



ESTUDIO DE CASO: RENDIMIENTO Y CALIDAD DE MADERA DE *Pinus taeda* PROVENIENTE DE UN SISTEMA SILVOPASTORIL

CASE STUDY: SAWMILL YIELD AND WOOD QUALITY OF *Pinus taeda* FROM A SILVOPASTORAL SYSTEM

Winck, Rosa A. (1); Aldo E. Keller (1); Hugo E. Fassola (1); Ernesto H. Crech (1); Sara R. Barth (1);
Diego R. Aquino (1); Eduardo De Coulon (2); Knebel, Otto (1)

⁽¹⁾ Estación Experimental, INTA, Montecarlo, Misiones, Argentina.

⁽²⁾ De Coulon S.A. Jardín América, Misiones, Argentina.

winck.rosa@inta.gob.ar; Av. El Libertador N° 2472 (3384), Montecarlo, Misiones; Argentina.

Resumen

El objetivo de este trabajo fue evaluar el diámetro del cilindro con defectos, la oclusión de heridas de poda, la conicidad de las trozas y determinar el rendimiento bruto en el aserrado y por grados de calidad de la madera de trozas podadas obtenidas de una muestra de 6 árboles de *Pinus taeda*, proveniente de un rodal de 15 años manejado bajo régimen silvopastoril. Se aparearon los árboles, se trozaron, el tamaño de los rollizos se determinó a través de las mediciones de diámetros en cada extremo de las trozas, se determinó la conicidad y se aserraron. Luego las tablas fueron secadas en horno y tipificadas. Se cuantificó el rendimiento del aserrado por grados de calidad según normas "Factory" y "Selección/Apariencia". El rendimiento del aserrado fue 55,78 %, esto significa 212 p²/tn. El valor medio de conicidad fue de 2,25 cm/m, con valores máximos en las trozas 1 y 2 (inferiores) y mínimos en las trozas 3 y 4 (superiores). Se obtuvo un 30,9% del volumen de madera de la mejor calidad (moulding & better según norma "Factory"), que son piezas que contienen en su peor cara el 67% del área en cortes para molduras. Cuando se clasificó con la Norma "Selección/Apariencia", la cual prioriza cortes para la fabricación de muebles, se obtuvo un 25% de madera de la mejor clase de calidad (4 caras libres de defectos). Se concluye que el diámetro sobre muñón es un excelente indicador del diámetro del cilindro defectuoso. El manejo silvícola aplicado permitió obtener un importante rendimiento de madera de las mejores calidades según las normas aplicadas. Se encontró una relación prácticamente lineal entre el tamaño del árbol (dap) y el volumen de tablas obtenidas.

Palabras clave: madera libre de nudos; diámetro sobre muñón; normas de calidad.

Abstract

*The objective of this study was to assess the diameter of defective core, branch occlusion and to determine taper and sawmill gross yield and lumber quality of pruned logs obtained from a 6 tree sample from a 15-year-old *Pinus taeda* stand managed under silvopastoral regime. Trees were harvested, cut into logs, the size of the logs was determined through the measurements of diameters at each end of the logs, determined the taper and then sawed. The resulting tables were oven-dried and typified according to "Factory and "Select/"Appearance" standards. Sawing yield was 55.78%. Average log taper was 2.25 cm/m, with maximum values in logs 1 and 2 and minimum values in logs 3 and 4. 30.9% of volume obtained was best quality wood (moulding & better), in pieces showing 67% of the area suitable for moulding cuts in its worst side. When the tables were classified with the "Select/Appearance" standard, which prioritizes furniture manufacturing cuts, 25% of the best quality class of wood was obtained (4-side clears). It is concluded that the diameter over stubs is an excellent indicator of the defective core diameter. The silvicultural management applied showed a significant yield of best quality wood according to "Factory" and "Select/Appearance" standards. An almost linear relationship was found between the tree diameter (dbh) and the volume of tables obtained.*

Keywords: clearwood; diameter over stubs; wood quality standards.



INTRODUCCIÓN

El rendimiento bruto en el aserrado nos indica el volumen de producto obtenido en relación al volumen de trozas que ingresaron a la producción, mientras que el rendimiento por grados de calidad tiene en cuenta el volumen de tablas producidas que cumplen con los estándares de calidad fijada por una norma de clasificación, según las dimensiones de las piezas y la cantidad y tamaño de los defectos presentes. Es posible aumentar la proporción de madera de calidad recurriendo a ciertos tratamientos silviculturales. La poda, como una intervención silvícola, entre distintos objetivos persigue desarrollar madera libre de nudos eliminando ramas, que se refleja en una zona de oclusión entre el cilindro central defectuoso y el límite con la madera libre de defectos. Tal región varía dependiendo de la altura del árbol y la técnica de corte que se utilice (O'Hara 2007). Los rendimientos en madera aserrada libre de nudos o defectos (madera clear) que se pueden lograr a partir de rollizos podados, están definidos por el diámetro del árbol, el tamaño del "cilindro con defectos" (cd) y por el grado de eficiencia en el procesamiento de la madera. Thomas (2008), señala que para mejorar el valor y la calidad de la madera aserrada es clave disponer de información precisa sobre el tamaño, la forma y la localización de defectos internos de las trozas. Se entiende por cilindro con defectos al "cilindro que contiene la médula, los muñones de la poda, la oclusión de la herida de poda y las sinuosidades del fuste" (Park 1980). El tamaño de los rollizos se determina al momento del apeo a través de las mediciones de diámetros en punta gruesa y en punta fina de cada una de las trozas, mientras que el tamaño del cilindro con defectos está oculto dentro de la misma y su medición es posible mediante técnicas de aserrado de las trozas, re armando la troza con las tablas proveniente del mismo, localizando y registrando la presencia de nudos y cicatrización de las heridas (oclusión) luego de la poda. Existen antecedentes de relaciones existentes entre el diámetro del cilindro con defectos (dcd) y el diámetro sobre muñón (dmsm) (figura 1). Esta variable es posible medirla al momento de la realización de la poda.

