimiento del mercado en cuanto a dimensiones mínimas de las tablas según uso. Para piezas de carpintería de mayores dimensiones se prefiere tablas con ancho mayor a 141 mm (6 pulgadas). Este producto se logró en los 2 tratamientos de menores densidades de plantación, más del 60 % de las tablas presentaron anchos superiores a 180 mm (Tabla 5).

Tabla 5. Proporción de tablas a obtener según ancho y densidad de plantación

Proporción de tablas (%)	Densidad de plantación (a/ha)			
	162	375	750	1500
≥ 240 mm	28 A	20 C	24 B	2 D
≥ 180 mm y < 240 mm	39 A	42 A	21 C	34 B
< 180 mm	33 C	38 C	55 B	64 A

Un análisis del ancho medio de tablas a obtenidas por densidad de plantación indicó que con 1500 a/ha se obtiene un valor de 143 mm, este valor se incrementa a 164 mm a 750 a/ha, no existiendo entre ambas opciones diferencias estadísticamente significativas. Estas diferencias sí surgen entre estos tratamientos y los de menor densidad de plantación, el tratamiento de 375 a/ha proporcionó tablas de ancho medio de 185 mm y en el tratamiento de 162 a/ha dicho valor fue de 187 mm, sin diferencia entre ellos.

Rendimiento de madera aserrada en función a la posición sociológica del individuo

Como el rendimiento de madera aserrada es influenciado por variables como diámetro de las trozas, su longitud y conicidad, entre otras, se evaluó el efecto que tuvo en él la posición sociológica de los individuos presentes en los distintos tratamientos (Tabla 6).

Tabla 6. Distribución diamétrica porcentual según densidad de plantación

Densidad de plantación a/ha	% árboles		
	dominantes	codominantes	suprimidos
162	72	24	4
375	52	38	10
750	46	30	24
1500	30	24	46

A mayores densidades de plantación se encontró un mayor número de individuos suprimidos y viceversa, a menores densidades de plantación se comprobó una mayor presencia de individuos dominantes y codominantes.

Analizando el rendimiento general del individuo en aserrado por posición sociológica, la diferencia entre estratos no supera el 2 %. El rendimiento de madera aserrada en los árboles dominantes alcanza 35,09 %, en los individuos codominantes el valor llega a 33,78 % y en los ejemplares suprimidos, el valor se reduce a 33,61 %, sin diferencias estadísticamente significativas entre ellos. Es además importante analizar el rendimiento en aserrado por grados de calidad, para cada estrato (Figura 5).

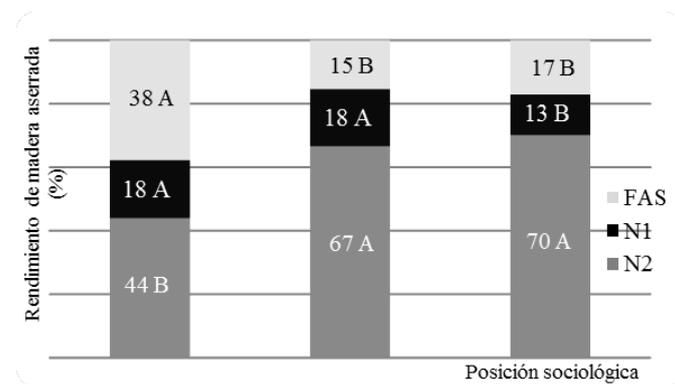


Figura 5. Rendimiento en aserrado por su grado de apariencia según posición sociológica. Medias con una letra en común no son significativamente diferentes ($P > 0,05$). D: árbol dominante, CD: árbol codominante, S: árbol suprimido

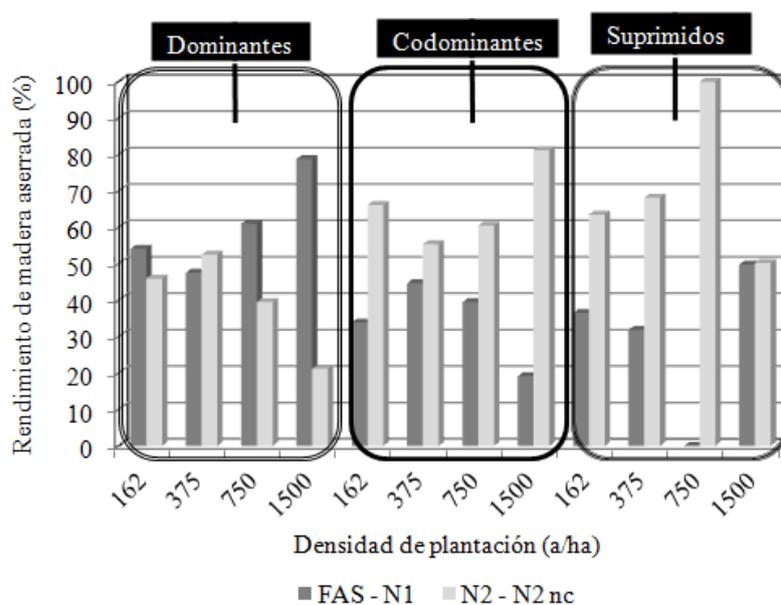
Las tablas de primera calidad (FAS) predominan en los individuos de la mayor clase diamétrica siendo de menor presencia en individuos de la clase diamétrica inferior. Los árboles de las clases diamétricas superior, dominantes y media evidenciaron una mayor proporción de madera de calidad N1 que los de la clase diamétrica inferior. El mayor volumen de madera de segunda calidad se encontró en los árboles que crecieron con mayor competencia entre individuos.

