

ARTÍCULO CIENTÍFICO

Rendimiento en el aserrado por grados de calidad para apariencia y remanufactura en taxones de pinos en el Noreste de Argentina

Sawing yield by quality grades for appearance and factory in pine taxa in NE Argentina.

DOI: <https://doi.org/10.36995/j.yvyraret.2024.32.002>

Recibido 27 de febrero de 2024; aceptado 10 de octubre de 2024

Rosa Ángela Winck ^{1,2}, Ector Cesar Belaber ², Diego Rolando Aquino ², Christian Bulman Hartkopf ^{2,3}, Cristian Andrés Rotundo ², María Elena Gauchat ^{1,2}, Hugo Enrique Fassola ²

¹ Universidad Nacional de Misiones. Facultad de Ciencias Forestales. Eldorado. Misiones. Argentina. rosa.winck@fcf.unam.edu.ar

² Instituto Nacional de Tecnología Agrícola. Estación Experimental Agropecuaria. Grupo Forestal Montecarlo. Misiones. Argentina.

³ Consejo Nacional de Investigaciones en Ciencia y Técnica. Montecarlo. Misiones. Argentina.

Resumen

La calidad de la madera aserrada destinada a usos de apariencias y remanufactura es fundamental cuando su principal destino es el mercado externo. El objetivo de este trabajo fue evaluar el rendimiento de la madera en grados *Clear*, *Factory* y *Clear + Moulding & Better* por taxones y estratos. Se muestrearon en un ensayo 42 árboles de 7 taxones de *Pinus spp.* El mayor rendimiento en m³ de tablas *Clear* se logró para el taxón F₁×PCH, en grados *Factory* para F₁, PT y PEE×F₁ y para *Clear + Moulding & Better* fueron iguales entre los taxones. Mientras que, estos rendimientos expresados en % fueron similares entre materiales genéticos. Respecto al factor estrato, tanto el rendimiento absoluto como el relativo fue superior para árboles dominantes, a excepción para el grado *Factory* en % que fue mayor para el estrato suprimido. Una mayor proporción de madera de calidades superiores, *Clear* y *Moulding & Better* se logró con los híbridos entre especies y las retrocruzas. Los resultados alientan la producción de estos materiales genéticos para atender a demandas del mercado externo.

Palabras Clave: Madera de exportación; Molduras; Componentes de puertas y ventanas; Clasificación.

Abstract

The quality of sawn wood intended for appearance uses and remanufacturing, is crucial when its main destination is the foreign market. The aim of this study was to evaluate the yield of wood in *Clear*, *Factory*, and *Clear + Moulding & Better* grades by taxa and strata. A total of 42 trees from 7 *Pinus spp.* taxa were sampled in a trial. The highest yield in m³ of *Clear* boards was achieved for the taxon F₁×PCH, in *Factory* grades for F₁, PT, and PEE×F₁, and for *Clear + Moulding & Better*, the yields were equal among the taxa. Meanwhile, these yields expressed as percentages were similar among the genetic materials. Regarding the stratum factor, both absolute and relative yields were higher for dominant trees, except for the *Factory* grade in percentage, which was higher for the suppressed stratum. A higher proportion of superior quality wood, *Clear* and *Moulding & Better*, was achieved in the hybrids between species and

the backcrosses. The results encourage the production of these genetic materials to meet the demands of the foreign market.

Keywords: Timber of export; Moldings; Doors and windows components; Classification.

Introducción

La industria de la remanufactura se basa en la madera sólida y su transformación en productos de mayor valor agregado (Vilches Zurita, 2005). Entre los principales productos elaborados para esta industria, se destacan los *blocks*, *blanks*, molduras, *blanks* laminados y paneles. Constituyendo una opción muy atractiva para mejorar la competitividad de los aserraderos, optimizando el aprovechamiento de la materia prima mediante la eliminación de defectos y obtención piezas/productos *Clear*. En EE.UU. el consumo de molduras de madera y sus productos remanufacturados (*Wood Mouldings & Millwork Products*, WMMP) aumentó entre 2017 y 2019, pasando en ese período de 27,6 a 28,3 millones de m³. Este mercado es abastecido por maderas de coníferas proveniente del sur este de EE.UU. e importaciones principalmente de China (USIT Commission, 2021). Argentina participó en este mercado en el año 2021 exportando principalmente maderas perfiladas de pino por U\$S 57 millones (INDEC, 2022). La madera con mayor participación para esta industria proviene mayoritariamente de plantaciones de *Pinus taeda* L. (PT) y *Pinus elliottii* Engelm (PEE) y últimamente se ha incrementado la superficie implantada con el híbrido de *Pinus elliottii* var. *elliottii* Engelm × *Pinus caribaea* Morelet var. *hondurensis* Barrett y Golfari (PEE×PCH).