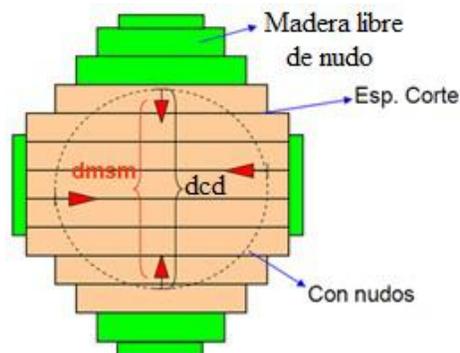


Figura 1. Representación gráfica del diámetro del cilindro con defectos (dcd) y el diámetro sobre muñón (dmsm). Fuente: Fassola *et al.*, 2012.

La determinación del diámetro del cilindro defectuoso también fue utilizada por otros autores para definir un índice de grado de la calidad de los rollizos. Park (1980) determinó las dimensiones del cilindro con defectos para evaluar distintos regímenes de poda, asociando el rendimiento porcentual en madera libre de nudos con relación al volumen total de la troza, con un índice, al que



denominó Índice de Grado (ig) (Park y Parker, 1983). El Índice de Grado (1) es un indicador de la calidad de un rollizo podado y surge del producto del diámetro a la altura de pecho (dap, cm) por el factor de conversión en el aserrado, en relación al dcd:

$$\text{Índice de grado (ig)} = \frac{(\text{dap (cm)} * \text{factor de conversión industrial})}{\text{dcd (cm)}} \quad (1)$$

También Fassola *et al.* (2002a, 2008 y 2012) realizaron estudios sobre el tema. Otros autores (Acevedo-Correa *et al.* 2015), considerando el cilindro central defectuoso, desarrollaron un método eficiente para aumentar el aprovechamiento volumétrico de los aserraderos que procesan trozas podadas, a través de la optimización 3D de la troza (optimizar el aserrado de una troza reconstruida tridimensional).

La hipótesis del trabajo es que a mayor diámetro del árbol y menor diámetro del cilindro con defecto de la troza podada, se obtiene un mayor rendimiento de madera en grados de calidad superior.

Objetivo general

Evaluar el diámetro del cilindro con defectos y su influencia en el rendimiento bruto en el aserrado y por grados de calidad de la madera de *Pinus taeda* de 15 años de edad proveniente de un sistema silvopastoril para usos de apariencia.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se utilizaron árboles provenientes de un rodal con manejo silvopastoril ubicado en la localidad de Jardín América, Misiones, sobre suelos de tipo Kandiudultes (clásicos suelos rojos). El material genético correspondía a *Pinus taeda* L. origen Marion y fue implantado en el año 1996.

El clima del área según la clasificación de Köppen es de tipo Cfa, macrotérmico, constantemente húmedo y subtropical (Rodríguez *et al.*, 2004). La precipitación media durante el período 1951-2009, fue de 1758 mm. La temperatura media anual fue en el mismo período de 21,5 °C, la temperatura media del mes más cálido y del mes más frío fueron de 26,6 °C y 16,2 °C respectivamente (Servicio Meteorológico Nacional, 2018). Sobre esta plantación se implementó un sistema silvopastoril, donde el objetivo de la producción fue la obtención de rollizos con destino al aserrado y/o laminados. Para ello se aplicaron podas y raleos desde edades tempranas. Se realizaron 5 raleos en total, uno perdido a los 2 años y 4 comerciales (4, 8, 10 y 15 años), que abastecieron aserraderos y una pequeña parte la industria celulósica. El régimen de podas y raleos intensivos llevó a alcanzar a los 7 años de edad, una altura de poda entre 8-8,5 m, con intervalos de 6-8 meses entre cada realce y dejando en pie 373 plantas/ha luego de los raleos. Las podas fueron realizadas entre los meses de marzo y septiembre. La herramienta empleada fue la tijera electrónica marca "Electrocoup" y el operario realizó la tarea empleando escalera a partir del 2^{do} realce de poda, de manera de trabajar cerca de la rama (Apud y Valdés, 1993; Fassola, 2001). A los 3 años se implantó "pasto jesuita gigante". A los 7 años de edad se estableció un sistema de inventario permanente que permitió evaluar la evolución del recurso y su respuesta al manejo silvícola aplicado.



En la tabla 1 se presentan las variables de estado al momento del apeo a los 15 años de edad.

Tabla 1. Variables de estado al momento del apeo a los 15 años de edad

Árboles (N°/ha)	Dap (cm)	H (m)	Hbcv (m)	G (m ² /ha)	Lcv (m)	Árboles por categoría diamétrica (cm)				
						35-40	40-45	45-50	50-55	55-60
121	45,3	25,8	11	19,5	14,8	30	23	45	15	8

N°/ha= número de árboles por hectárea; Dap= diámetro promedio a la altura de pecho (cm); H= altura promedio (m); Hbcv=altura hasta la base de la copa verde (m) G= área basal (m²/ha); Lcv=longitud de copa verde (m).

Para la realización del estudio a los 15 años de edad, se seleccionaron 6 árboles en total, 2 por clase diamétrica, "pequeños", "medianos" y "grandes" (Köhl *et al.*, 2006). En la tabla 2 se presentan las características de los árboles apeados.