Considerando finalmente lo sucedido con los grados de calidad de la madera aserrada en los distintos tratamientos y posición sociológica (Figura 6), los árboles de la clase diamétrica superior, si bien en distinta proporción, mantienen un mayor volumen de madera de la mejor calidad en todas las densidades de plantación. Una excepción a lo aquí expresado fue el tratamiento de 375 a/ha. En todos los casos en los individuos de las clases diamétricas media e inferior tuvieron mayor proporción de madera de calidad inferior.

En este estudio, el volumen del árbol codominante y el suprimido representaron el 63 y 40 % del volumen del árbol dominante respectivamente.

La industria de la primera transformación de la madera en la zona se caracteriza por ser poco eficiente en el proceso de aserrado, solo en aserraderos de alta producción se alcanza un rendimiento medio de 50 %. Las industrias de menor tamaño, de menor tecnología y escasa formación del personal alcanzan un rendimiento cercano a 40 % (Martínez Pastur *et al.*, 2004; Baccon, 2010; Videla, 2015, com. pers.). El material restante de la troza se desperdicia, queda en forma de costeros, recortes y testas, virutas y aserrín. Hernández *et al.* (2014) mencionan para *Eucalyptus dunnii* un rendimiento de 44,2 %. Olandoski *et al.* (1997) cita para *Pinus* sp un rendimiento de aserrado de 51 % y Cademaretori (2010) encontró para *Pinus elliottii* un rendimiento medio de aserrado de 38,6 %. Grevillea *robusta* arrojó un rendimiento general de trozas aserradas de entre 36 y 38 %. Distintos investigadores concuerdan con Fahey y Sachet (1993) en que la dimensión de las trozas es uno de los factores que más influyen en el rendimiento del aserrado. Esta afirmación pudo ser comprobada en forma contundente en

Grevillea robusta. Rocha (2000) menciona que trozas de menor diámetro presentan menores rendimientos, en *Grevillea robusta* esto se dio solo en la primera troza aserrada. No obstante, se debe tener en cuenta la disminución en la variedad de productos a obtener de trozas de menor dimensión, al no ser estas adecuadas para tablas de determinadas dimensiones y características de calidad según las normas empleadas para su tipificación (Murara Júnior, 2005).



FAS: madera sin defecto visual con destino a revestimientos interiores, marcos de puerta y muebles, N1: piezas sin defecto visual pero de menor longitud empleadas para partes de muebles, N2: tablas sin defecto con longitud de 60 cm o menos, N2 nc: tablas que no clasifican por tener un ancho menor a tres pulgadas (7,62 cm)

Figura 6. Rendimiento en madera aserrada según posición sociológica y densidad de plantación

Otros factores que influyen en el rendimiento son la longitud y diámetro de las trozas, su ahusamiento y el diagrama de corte empleado en el aserrado. Por este motivo la segunda troza de *Grevillea robusta*, y en especial en el tratamiento de menor ahusamiento, presentó un mayor rendimiento (Figura 1 c). En nuestro caso no se produjo un reaprovechamiento de las piezas de menor longitud. No se implementó el mejor diagrama de corte para *Grevillea robusta*, esto se debió a que, si bien, a mayores diámetros de trozas se dio mayores rendimientos, no todos los tratamientos permitieron su implementación dada las dimensiones alcanzadas. Un esquema de corte radial en cuartos optimizaría el veteado característico de la especie.

La decisión de la densidad de plantación estará vinculada a requerimientos dimensionales del mercado y precio diferencial dado por el grado apariencia del producto y su dimensión. No es suficiente considerar tan solo la maximización del volumen del rodal. Por ende, es probable que densidades de 1500 a/ha no sean adecuadas, sí un rango de entre 162 y 750 a/ha según el producto buscado.

4. CONCLUSIONES

La densidad de plantación y la distribución diamétrica de los árboles de *Grevillea robusta* afectaron la calidad y rendimiento de la madera.