La existencia de un ensayo de taxones de pinos, perteneciente a una red de ensayos instalada por el INTA en el año 1996, permitió evaluar aspectos de la dinámica de crecimiento, la estructura de copa (Belaber et al., 2018, 2022; Cappa et al., 2013), la calidad de rollizos y su rendimiento total en el aserrado (Belaber et al., 2023), brindando la posibilidad de determinar las diferencias entre 7 taxones de *Pinus spp.* en cuanto a los rendimientos en el aserrado de rollizos basales en grados de calidad Apariencia-*Select* (WWPA, 2021b) y *Factory* (WWPA, 2021a). A su vez determinar los rendimientos en el aserrado de rollizos basales en grados de calidad superiores (madera *Clear* y *Moulding & Better*) teniendo en cuenta ambas normas.

Materiales y métodos

Los rollizos se obtuvieron de un ensayo de 18 taxones de *Pinus spp.* implantado en el año 1996 en una propiedad de la EEA INTA Cerro Azul, Misiones (27°39'18.89"S, -55°25'48.80"O) (Figura 1), no recibieron tratamientos de raleos y podas.

En el ensayo se seleccionaron 7 taxones por su difusión regional y su desempeño en crecimiento en las evaluaciones realizadas con anterioridad (Belaber et al., 2018, 2022, 2023; Cappa et al., 2013). Cinco de los taxones procedían de CSIRO (Australia) y corresponden a *Pinus caribaea* var. *hondurensis* (PCH), las F₁ y F₂ del híbrido PEE×PCH (*Pinus elliottii* var. *elliottii* Engelm × *Pinus caribaea* var. *hondurensis*) y las retrocruzas de este híbrido por sus parentales

($F_1 \times PCH$ y $PEE \times F_1$). Los dos taxones restantes se correspondían con materiales de procedencia local, PEE del huerto semillero clonal (HSC) del INTA Cerro Azul, Misiones y *Pinus taeda* (PT), procedencia Marion County del HSC de Arauco SA, Misiones. El diseño de plantación corresponde a cuatro bloques con tratamientos distribuidos al azar en parcelas cuadradas de 25 árboles implantados a un distanciamiento de 3 × 3 m. Mayores detalles de los materiales ensayados y de las características del sitio pueden verse en Cappa et al. (2013).

A los 23 años se midió el ensayo y se seleccionaron al azar 42 ejemplares, constituidos por 6 árboles por taxón (2 de cada estrato, dominante (D), codominante (CD) y suprimido (S)). En la Tabla 1 se presenta un resumen de las variables medidas correspondientes a los árboles selectos de cada taxón.

Figura 1. Ubicación del ensayo de taxones de pinos subtropicales y tropicales
Figure 1. Trial location of subtropical and tropical pine taxa

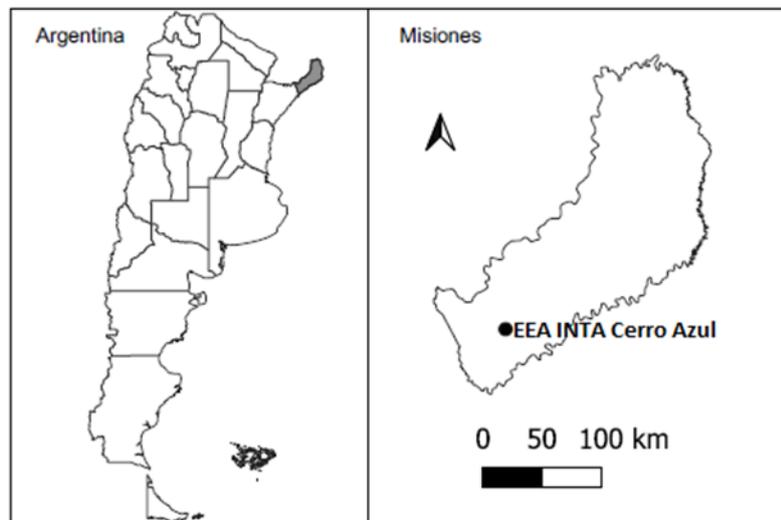


Tabla 1. Variables de los ejemplares apeados de cada taxón
Table 1. Variables of the removed specimens of each taxon

Taxones	N	dap (cm)	hbcv (m)	h (m)
PT	6	32,9	22,4	36,2
PEE	6	24,8	19,4	29,5
PCH	6	32,6	19,8	32,6
F_1	6	32,4	20,5	34,5
F_2	6	28,1	18,5	31,3
$F_1 \times PCH$	6	27,9	16,6	30,7
$PEE \times F_1$	6	30,9	19,4	33,0

Nota. Donde: N: número de árboles apeados; dap: diámetro medio a la altura de pecho (1,3 m); hbcv: altura media de la base de copa verde; h: altura media.

Los árboles fueron apeados y trozados en 3,10 m de longitud (Figura 2a). En la troza basal se midió el diámetro en punta gruesa y en punta fina, con y sin corteza. Mediante el

empleo de la fórmula de Smalian se estimó el volumen con y sin corteza de los rollizos. Los rollizos fueron transportados a la industria (Figura 2b), y aserrados siguiendo un patrón de cortes paralelos, obteniéndose tablas de 28 mm de espesor. Luego se secaron en horno hasta aproximadamente un 12 % de contenido de humedad.