Tabla 2. Características de los árboles apeados

N° Árbol	Diámetro (cm)	Altura (m)	Clase diamétrica
3	36,6	24,7	P
22	39,0	24,3	P
25	45,0	24,3	M
20	47,0	23,5	M
26	50,0	24,3	G
7	56,3	24,1	G

Dentro de cada clase diamétrica se tomaron 2 árboles al azar, que fueron trozados en largos comerciales, de 2,20 y 2,40 m. De los 6 árboles apeados, un total de 36 trozas se utilizaron para el estudio de rendimiento por grados de calidad y sobre 21 de ellas se determinó además el dcd, el dmsm, la distancia de la oclusión de la herida de poda. También se estableció el índice de grado (IG) (Park y Parker 1983), para ello se utilizó un factor promedio de conversión en el aserrado de 0,5578.

En cada troza obtenida se midieron los diámetros con y sin corteza en ambos extremos, longitud y flecha. El volumen con y sin corteza de las mismas fue estimado mediante la fórmula de Smalian. Las trozas podadas y no podadas, con diámetros superiores a 25 cm en punta fina, fueron aserradas mediante sierras de banda en su parte periférica y se obtuvieron tablas de 1 pulgada de espesor y la viga central fue aserrada en la misma dimensión recurriendo a sierras circulares múltiples. Las trozas con dimensiones menores a 25 cm en punta fina fueron aserradas con sierra circular múltiple. Se obtuvieron un total de 577 tablas, cada una de ellas fue identificada, numerada y secada en horno. Luego se realizó el relevamiento de defectos y se determinaron el dcd, el dmsm y la distancia



de la oclusión (cicatrización de la herida de poda). Paralelamente se determinó el rendimiento en el aserrado y la tipificación en base a las normas "Factory" y "Selección/Apariencia", que priorizan cortes para (i) la obtención de partes de puertas, ventanas y finger-joint y (ii) para la industria mueblera, respectivamente. En la tabla 3 se especifican las dimensiones que deben tener las tablas rústicas para clasificar según las normas.

Tabla 3. Dimensiones nominales de tablas rústicas según normas de clasificación.

Normas	Espesor (pulgadas)	Ancho (pulgadas)	Largo (pies)	Criterio de uso del producto
Factory	1½	6 a 8	8 a 16	Partes de puertas, ventanas y finger-joint
Selección/Apariencia	1, 1½, 2	4, 5, 6 y 8	8 a 16	Fabricación de muebles

La madera se clasificó con las Normas Factory para evaluar la producción de tablas por grados de calidad, pero en caso es necesario considerar, que la mayor proporción de trozas fueron cortadas en largo de 2,40 m (8 pies), que luego fueron despuntadas y resultaron en piezas con dimensiones finales de 7 pies de largo, cuando esta norma exige que las longitudes de las piezas sean mayor a 8 pies, ya que se pretenden obtener cortes predefinidos de puertas, ventanas y finger-joint según el grado de calidad de la madera.

Por otro lado, también se clasificó la madera siguiendo los criterios de las normas "Selección/Apariencia", se busca obtener cortes con óptimos rendimientos para la fabricación de muebles.

Se realizó un resumen estadístico de las variables dcd y dmsm y un ajuste mediante regresión simple entre ambas variables.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Cilindro con defectos

El dcd medio fue de 20,8 cm, el dmsm de 17,8 cm y la oclusión de la herida de poda promedio de 3 cm. Los valores de dcd medio son similares a los obtenidos por Fassola *et al.* (2008), que registraron valores de 18 a 31cm y 17 a 24,5 cm para rodales de *Pinus taeda* con manejo silvicultural similar, de Lipsia SA, y de De Coulon SA, de 20 y 11 años respectivamente. Los valores de dmsm encontrados por estos autores, fueron de 13 a 21 cm y de 14,2 a 19,8 cm para los respectivos rodales mencionados, y de 7 a 24,8 cm según Andenmatten *et al.* (2002). Estos autores consideraron que esta variabilidad entre los valores encontrados para dcd y dmsm, podrían deberse a la destreza de quienes ejecutaron la poda o bien a que existiera una influencia debido al diámetro de la rama.



En la Figura 2 se puede observar el patrón obtenido para el dcd, que aumenta con la altura del árbol dado que existe una influencia debido al diámetro de las ramas. Se obtuvieron valores de 14,37; 20,80; 29,33 cm de dcd mínimo, medio y máximo respectivamente y de 3,96 cm de desvío estándar.