El rendimiento en el aserrado de la primera troza fue mayor a menores densidades de plantación.

En la segunda troza aserrable la mayor densidad de plantación presentó mayor rendimiento debido a su menor conicidad.

Considerando el rendimiento general por árbol, sin diferenciar por troza aserrable, no existe evidencia de diferencia en rendimiento de aserrado según densidad de plantación, con excepción del tratamiento de 750 a/ha.

A nivel de árbol individual, las menores densidades de plantación presentaron una mayor proporción de madera de las mejores calidades.

Diferenciando la madera por troza de acuerdo a su calidad, las mayores densidades de plantación tuvieron en la primer troza mayor cantidad de madera de las mejores calidades. En la segunda troza la representación de las tablas de estas características fue mayor en el tratamiento de menor densidad de plantación.

Sin diferenciar calidades, el rendimiento en madera aserrada fue similar en las tres clases diamétricas consideradas.

La distribución diamétrica de cada densidad de plantación mostró que a menores densidades de plantación existió una mayor presencia de árboles de la clase diamétrica superior con un mayor rendimiento individual en madera de las mejores calidades. Los individuos de las clases diamétricas media e inferior generaron mayor proporción de tablas de calidades inferiores.

A nivel de rodal, el número de individuos propició que las mayores densidades de plantación concentraran el mayor volumen de madera de calidad FAS pero de menores dimensiones.

Los tratamientos con 375 y 162 a/ha fueron los únicos que permitieron obtener tablas con un ancho promedio superior a 185 mm (\cong 6 pulgadas) en más del 50 % de las piezas.

AGRADECIMIENTOS

Se agradece la colaboración en tareas de campo y aserradero del personal de INTA EEA Montecarlo en la persona de los señores Otto Eduardo Knebel, Diego Aquino, Roberto Oscar Kobs y Lucas Giménez. El proyecto fue financiado por INTA y la Unidad para el Cambio Rural del Ministerio de Agricultura, Ganadería y Pesca a través del PIA 10051.

5. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Bacon, M. H. 2010. *Determinación del incremento de rendimiento de madera de calidad en aserrado de Eucaliptus grandis Hill ex Maiden, proveniente de plantaciones con manejo forestal*. Tesis de grado. Ingeniería en Industria de la Madera. Facultad de Ciencias Forestales. Universidad Nacional de Misiones. 50 p.
- Barth, S. R.; A. M. Giménez; M. J. Joseau; M. E. Gauchat y H. E. Fassola. 2016. Compartimentalización de la biomasa aérea de *Grevillea robusta* A. en función a la densidad inicial de plantación. *Revista Scientia Florestalis* 44 (111). [en línea] Disponible en: <<http://www.ipef.br/publicacoes/scientia/leitura.asp?Article=11&Number=111>>