Figura 2. Trozado de rollizos basales (a) y transporte a la industria (b)
Figure 2. Cross cutting of basal logs (a) and transport to the industry (b)



De todas las piezas obtenidas se registraron las dimensiones, luego las tablas (Figura 3a) con las caras y/o cantos sin nudos, fueron tipificadas por grados de calidad de Apariencia o selección, de acuerdo a las normas desarrolladas por Arauco SA, en base a las normas de *Wood Western Forest Products* (WWPA, 2021a) y utilizadas anteriormente por Fassola et al. (2008). Se estimó el volumen de cada tabla tipificada y el volumen de cada grado de calidad de madera libre de nudos (*Clear*) presente en cada rollizo. También se estimó la participación porcentual en relación al volumen total de tablas obtenidas.

Paralelamente, las tablas con nudos fueron tipificadas con la norma de Industria y Remanufactura (*Factory*) también desarrollada por Arauco SA, considerando los grados de calidad *Moulding & Better (M&B)*: con aptitud para molduras (mejor calidad) (Figura 3b). Para que una pieza clasifique como *M&B* es necesario que la tabla en su peor cara contenga el 67 % (2/3) del área en cortes para molduras, cuyas dimensiones mínimas deben ser 1" de espesor, 2 ¼" - 3" de ancho y 10' de largo. Otros grados de calidad son: *Shop1*, *Shop2* y *Shop3*: destinados a componentes de puertas y ventanas (Figura 3c); *P99*: para *finger-joint* o construcción de tableros y *NC*: no clasifica.

Figura 3. Tablas aserradas (a), Tipificación de la madera en grados de calidad *Factory*: cortes con aptitud para molduras y productos superiores (b) y cortes con aptitud para puertas y ventanas (c)
Figure 3: Sawn boards (a), classification of wood in quality grades *Factory*: Cuts suitable for moldings and superiors' products (b) and boards suitable for doors and windows (c).



En la tabla 2 se especifican las dimensiones que deben tener las tablas rústicas para clasificar según las normas.

Tabla 2. Dimensiones nominales de tablas rústicas según normas *Factory* de clasificación
Table 2. Nominal dimensions of rustic boards according to *Factory* classification standards

Normas	Espesor (")	Ancho (")	Largo (')	Criterio de uso del producto
<i>Factory</i>	1½	6 a 8	8 a 16	Molduras, componentes de puertas, ventanas y <i>finger-joint</i> .
<i>Select</i>	1, 1½, 2	4, 5, 6 y 8	8 a 16	Madera <i>Clear</i> en caras/cantos.

Con las dimensiones del ancho, espesor y largo, se calculó el volumen por tabla tipificada, por rollizo y la media de los 6 rollizos por taxón, considerando la participación del volumen de cada grado de calidad para remanufactura. También se estimó la participación porcentual en relación al volumen total de tablas obtenidas. Asimismo, se estimó la participación porcentual para los grados de calidad superior tipificada con cada norma (*Clear*, *Moulding & Better*) y la suma de ambas categorizaciones (*Clear + Moulding & Metter*) ya que estas constituyen la madera de mayor valor de mercado en relación al volumen total de tablas obtenidas.

Para analizar el volumen y el porcentual de madera sin nudos (Apariencia), con nudos (Remanufactura) y la madera de las clases superiores (*Clear* y *Moulding & Metter*) que clasificó para cada taxón y estrato, se utilizó el *software* Infostat (Di Rienzo et al., 2008). Se realizó un análisis con Modelos Lineales Generales Mixtos y comparación de medias mediante la prueba DGC (Di Rienzo et al., 2002). Se empleó un nivel de significancia de 5 %. Los valores

porcentuales fueron transformados con la función arco seno a los fines de normalizar la distribución de los datos y estabilizar las varianzas.

Resultados y discusión

Madera sin nudos tipificada por Apariencia (norma *Select*)

En la Tabla 3 se presenta los valores medios del volumen (en m³ y en %) que clasificó por norma de Apariencia por taxones y estratos.

Tabla 3. Rendimiento medio volumétrico y porcentual en el volumen de tablas *Clear* de los rollizos basales por taxón de pino y por estrato social del árbol tipificadas por norma de Apariencia

Table 3. Average volumetric and percentage yield in *Clear* lumber of the basal logs by pine taxon and by social stratum of the tree typified by Appearance standard

Taxones	Volumen <i>Select</i> (m ³)	Volumen <i>Select</i> (%)
PT	0,076 (0,02) b	24,0 (0,08)+ a
PEE	0,024 (0,01) b	22,6 (0,08)+ a
PCH	0,051 (0,01) b	40,0 (0,08)+ a
F ₁	0,064 (0,01) b	38,3 (0,08)+ a
F ₂	0,050 (0,01) b	34,5 (0,08)+ a
F ₁ ×PCH	0,101 (0,02) a	39,8 (0,08)+ a
PEE×F ₁	0,049 (0,01) b	32,8 (0,08)+ a
Estratos		
Dominante	0,096 (0,01) a	50,5 (0,05)+ a
Codominante	0,043 (0,01) b	30,4 (0,05)+ b
Suprimido	0,039 (0,01) b	18,5 (0,05)+b

Nota. (): Error estándar; ()+: error estándar correspondiente al arco seno del %; Medias con letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$).