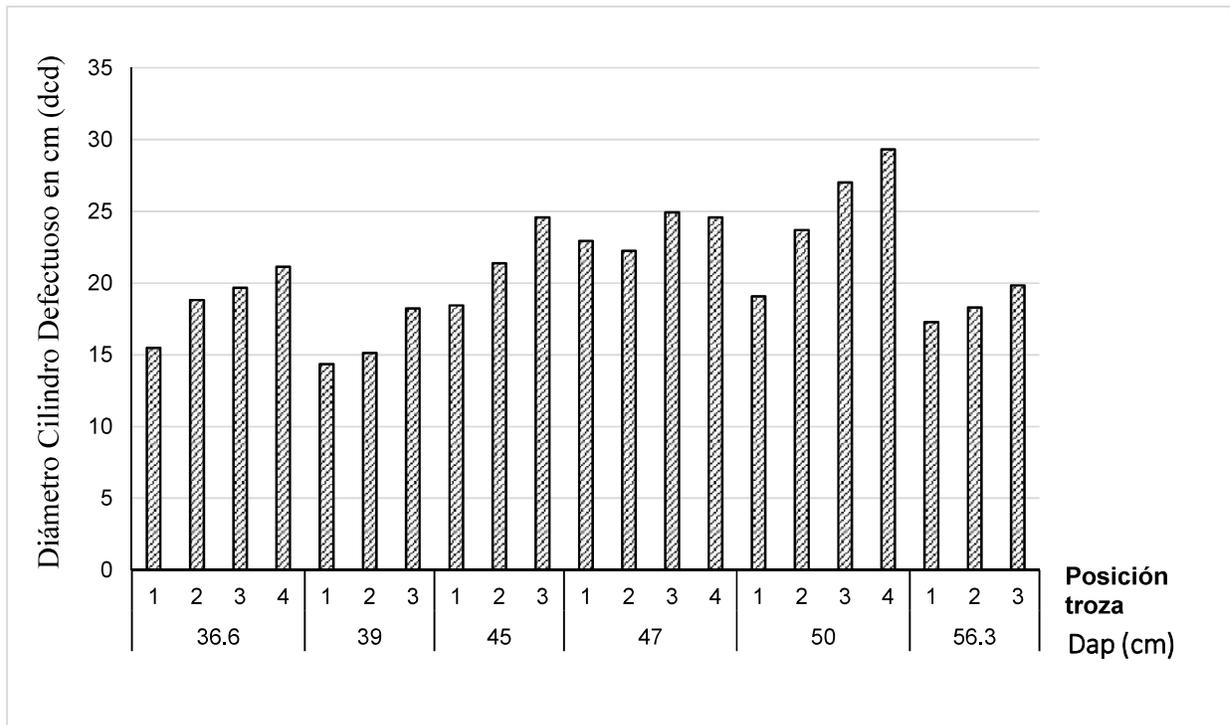


Figura 2. Diámetro medio del cilindro con defecto por troza

Se encontró una excelente relación entre el dcd y el dmsm (Figura 3), con un coeficiente de correlación de 0,9958 (R^2 ajustado= 99,16%).

Se podría emplear el dmsm (este es posible medir al momento de realización de la poda) para predecir el diámetro del cilindro con defectos.

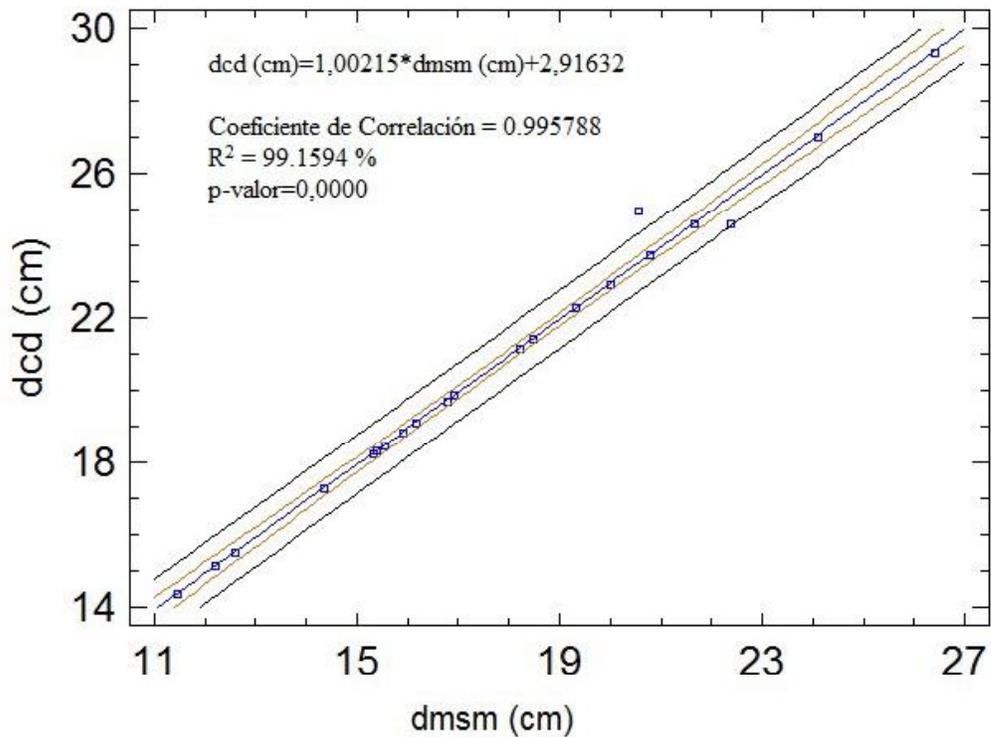


Figura 3. Relación entre el diámetro del cilindro con defecto (dcd) y el diámetro máximo sobre muñón (dmsm), (ajuste para un nivel de confianza del 95.0%).

En la tabla 4 se pueden observar un resumen estadístico para dcd y dmsm

Tabla 4. Resumen estadístico para dcd medio (cm) y dmsm medio (cm)

Variable	dcd	dmsm
Recuento	21	21
Promedio	20,8	17,8
Desviación estándar	3,96	3,93
Coefficiente de variación	19,05%	22,06%
Mínimo	14,37	11,45
Máximo	29,33	26,41
Rango	14,96	14,96
Sesgo estandarizado	0,64	0,68
Curtosis estandarizada	-0,35	-0,28

El coeficiente de variación para el dcd y dmsm fue de 19,05% y 22,06 %, respectivamente.