- Barth, S. R.; A. M. Giménez; M. J. Joseau; M. E. Gauchat; H. E. Fassola y E. H. Crechi. 2015. Comportamiento dendrométrico de *Grevillea robusta* A. implantada en Misiones, Argentina, a distintas densidades iniciales de plantación. *Revista Yvyrareta* 22: 11-23.
- Cademartori, P. H. G. de. 2010. *Qualidade da madeira serrada de Pinus elliottii Engelm procedente de florestas resinadas da região Sul do Rio Grande do Sul*. Trabalho de Conclusão de Curso - Faculdade de Engenharia Industrial Madeireira. Universidade Federal de Pelotas, Pelotas. Brasil. 82 p.
- Fahey, T. D. and J. K. Sachet. 1993. Lumber recovery of ponderosa pine in Arizona and New Mexico. USDA Forest Service Paper PNW-RP-467. Portland, Oregon, US, *Pacific Northwest Research Station*. 18 p.
- Fassola H.; E. Crechi; D. Videla y A. Keller. 2010. Estudio preliminar del rendimiento del aserrado de rollizos de rodales de *Pinus taeda* L. con distintos regímenes silvícolas. *Yvyrareta* 17:20-27.
- Fassola H.; J. Fahler; P. Ferrere; D. Alegranza y J. Bernio. 2002. Determinación del cilindro con defectos en rollizos podados de *Pinus taeda* L. y su relación con el rendimiento en madera libre de nudos. *Revista de Investigaciones Agropecuarias* 31(1):121-137.
- Fassola, H. E.; D. Videla; A. E. Keller; E. H. Crechi; R. A. Winck; S. R. Barth y E. De Coulon. 2012. Rendimiento y valor bruto en el aserrado de árboles *Pinus taeda* L. bajo manejo silvopastoril: estudio de caso. [CD] Actas 15as. Jornadas Técnicas Forestales y Ambientales. Facultad de Ciencias Forestales - UNaM / EEA Montecarlo - INTA. - Eldorado, Misiones, Argentina. 8 p.
- Hernández, M.; C. Zaderenko y S. Monteoliva. 2014. Efecto de las tensiones de crecimiento en el rendimiento y calidad del aserrado de *Eucalyptus dunnii*. *Maderas. Ciencia y tecnología* 16(4):403-412.
- InfoStat. 2014. Software desarrollado por: Di Rienzo, J. A.; F. Casanoves; M. G. Balzarini; L. González; M. Tablada y C. W. Robledo. Grupo InfoStat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina. URL <http://www.infostat.com.ar>.
- Köhl M.; S. Magnussen and M. Marchetti. 2006. *Sampling Methods, Remote Sensing and GIS. Multiresource Forest Inventory*. Ed. Springer. Berlin. Heidelberg. Serie Tropical Forestry, p. 17-69.
- Mäkelä, J. C.; G. Grace; K. Deckmyn and M. Campioli. 2010. Simulating wood quality in forest management models. *Forest A. Systems* 19:48-68.
- Martinez Pastur, G; J. M. Cellini; R. Vukasovic. 2004. *Aplicación de sistemas de regeneración con retención dispersa y agregada en bosques de Nothofagus pumilio de Tierra del Fuego. Aplicación a gran escala en un aserradero mediano*. Módulo Lengua. Subproyecto Aserradero. PIARFON BAP. 26 p.
- Murara Junior, M. I. 2005. Desdobro de toras de *Pinus* utilizando diagramas de corte para classes diamétricas. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba. Brasil. 67 p.
- Murara Junior, M. I.; M. Pereira Da Rocha; R. Timofeiczuk Junior. 2005. Rendimiento em madeira serrada de *Pinus taeda* para duas metodologias de desdobro. *Floresta*, 35(3): 473-483.
- Naselli I. y L. Leibas. 2008. Informe Industrial. Industria maderera y sector muebles. FAIMA-INTI. Editorial Melipal. N° 215. [en línea] [fecha de consulta: Julio 2015]. Disponible en <http://www.informeindustrial.com.ar/verNota.aspx?nota=Industria%20maderera%20y%20sector%20muebles__90.>
- NHLA. 2002. *The illustrated guide to American Hardwood lumber grades*. National Hardwood Lumber Association. United States. 24 p.
- Olandoski, D. P.; M. A. Brand e E. Gorniak. 1997. Avaliação do rendimento, quantidade, qualidade e aproveitamento de resíduos no desdobro de *Pinus* spp. 5° EVINCI - Evento de Iniciação Científica da UFPR. Curitiba. Brasil. P. 379.

- Rocha, M. P. 2000. *Eucalyptus grandis Hill ex Maiden e Eucalyptus dunnii Maiden como fontes de matéria prima para serrarias*. Tese (Doutorado em Engenharia Florestal) – Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, Brasil. 185 p.
- Serrano, R. 1991. Tecnología para el aserrío de trozas de diámetros menores. *Tecnología en marcha*. 12(1):89-98.
- SPE-MEFPN (Secretaría de Política Económica del Ministerio de Economía y Finanzas Públicas de la Nación). 2010. Plan de Competitividad Conglomerado Muebles de Madera de la provincia de Misiones. Programa de Competitividad del Norte Grande, préstamo BID 2005 OC/AR. Argentina. [en línea] [fecha de consulta: Marzo 2015]. 43 p. Disponible en: <http://www.mecon.gov.ar/programanortegrande/docs/misiones_muebles_pc_resumen.pdf>
- Steele, P. H. 1984. *Factors determining lumber recovery in sawmilling*. Gen. Tech. Rep. FPL-39. Madison, WI: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Forest Products Laboratory, 8 p.
- Valério, Á. F.; L. F. Watzlawick; R. T. Dos Santos; C. Brandelero e H. S. Koehler. 2007. Quantificação de resíduos e rendimento no desdobro de *Araucaria angustifolia* (Bertol.) O. Kuntze. *Floresta*, 37(3): 387-398.
- Videla, D. 2015. Rendimiento en aserraderos de coníferas y latifoliadas de la provincia de Misiones. Argentina. Cátedra Industrias Forestales I. Facultad de Ciencias Forestales. Universidad Nacional de Misiones. (Comunicación personal).
- Vital, B. R. 2008. *Planejamento e Operações de Serrarias*. Viçosa: UFV, Brasil. 211 p.
- Winck, R. A.; H. E. Fassola; D. Videla; T. M. Suirezs; M. C. Area. y R. V. Pezzutti. 2015. Calidad de madera de *Pinus taeda* de 20 años de edad proveniente de rodales con diferente manejo silvícola. Acta 3° Congreso Nacional de Sistemas Silvopastoriles - VIII Congreso Internacional de Sistemas Agroforestales. Iguazú. Misiones. Argentina. p 372-376.