Hubo diferencias significativas ($p \leq 0,05$) en la producción volumétrica en m³ de madera libre de nudos (en 1, 2, 3 y 4 caras/cantos) entre taxones. F₁×PCH arrojó el mayor valor medio, que fue superior respecto al de PT, que es una de las especies más cultivada en la región NE del país. Según Belaber et al. (2023), el F₁×PCH fue el tercer taxón con el mayor diámetro en punta fina sin corteza. En cuanto al rendimiento porcentual no hubo diferencias significativas ($p > 0,05$) entre taxones. Sin embargo, con una tendencia de mayor porcentual para F₁×PCH y PCH (40%), seguido por F₁ con 38%), F₂ con 35% y PEE×F₁ con 33%. Mientras que PEE y PT exhibieron valores del 23% y 24%, respectivamente. Los altos rendimientos en madera sin nudos, en especial de los materiales híbridos, considerando que no se practicaron podas ni raleos y aparte de la edad, puede atribuirse al tamaño de ramas, acumulación de biomasa en fuste y tasa de crecimiento (Belaber et al., 2022).

En contraste PT que, si bien presenta una alta tasa de crecimiento, su conicidad y acumulación de biomasa en ramas en proporción al fuste, afectan el proceso de aserrado y limita los grados de calidad a obtener (Belaber et al., 2022; 2023).

Según Belaber et al. (2022) para este ensayo la mayor supervivencia a los 23 años se observó para PCH y F₁×PCH con más 81% y 78%, respectivamente, con diferencias significativas respecto de los otros taxones, que presentaron un 72% o menos de supervivencia. Esto podría ser un indicador de la capacidad de estos taxones de soportar, en mayor medida la competencia entre individuos. Los mayores diámetros a la altura de pecho se dieron para los taxones PT, PCH, F₁ y la retrocruza PEE×F₁, lo que explica en parte, el mayor rendimiento en madera libre de nudos para algunos de los taxones. Según Belaber et al. (2023), el taxón F₁ exhibió el valor más elevado de diámetro en punta fina sin corteza del rollizo basal y un menor valor medio de conicidad, respecto a PT. Los factores recientemente mencionados definen el rendimiento por grados de calidad en Apariencia en el proceso de aserrado (Fernandez et al., 2017). Considerando que las exportaciones de madera perfilada se basan principalmente en grados de Apariencia (INDEC, 2022), incrementar la participación de la madera *Clear* favorece la competitividad de la industria orientada a productos de carpintería de EE.UU.

Por otro lado, se observaron diferencias significativas ($p \leq 0,05$) en la producción de tablas tipificadas (en m³ y %) por las normas de Apariencia entre estratos. Con los mejores grados de calidad para la madera proveniente del estrato dominante (D), lo cual es muy razonable debido al mayor tamaño del individuo, coincidiendo con lo encontrado por Winck et al. (2018) para *Pinus taeda* de 15 años de edad con manejo silvopastoril. En plantaciones comerciales las proporciones de madera de Apariencia (libre de nudos) podrían mejorarse con la aplicación de tratamientos silvícolas como podas y raleos.

Madera con nudos tipificada para la Industria de la Remanufactura (norma *Factory*)

En la Tabla 4 se presenta el rendimiento medio volumétrico y porcentual de tablas con nudos tipificadas por norma *Factory* de los rollizos basales por taxones.

Tabla 4. Rendimiento medio volumétrico y porcentual de tablas con nudos de los rollizos basales de taxones de pino tipificadas por norma *Factory*

Table 4. Average volumetric and percentage yield of boards with knots of basal logs pine taxa typified by *Factory* standard

Taxones	Volumen <i>Factory</i> (m³)	Volumen <i>Factory</i> (%)
PT	0,072 (0,01) a	66,8 (0,07)+ a
PEE	0,048 (0,01) b	70,5 (0,07)+ a
PCH	0,056 (0,01) b	54,5 (0,07)+ a
F ₁	0,080 (0,01) a	55,8 (0,07)+ a

Continuación tabla 4

Taxones	Volumen <i>Factory</i> (m³)	Volumen <i>Factory</i> (%)
F ₂	0,051 (0,01) b	52,5 (0,07)+ a
F ₁ ×PCH	0,043 (0,01) b	44,9 (0,07)+ a
PEE×F ₁	0,064 (0,01) a	59,9 (0,07)+ a

Nota. (): Error estándar; ()+: Error estándar correspondiente al arco seno del %; Medias con letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$).