Fassola *et al.* (2002a) observaron una menor asociación entre el dmsm y el dcd. Estos autores también relacionaron el dmsm con el diámetro sobre oclusión (dso), y concluyeron que existe entre estas variables una asociación de carácter lineal, expresaron que el dmsm explica el 93,26 % de la variación del dso. También establecieron una alta asociación entre el dso y el dcd, explicando el primero un 82 % de la variación en el tamaño del cilindro que contiene los muñones y heridas de poda, como las sinuosidades de la médula.

Rendimiento en el aserrado

El volumen total con corteza de las 36 trozas fue 10,68 m³, sin corteza 9,62 m³, y el volumen de tablas, 5,36 m³, indicando un rendimiento total porcentual de 55,78 %. Este rendimiento equivale a 212 p²/tn, considerando la relación entre el volumen real de tablas secas y el volumen con corteza de trozas verdes que ingresaron al aserradero, y asumiendo una relación de 1 tn/m³.

Fassola *et al.* (2012), para esta misma muestra pero considerando el volumen total del árbol para determinar el valor bruto, alcanzó un rendimiento de 47%, en este caso los autores sostienen que el rendimiento en el aserrado se estaba subestimando.

En la Tabla 5 y en la Figura 4 se presenta la participación porcentual en volumen de tablas aserradas alcanzada para cada árbol, teniendo en cuenta todas las trozas obtenidas del mismo. Se puede notar que existe un aumento del rendimiento a mayor diámetro del árbol ($R^2=0,70$). A mayor diámetro también se obtienen más tablas libres de defectos que se pueden lograr luego de la cicatrización total de la herida ocasionada por la poda y mayor tamaño (espesor y ancho) de las piezas sin defectos, tal lo observado por Barth *et al.* (2017).

Tabla 5. Volumen de tablas obtenidas de cada árbol

dap (cm)	Vol Tablas (m ³)	Vol Tablas (%)
36,6	0,7425	13,84%
39,0	0,7790	14,52%
45,0	0,7963	14,84%
47,0	0,9917	18,49%
50,0	1,0496	19,56%
56,3	1,0056	18,75%
Total	5,3647	100,00%

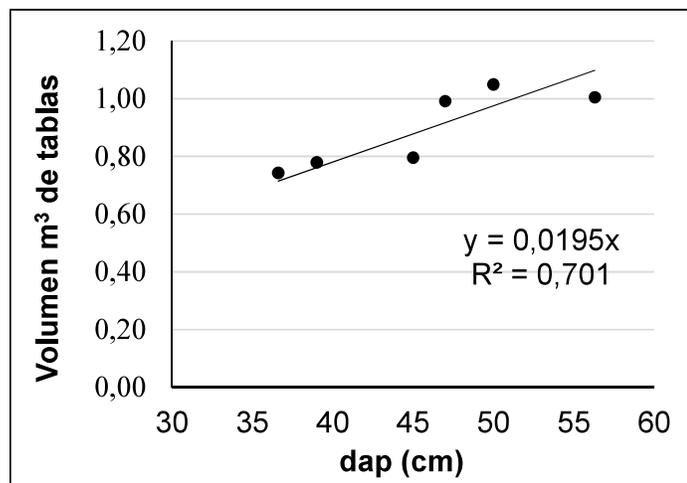


Figura 4. Relación entre el diámetro del árbol y el rendimiento % en tablas.



Conicidad de las trozas

Se obtuvo un valor medio de conicidad de 2,25 cm/m (Figura 5), el cual fue mayor en las 2 primeras trozas (inferiores), mínimos en las trozas 3 y 4 (intermedias) y luego aumentó en las trozas 5 y 6 (superiores). Este comportamiento se observó para los 6 árboles.

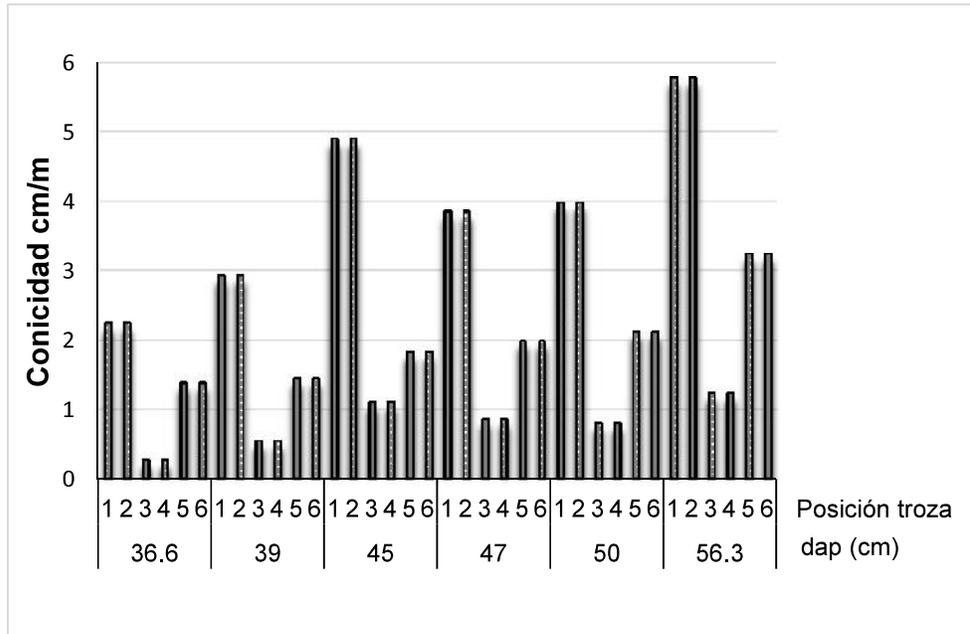


Figura 5. Conicidad en cm/m por troza

Rendimiento en madera libre de nudos

El Índice de Grado, con un factor promedio de conversión en el aserrado de 0,5578 arrojó un valor promedio de 1,25.