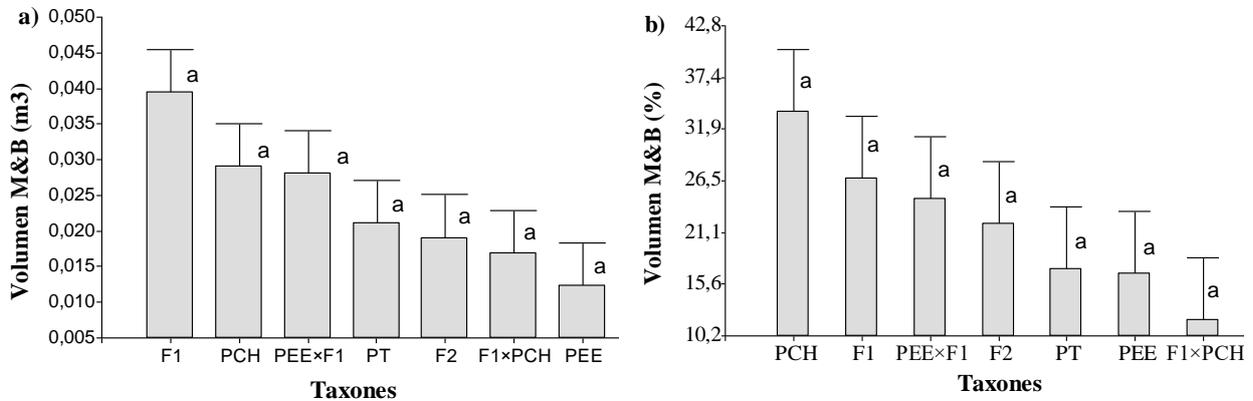
La comparación de medias del volumen promedio (m³) en tablas que calificaron bajo la norma *Factory*, arrojó diferencias significativas ($p \leq 0,05$). Los máximos volúmenes en esta categoría se obtuvieron con los materiales genéticos F₁, PT y PEE×F₁. Mientras que, en términos relativos (%), no se encontraron diferencias significativas ($p > 0,05$), aunque PEE y PT fueron los taxones que arrojaron los mayores porcentajes ($\geq 65\%$). A su vez, Belaber et al. (2022) evaluaron el índice de internudos (In) de este ensayo, observando el mayor In para PEE y F₂ y los menores valores para PT y F₁. Este bajo índice de internudos largos para PT y F₁ respecto al PEE, indicaría que, en estos dos taxones para obtener y optimizar los rendimientos para usos en remanufacturas es necesario recurrir a un mayor saneo generando costos adicionales de reprocesamiento. Por otro lado, si se considera que tanto PEE como PT presentaron los menores rendimientos porcentuales en madera sin nudos (*Clear*) de los 7 taxones, se deduce que el predominio de grados *Factory* en estos taxones se debe a la interacción de factores como diámetro en punta fina, índice de internudos y conicidad, coincidiendo con lo expresado por Fernández et al. (2017).

Un aspecto relevante a destacar es que, si bien no hubo diferencias significativas entre taxones para el grado *Moulding & Better*, F₁, PCH y PEE×F₁ mostraron una tendencia de mayor producción volumétrica y porcentual de esta calidad de madera (Figura 4a y 4b). Pudiendo atribuirse esto a la menor biomasa de ramas de F₁, respecto de PT, (Fassola et al., 2012), como también, a que el taxón F₁ presenta menor conicidad (Belaber et al., 2022), factores que influyen en el rendimiento total en el aserrado y en los grados de calidad a obtener.

En cuanto al factor estrato, hubo diferencias estadísticamente significativas ($p \leq 0,05$) para el rendimiento absoluto y porcentual de madera tipificadas según normas *Factory*. En las Figuras 5a y 5b se presenta el rendimiento medio volumétrico y porcentual por cada estrato de tablas con nudos tipificadas por norma *Factory*. La comparación de medias mostró un mayor volumen absoluto (m³) para los árboles del estrato D, e igual volumen para los estratos CD y S. Mientras que, para el rendimiento porcentual fue menor para el estrato D, respecto al S y CD. Esto ocurrió debido a que en la tipificación según normas *Factory* se tuvo en cuenta las tablas con nudos, dado que las tablas sin nudos, en una o más caras/cantos, generalmente obtenidas de árboles de mayores diámetros, se tipificaron con la norma de Apariencia para la obtención de piezas *Clear*.

Figura 4. Producción volumétrica (a) y porcentual (b) en grado *Moulding & Better* para los distintos taxones

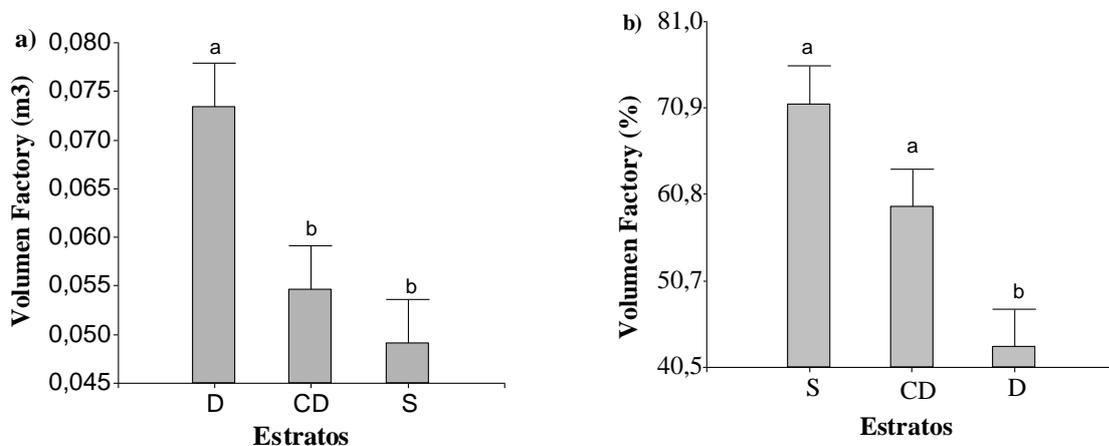
Figure 4. Volumetric (a) and percentage (b) production of *Moulding & Better* grade for the different taxa



Nota: Barras indican el error estándar. Medias con letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Figura 5. Rendimiento medio volumétrico (a) y porcentual (b) en el volumen de en tablas con nudos tipificadas por norma *Factory* de los rollizos basales por estratos

Figure 5. Average volumetric yield (a) and percentage (b) in the volume of boards with knots typified by the *Factory* standard of basal logs by stratum.



Nota. Barras indican el error estándar. Medias con letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Madera de calidad superior según ambas normas (*Select* y *Factory*)

En la tabla 5 se presentan los valores medios y porcentual para las calidades *Clear* y *Moulding & Better (M&B)* con sus respectivos desvíos estándares. Se puede observar que el volumen en términos absolutos en madera *Clear* y *M&B* ocurrieron para $F_1 \times PCH$ ($0,07 \text{ m}^3$) y F_1 ($0,04 \text{ m}^3$), respectivamente. Mientras que, el rendimiento en m^3 para las dos calidades superiores fue menor para PEE, se obtuvieron valores medios de $0,02 \text{ m}^3$ de *Clear* y $0,01 \text{ m}^3$ de *M&B*, respectivamente.

El taxón PCH permitió alcanzar un mayor rendimiento porcentual tanto en madera *Clear* (40%) como en calidad *M&B* (33,8%) (Tabla 5).

En cuanto a la posición social del árbol, la mayor producción de madera de las calidades superiores (*Clear* y *M&B*) se observó para el estrato D, a excepción del rendimiento porcentual en *M&B*.

Tabla 5. Rendimiento volumétrico y porcentual medio de tablas *Clear* y *Moulding & Better* y de los rollizos basales por taxones y estratos.

Table 5. Average volumetric and percentage yield of *Clear* and *Moulding & Better* boards and of basal logs by taxa and stratum

Taxones	n	Volumen <i>Clear</i> (m ³)	Volumen <i>M&B</i> (m ³)	Volumen <i>Clear</i> (%)	Volumen <i>M&B</i> (%)
PT	6	0,047 (0,07)	0,021 (0,01)	24,0 (28)	17,2 (13)
PEE	6	0,024 (0,03)	0,013 (0,01)	23,0 (20)	16,7 (11)
PCH	6	0,051 (0,04)	0,029 (0,01)	40,0 (18)	33,8 (27)
F ₁	6	0,064 (0,05)	0,040 (0,02)	38,3 (16)	26,7 (12)
F ₂	6	0,045 (0,05)	0,019 (0,02)	34,5 (22)	22,0 (21)
F ₁ ×PCH	6	0,074 (0,07)	0,017 (0,01)	39,8 (33)	12,0 (7)
PEE×F ₁	6	0,044 (0,03)	0,028 (0,02)	32,8 (18)	24,6 (13)
Estratos					
Dominante	14	0,096 (0,05)	0,032 (0,02)	50,5 (16)	18,3 (9)
Codominante	14	0,037 (0,03)	0,021 (0,01)	30,4 (19)	19,2 (13)
Suprimido	14	0,017 (0,02)	0,019 (0,02)	18,7 (19)	28,0 (23)

Nota. (): Desvío estándar. *Clear*: tablas sin nudos en 1, 2, 3 o 4 caras/cantos, *M&B* (*Moulding & Better*): cortes con aptitud para molduras y productos superiores (mejor calidad).