Los resultados fueron comparados con los obtenidos por Park (1983), quien alcanzó índices superiores a 1, y consideraba a este valor como límite inferior de una poda con posible retorno económico. La posibilidad existente a futuro de contar con rollizos de gran dap y dcd de dimensiones relativamente reducidas, permitiría alcanzar mayores IG (Fassola *et al*, 2002a).

Se ajustó una ecuación para estimar el IG de la parte podada del árbol a partir del dap, y resultó la siguiente:

$$\text{IG Árbol} = 0,0170176 * \text{dap (cm)} + 0,476927 \quad (P <= 0,05)$$

El coeficiente de correlación entre el IG Árbol y el dap fue de 0,45 indicando una relación relativamente débil entre las variables, lo que resulta razonable considerando que el diámetro del cilindro defectuoso también tiene un peso igualmente importante, pero que se podría utilizar como un estimador, asumiendo que las podas fueron realizadas en tiempo y forma de manera de asegurar

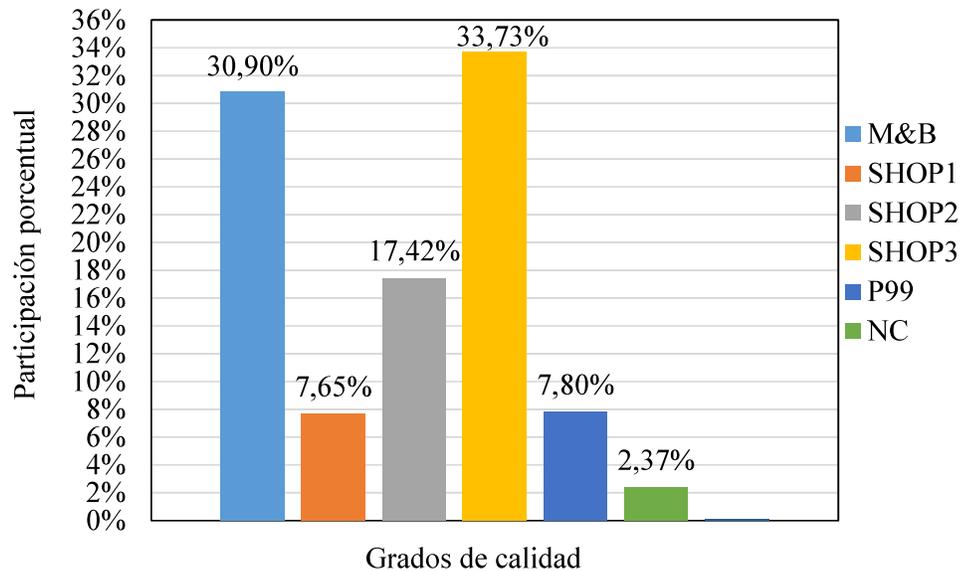


un cilindro defectuoso mínimo y relativamente parejo a lo largo de la zona podada. De esta manera se puede deducir que para que un árbol podado tenga un valor de IG de 1 (valor mínimo de una poda con posible retorno económico) su dap debería ser mayor a 32 cm con corteza.

Rendimiento por grado de calidad según normas "Factory"

Casi un tercio (30,9%) del volumen fue de la mejor calidad (moulding & better, M&B).

La mayor proporción (33,73%) de volumen correspondió a la calidad Shop 3 (Figura 6). En este caso cada pieza contiene en su peor cara, al menos 30% del área en cualquier combinación de las alternativas que se indican: cortes para puertas de calidad mixta 1 y 2, cortes para ventanas, cortes para los marcos de puerta, ventanas y vierteaguas, cortes para molduras.



Leyenda: M&B: cortes para moldura (mejor calidad), Shop 1, Shop 2 y Shop 3: son cortes para puertas y ventanas, de mayor a menor calidad respectivamente), P99 (cortes para finger-joint) y NC (no clasifica).

Figura 6. Rendimiento por grados de calidad según norma "Factory".

Por otro lado, cuando se analizaron los porcentajes de madera de calidad según la posición de la troza en el árbol, quedó reflejado que en las trozas superiores es menor la presencia de madera de mayor calidad, obteniéndose un 13,56%; 9,39%; 5,64%; 1,97%; 0,17% y 0% de M&B en las trozas 1, 2, 3 4, 5 y 6, respectivamente (Tabla 6). Es decir, disminuyó la madera de calidad (M&B) y aumentó el volumen de madera de las calidades inferiores con la mayor altura de troza en el árbol, comportamiento esperable debido a la presencia de ramas.



Tabla 6. Participación porcentual de cada grado de calidad según la posición de la troza en el árbol

Grados de Calidad Normas Factory								
Posición Troza en el Árbol	M&B (%)	SHOP1 (%)	SHOP2 (%)	SHOP3 (%)	P99 (%)	NC (%)	Desp. (%)	Total general (%)
1	13,56	1,80	0,88	2,98	0,22	0,10	0,09	19,63
2	9,39	0,17	1,93	2,49	2,51	0,50	0,00	16,99
3	5,64	1,49	1,66	4,31	1,24	0,08	0,00	14,42
4	1,97	3,50	3,82	6,06	1,87	0,59	0,00	17,82
5	0,17	0,65	5,99	10,44	1,56	0,00	0,00	18,82
6	0,00	0,00	3,09	7,72	0,39	1,09	0,03	12,32
Total general (%)	30,72	7,61	17,37	34,00	7,81	2,36	0,13	100,00

Considerando solamente las trozas podadas, la madera de mayor calidad (M&B) representó el 62,67% del volumen total obtenido de las 2 primeras trozas (Tabla 7). Esto constituye una información muy importante, ya que nos puede servir de herramienta para negociar la compra/venta de madera de plantaciones en pie, y poder estimar los rendimientos aproximados de cada troza y poder decidir a priori el destino final de cada una de ellas, como así también poder estimar el diferencial de precio que se podría pagar a un proveedor que ofrezca madera podada.