Con respecto a los resultados del volumen en m³ y en % de la sumatoria de los mejores grados (*Clear + Moulding & Better*) no arrojaron diferencias significativas entre taxones, pero sí entre estratos. En la Tabla 6 se presenta por taxón y estrato los valores del volumen *Clear + Moulding & Better* en m³ y en % (clases superiores según norma *Select y Factory*).

Tabla 6. Sumatoria del volumen de las clases superiores (grados *Clear + Moulding & Better*) de trozas basales por taxón y estrato

Table 6. Sum of volume of higher classes (*Clear + Molding & Better* grades) of basal logs by taxon and stratum

Taxones	Volumen <i>Clear + M&B</i> (m ³)	Volumen <i>Clear + M&B</i> (%)
PT	0,069 (0,02) a	41,2 (0,09)+ a
PEE	0,036 (0,02) a	39,7 (0,09)+ a
PCH	0,080 (0,02) a	73,8 (0,09)+ a
F ₁	0,103 (0,02) a	65,0 (0,09)+ a
F ₂	0,064 (0,02) a	56,4 (0,09)+ a

Continuación tabla 6

Taxones	Volumen <i>Clear</i> + <i>M&B</i> (m³)	Volumen <i>Clear</i> + <i>M&B</i> (%)
F ₁ ×PCH	0,092 (0,02) a	51,7 (0,09)+ a
PEE×F ₁	0,072 (0,02) a	57,4 (0,09)+ a
Estratos		
Dominante	0,128 (0,01) a	68,8 (0,06)+ a
Codominante	0,055 (0,01) b	49,6 (0,06)+ b
Suprimido	0,038 (0,01) b	46,7 (0,06)+ b

Nota. *Clear*: tablas sin nudos en 1, 2, 3 o 4 caras/cantos, *M&B* (*Moulding & Better*): cortes con aptitud para molduras y productos superiores (mejor calidad).

Aunque no se encontraron diferencias estadísticas entre taxones en cuanto a la sumatoria del volumen de los mejores grados de calidad *Clear* + *M&B*, se puede observar en la tabla 6 que, el volumen en términos absolutos en madera de calidad superior *Clear* + *M&B* lo brindó F₁ (0,10 m³). Mientras que, el rendimiento en m³ fue menor para PEE, que obtuvo un valor medio de 0,04 m³ de *Clear* + *M&B*. En cuanto al rendimiento relativo, se destacaron con los mayores porcentuales PCH (74%) > F₁ (65%) > PEE×F₁ (57%) > F₂ (56%) > F₁×PCH (52%). Mientras que, PT y PEE exhibieron valores del 41% y 40%, respectivamente. El taxón F₁ con el mayor diámetro medio en punta fina sin corteza, fue el segundo entre los taxones examinados con mayor volumen porcentual (Belaber et al., 2023).

El menor rendimiento en madera *Clear* + *M&B* para PEE, con menor volumen porcentual respecto a los demás taxones analizados, es consecuencia de los rollizos más pequeños.

En cuanto al factor estrato, el mayor volumen *Clear* + *M&B* (en m³ y en %) ocurrió para el estrato D, disminuyendo para los estratos CD y S.

Conclusiones

El rendimiento absoluto en m³ por grados de calidad en madera de Apariencia (*Clear*) fue superior para los ejemplares proveniente del estrato dominante y para el taxón F₁×PCH. Mientras que los rendimientos porcentuales fueron mayores para el estrato dominante.

El rendimiento porcentual en grados *Factory* fue mayor para el estrato dominante y para las especies puras, pero las dimensiones de las piezas saneadas obtenidas de estos taxones fueron menores que las de los demás materiales genéticos.

Los taxones PCH, F₁ (la cruce de PEE×PCH) y PEE×F₁ (la retrocruza de *Pinus elliottii* var. *elliottii* con el híbrido F₁(PEE×PCH) mostraron una tendencia de lograr un mayor rendimiento en m³ y porcentual en madera de la calidad *Moulding & Better* (calidad superior de la norma *Factory*) respecto a las especies puras (*Pinus elliottii* y *Pinus taeda*). El mayor rendimiento en

el grado *Moulding & Better*, otorga mayor flexibilidad en cuanto al tipo de producto a elaborar y contribuye a la reducción de costos de saneo.

En general, los taxones de mayores diámetros marcaron una tendencia de mayores valores porcentuales en madera *Clear, Moulding & Better* y en la sumatoria de ambas calidades superiores.

El rendimiento de estas clases superiores, madera sin nudos (*Clear*) y *Moulding & Better*, puede ser incrementado recurriendo árboles del estrato dominante y taxones como PCH, a materiales híbridos entre PEE×PCH (F_1 y F_2), y las retrocruzas de sus parentales (F_1 ×PCH y PEE× F_1), cuya producción local se encuentra en desarrollo. Además, de la aplicación de podas y raleos de acuerdo con la edad del rodal.

Estudios futuros debieran focalizarse en el rendimiento del árbol completo, considerar el efecto del contenido de resinas.