Tabla 7. Participación porcentual de los grados de calidad "Factory" en trozas podadas

Volumen % Grado Factory								
Troza Podada	M&B (%)	SHOP1 (%)	SHOP2 (%)	SHOP3 (%)	P99 (%)	NC (%)	Desp. (%)	Total general (%)
1	37,02	4,90	2,41	8,14	0,60	0,27	0,26	53,60
2	25,65	0,45	5,28	6,79	6,86	1,36	0,00	46,40
Total general (%)	62,67	5,36	7,69	14,93	7,47	1,63	0,26	100,00

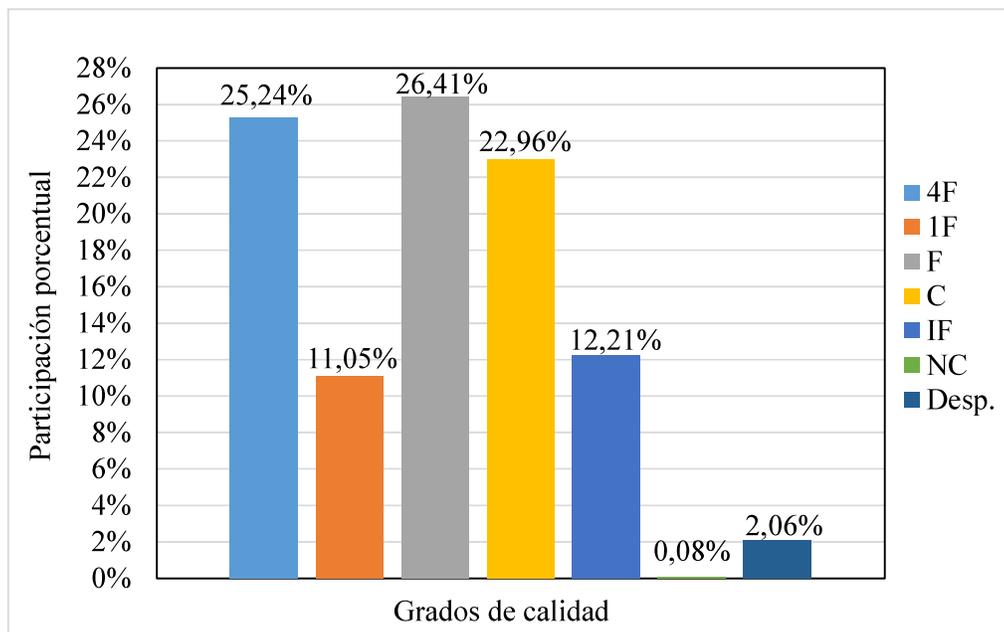
El rendimiento en grados de calidad "Factory", sobre todo de la calidad M&B aumentó con el diámetro del árbol. Para este estudio los anchos fueron de 3, 4, 5, 6, 8, 10, 12, 14, 15 y 16 pulgadas



y los rendimientos en M&B fueron de 26,53%, 29,36%, 11,48%, 22,95%, 49,36%, 61,76%, 71,43%, 100%, 100%, 100% respectivamente. En las tablas de 14, 15 y 16 pulgadas de ancho, la totalidad de la madera fue clasificada como la de mayor calidad. Estas fueron obtenidas de la madera lateral del rollo, luego de la oclusión de la herida de poda. Cabe destacar que fueron pocas piezas (menos del 1%) las que alcanzaron estos anchos. La mayoría de las piezas fueron cortadas en anchos 6" (56,13%), 8" (14,86%) y 4" (10,38%).

Rendimiento por grado de calidad según norma "Selección/Apariencia"

Cuando se clasificó a la madera siguiendo los criterios de las normas "Selección/Apariencia", el 25% de la madera aserrada estuvo representada por la clase de mejor calidad (4 caras libres de nudos) (Figura 7).



Leyenda: 4F: producto con 2 caras y 2 cantos libres de defectos; 1F producto con 1 cara libre de defectos, F: cortes para muebles; C: cutstoks; IF: cortes para interior de muebles, NC: no clasifica, Desp.: despunte, ordenados de mayor a menor calidad respectivamente.

Figura 7. Rendimiento porcentual por grados de calidad según la Norma "Selección/Apariencia".

Los cortes de las mejores calidades, tanto 4F como 1F se lograron en las trozas 1 y 2 y disminuyeron para las trozas subsiguientes hacia el ápice del árbol. Considerando solamente las trozas podadas, (1 y 2) se obtuvo un 49,16% y 18,96% del volumen total obtenido de estas trozas en las calidad 4F y 1F, respectivamente. Además, el porcentaje de maderas que clasificó por normas "Selección/Apariencia" aumentó con el tamaño del árbol.

Con árboles de mayores dimensiones (dap) y con menores valores de diámetros del cilindro con defectos, logrado mediante la poda, permitió alcanzar un mayor rendimiento de madera en grados de calidad superior, clasificado con ambas normas de tipificación de madera. También Fassola *et al.*



(2012), comparando rodales de 11 y 15 años con manejo bajo un régimen silvopastoril, concluyeron que el rendimiento bruto en madera aserrada y su valor bruto por hectárea, con la madera clasificada bajo norma Factory fue superior para el rodal de mayor edad, debido al efecto de la poda y al diámetro mayor de los individuos.