Agradecimientos

Los autores agradecen a los técnicos de INTA-EEA Montecarlo por su colaboración en las tareas de apeo de los árboles y el transporte al Centro Tecnológico de Madera. También al Proyecto Específico: Abordaje de la calidad y procesos de valoración de productos en sistemas agrobioindustriales sostenibles (2023-PE-L04-1119) por el financiamiento para el desarrollo de las actividades que permitió la escritura de este artículo y a la EEA Cerro Azul por el mantenimiento del ensayo a través de los años.

Referencias bibliográficas

- Belaber, E., Gauchat, M. E., Reis, H. D., Borralho, N. M., & Cappa, E. P. (2018). Genetic Parameters for Growth, Stem Straightness, and Branch Quality for *Pinus elliottii* var. *elliottii* × *Pinus caribaea* var. *hondurensis* F1 Hybrid in Argentina. *Forest Science*, 64(6), 595-608. <https://doi.org/10.1093/FORSCI/FXY021>
- Belaber, E., Winck, R. A., Rotundo, C., Bulman, C., Aquino, D. R., Gauchat, M. E., & Fassola, H. E. (2023). Rendimiento total en el aserrado de trozas basales de taxones de pinos del NE de Argentina. *VIII congreso forestal Latinoamericano y V Congreso Forestal Argentino*, 596-599.
- Belaber, E., Wink, R. A., Gauchat, M. E., Rotundo, C., Bulman, C., & Fassola, H. E. (2022). Productividad, calidad potencial de rollizos y características de la canopia en taxones de pinos en Misiones, Argentina. *Quebracho - Revista de Ciencias Forestales*, 30(2), 77-88.
- Cappa, E. P., Marcó, M., Garth Nikles, D., & Last, I. S. (2013). Performance of *Pinus elliottii*, *Pinus caribaea*, their F1, F2 and backcross hybrids and *Pinus taeda* to 10 years in the

- Mesopotamia region, Argentina. *New Forests*, 44(2), 197-218.
<https://doi.org/10.1007/S11056-012-9311-2>
- Di Rienzo, J. A., Casanoves, F., Balzarini, M. G., Gonzalez, L., Tablada, M., & Robledo, C. W. (2008). *InfoStat, versión 2008*.
- Di Rienzo, J. A., Guzmán, A. W., & Casanoves, F. (2002). A multiple-comparisons method based on the distribution of the root node distance of a binary tree. *Journal of Agricultural, Biological, and Environmental Statistics*, 7(2), 129-142.
<https://doi.org/10.1198/10857110260141193>
- Fassola, H. E., Crechi, E. H., Barth, S. R., Keller, A. E., Winck, R. A., & Videla, D. (2012). Análisis de las diferencias de partición de biomasa aérea entre *Pinus elliottii* var. *elliottii* × *Pinus caribaea* var. *hondurensis* (F2) y de *Pinus taeda* para el norte de Misiones, Argentina. En Facultad de Ciencias Forestales (UNaM) & INTA (Eds.), *XV Jornadas Técnicas Forestales y Ambientales*.
- Fassola, H. E., Crechi, E. H., Videla, D., & Keller, A. E. (2008). Estudio preliminar del rendimiento en el aserrado de rollizos de rodales de *Pinus taeda* L con distintos regímenes silvícolas. En Facultad de Ciencias Forestales (UNaM) & INTA (Eds.), *XIII Jornadas Técnicas Forestales y Ambientales*.
- Fernandez, P., Basauri, J., Madariaga, C., Menéndez-Miguélez, M., Olea, R., & Zubizarreta-Gerendiain, A. (2017). Effects of thinning and pruning on stem and crown characteristics of radiata pine (*Pinus radiata* D. Don). *iForest - Biogeosciences and Forestry*, 10(2), 383. <https://doi.org/10.3832/IFOR2037-009>
- INDEC. (2022, enero 17). *Consultas del Comercio Exterior de Bienes*.
- USIT Commission. (2021). Wood Mouldings and Millwork Products from China. Investigation Nos. 701-TA-636 and 731-TA-1470 (Final). *Publication 5157. U.S. International Trade Commission*.
- Vilches Zurita, P. (2005). *Evaluación de defectos y determinación del aprovechamiento a nivel de remanufactura en Pinus radiata D.Don*. (Universidad Austral de Chile. Facultad de Ciencias Forestales, Ed.).
- Winck, R. A., Keller, A. E., Fassola, H. E., Crechi, E. H., Barth, S. R., Aquino, D. R., & Knebel, O. E. (2018). Estudio de caso: Rendimiento y calidad de madera de *Pinus taeda* proveniente de un sistema silvopastoril. *IV Congreso Nacional de Sistemas Silvopastoriles*, 306-319.
- WWPA. (2021a, diciembre 7). *Wood Western Forest Products*.
<https://www.wwpa.org/western-lumber/appearance-lumber>.
- WWPA. (2021b, diciembre 7). *Wood Western Forest Products*.
<https://www.wwpa.org/western-lumber/factory-lumber>.