CONCLUSIONES

El diámetro máximo sobre muñón es un excelente indicador del diámetro del cilindro defectuoso. El diámetro del cilindro que contiene los defectos (dcd) resultante de la muestra analizada de rollizos podados de *Pinus taeda*, presentó una alta asociación, de carácter lineal, con el diámetro máximo sobre muñones. Esto indica la necesidad de registrar los valores de diámetros máximos sobre muñones al momento de las podas, ya que a partir del mismo se puede estimar el diámetro del cilindro con defectos, y a su vez es un buen predictor del rendimiento de madera libre de nudos en rollizos podados.

Se alcanzaron buenos ajustes en la predicción del rendimiento bruto en el aserrado. Se encontró una relación prácticamente lineal entre el tamaño del árbol (dap) con el volumen de tablas obtenidas.

La conicidad alcanzó mayores valores en las 2 primeras trozas y menores en las trozas cercana al ápice del árbol.

Se alcanzaron mayores rendimientos por grados de calidad según normas "Factory" y "Selección/Apariencia" en árboles de mayores diámetros.

Agradecimientos

Un especial agradecimiento a la empresa De Coulon SA por facilitarnos el ensayo y al aserradero Imamura S.A. por realizarnos el aserrado de la madera sin costo.

Bibliografía

- Acevedo-Correa, C.; Ramos-Maldonado, M.; Monsalve-Lozano, D. 2015. Optimización 3d de patrones de corte para trozas de pino radiata con cilindro central defectuoso. *Maderas-Cienc Tecnol* 17(4). DOI: 10.4067/S0718-221X2015005000039.
- Andenmatten, E.; Fassola, H.; Letourneau, F.; Ferrere, P.; Crechi, E.; 2002. Predicción de diámetro sobre muñones en *Pinus taeda* L. origen Marion, mediante curvas de perfil de fuste. *RIA*, 31 (3): 103-118. INTA, Argentina.
- Apud E. y Valdés S. 1993. Ergonomía en el Sector Forestal Chile. En: *Unasyuva* 44 nº:31-37. FAO. Roma
- Barth, S. R.; A. M. Gimenez; M. J. Joseau; M. E. Gauchat y D. Videla (2016). Influencia de la densidad de plantación y la posición sociológica en el rendimiento y la calidad de madera aserrada de *Grevillea Robusta* A. *Revista de Ciencias Forestales – Quebracho* Vol.24(1,2):47-58 – Diciembre 2016.
- Fassola H.E.; Ferrere P.; Rodríguez F. 2002b. Predicción del diámetro máximo sobre muñón en árboles podados de *Pinus taeda* L. origen Marion en el NE de Corrientes, Argentina. *Bosque* 23 (1): 3-9.
- Fassola HE. 2001. Gestión de la calidad del proceso de trabajo de poda en una PYME de servicios forestales. Tesis de aprobación de maestría. Facultad de Ciencias Económicas. Universidad Nacional de Misiones. PP 107.
- Fassola HE; Crechi EH; Videla D; Keller A. 2008. Estudio preliminar del rendimiento en el aserrado de Rollizos de rodales de *Pinus taeda* L. Con distintos regímenes silvícolas. XIII Jornadas Técnicas Forestales y Ambientales. Facultad de Ciencias Forestales, UNaM – EEA Montecarlo, INTA. Eldorado, Misiones, Argentina.



Fassola HE; Videla D; Keller AE; Crechi EH; Winck RA, Barth SR; De Coulon E. 2012. Rendimiento y valor bruto en el aserrado de árboles *Pinus taeda* L. Bajo manejo silvopastoril: estudio de caso. 15^{as} Jornadas Técnicas Forestales y Ambientales. Facultad de Ciencias Forestales, UNaM - EEA Montecarlo, INTA. Eldorado, Misiones, Argentina.

Fassola, HE; Fahler J; Ferrere P; Alegranza D; Bernio J. 2002a. Determinación del cilindro con defectos en rollizos podados de *Pinus taeda* L. y su relación con el rendimiento en madera libre de nudos. RIA. Revista de Investigaciones Agropecuarias, 31 (1): 121-137. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria. Buenos Aires, Argentina.

O'Hara, K. 2007. Pruning wounds and occlusion: a long-standing conundrum in 367 forestry. Journal of Forestry 105 (3):131-138.

Park, J.C.; 1980. A grade index for pruned butt logs. New Zealand Journal of Forestry. 10 (2): 419-438

Park, J.C.; Parker, C.E.; 1983. Regional validation studies of pruned radiata pine butt logs sawn boards. FRI Bulletin 51: 1-26. Rotorua New Zealand.

Rodríguez M.E., Cardozo A., Ruiz Díaz M., Prado D. E. 2004. Los bosques nativos misioneros: estado actual de su conocimiento y perspectivas. Disponible en: Ecología y Manejo de los bosques de Argentina. Ed.: Arturi M., Frangi J., Goya J. EDULP. La Plata. P.p 3-33.

Servicio Meteorológico Nacional. 2018. Ministerio de Defensa, Presidencia de la Nación. Caracterización: Estadísticas de largo plazo. Valores climatológicos medios 1981-2010. <https://www.smn.gov.ar/caracterizacion/estadisticas-de-largo-plazo> visitado el 02/03/2018.

Thomas, E. 2008. Predicting internal Yellow-Poplar log defect features using Surface 377 indicators. Wood and Fiber Science 40 (1): 14-22.