



Yvyrareta

Revista Forestal País de Arboles



UNIVERSIDAD
NACIONAL
DE MISIONES



FACULTAD DE CIENCIAS
FORESTALES

32

DICIEMBRE 2024

www.yvyrareta.com.ar



SECRETARÍA DE CIENCIA Y
TÉCNICA

Autoridades

Rectora

M.Sc. Ing. Alicia Violeta BOHREN

Vice-Rector:

Ing. Sergio Edgardo KATOGUI

Sec. Gral. de Ciencia y Tecnología

Dr. Pedro Dario ZAPATA

Decano

Ing. Héctor Fabian ROMERO

Vice-Decano

Dr. Ing. Diego Ricardo BROZ

Sec. Académica

Lic. Maria Cristina BISCHOFF

Sec. Académica Adjunto

M.Sc. Ing. Mariano DI STASI

Sec. de Ciencia y Técnica

Prof. Esp. Carolina Ester RECKZIEGEL

Sec. de Postgrado

Prof. Esp. Carla Verónica DUARTE

Sec. Extensión

Ing. Guillermo KÜPPERS

Sec. de Vinculación Tecnológica

Ing. Silvina BERGER

Sec. Administrativo

Sr. Hugo OSTAPOVICH

Sec. Bienestar Estudiantil

Est. Richard OLIVELLA

Sec. Bienestar Estudiantil Adjunto

Est. Mariano LIMA

Secretaria Técnica

Ing. Susana Mariela TERESCZUCH

Editorial

En esta edición destacamos investigaciones que subrayan la importancia de la sostenibilidad, la innovación, la eficiencia en el manejo forestal y en la utilización de los recursos naturales. Los avances científicos presentados abordan retos fundamentales para la producción y conservación forestal, así como para el desarrollo económico basado en productos de origen vegetal.

Desde la optimización en el aserrado de madera de calidad en los pinos del noreste argentino hasta los métodos de propagación eficiente para la restauración de bosques de caldén, los artículos reflejan un compromiso con la mejora de prácticas y la respuesta a demandas del mercado y del medio ambiente. Asimismo, se analiza el crecimiento y las características silviculturales de especies nativas en diferentes contextos y etapas, destacando su importancia ecológica y su potencial para el enriquecimiento de bosques degradados.

El análisis químico y el poder calorífico de maderas comerciales también nos brindan una perspectiva de su valor como recurso energético renovable. Complementariamente, se incluye una ficha técnica detallada sobre el manejo y propagación de *Myrocarpus frondosus*, aportando herramientas prácticas para su conservación y uso sostenible.

Estas contribuciones nos recuerdan que la integración entre la ciencia y prácticas de manejo son esenciales para alcanzar una gestión forestal eficiente que atienda a las necesidades económicas, y que además preserve el equilibrio de los ecosistemas y promueva la restauración de los mismos. Invitamos a nuestros lectores a conocer estos trabajos que representan testimonios de investigación aplicada al desarrollo sustentable.

Finalmente, quiero agradecer a los autores, a los miembros del Comité Científico de la Revista, a la Secretaría de Ciencia y Técnica de la Facultad de Ciencias Forestales por hacer posible este número.

Ing. Forestal Héctor Fabián Romero
Decano
Universidad Nacional de Misiones
Facultad de Ciencias Forestales

Editada por:

Secretaría de Ciencia y Técnica

Universidad Nacional de Misiones. Facultad de Ciencias Forestales

Srta. Pierina Kahlstorf / Ing. Susana Mariela Teresczcuch

Editor Responsable:

Ing. Héctor Fabián Romero (Universidad Nacional de Misiones, Facultad de Ciencias Forestales)

Editor Científico:

Esp. Prof. Carolina Reckziegel. Secretaría de Ciencia y Técnica (Universidad Nacional de Misiones, Facultad de Ciencias Forestales)

Editor Ejecutivo:

Ing. Susana Mariela Teresczcuch (Universidad Nacional de Misiones, Facultad de Ciencias Forestales)

Revisión de texto en inglés:

Prof. Mónica Fortmann (Universidad Nacional de Misiones, Facultad de Ciencias Forestales)

Editores Auxiliares, compaginación, diseño y mantenimiento página web:

Pierina Kahlstorf (Universidad Nacional de Misiones, Facultad de Ciencias Forestales)

Ernesto Nürnberg (Universidad Nacional de Misiones, Facultad de Ciencias Forestales);

Editores Asociados

Dr. Pedro Agostini (Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria Montecarlo; Universidad Nacional de Misiones, Facultad de Ciencias Forestales)

Dr. Julio Arce (Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Brasil)

Dr. Diego Broz (Universidad Nacional de Misiones, Facultad de Ciencias Forestales; Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas)

Mgter. Diego Chifarelli (Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria Eldorado; Universidad Nacional de Misiones, Facultad de Ciencias Forestales)

Dr. Carlos De Angelo (Universidad Nacional de Misiones; Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas)

Dra. Evelyn Duarte (Universidad Nacional de Misiones, Facultad de Ciencias Forestales)

Mgter Lucila Díaz (Universidad Nacional de Misiones, Facultad de Ciencias Forestales)

Mgter. Gerardo Denegri (Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales, Universidad Nacional de la Plata)

Mgter. Beatriz Eibl (Universidad Nacional de Misiones, Facultad de Ciencias Forestales)

Mgter. Alejandro Friedl (Universidad Nacional de Misiones, Facultad de Ciencias Forestales)

Dr. Fermin Gortari (Universidad Nacional de Misiones, Facultad de Ciencias Forestales; Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas)

Mgter Julieta Kornel (Universidad Nacional de Misiones, Facultad de Ciencias Forestales)

Dr. Héctor Keller (Universidad Nacional de Misiones, Facultad de Ciencias Forestales)

Dra. Florecia Montagnini (Universidad de Yale USA)

Mgter. Fernando Niella (Universidad Nacional de Misiones, Facultad de Ciencias Forestales)

Dr. Patricio Mac Donagh (Universidad Nacional de Misiones, Facultad de Ciencias Forestales)

Dr Raúl Pezzutti (Universidad Nacional de Salta)

Mgter. Patricia Rocha (Universidad Nacional de Misiones, Facultad de Ciencias Forestales)

Mgter. Teresa Suirez (Universidad Nacional de Misiones, Facultad de Ciencias Forestales)

Dra. María Elena Schapovaloff (Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria Montecarlo; Universidad Nacional de Misiones, Facultad de Ciencias Forestales)

Dr. Santiago José Velazco (Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas)

Evaluadores

Mgter. Gabriel Keil (Universidad Nacional de La Plata, Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales).

Dra. Eleana Spavento (Universidad Nacional de La Plata, Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales)

Ing. María Mercedes Refort (Universidad Nacional de La Plata, Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales)

Dra. Alicia Ares (Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas; Universidad Nacional de Misiones, Facultad de Ciencias Exactas, Química y Naturales)

Ing. Carla Taraborelli (Universidad Nacional de La Plata, Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales)

Esp. Ing. Ludueña Myriam (Universidad Nacional de Santiago del Estero, Facultad de Ciencias Forestales)

Mgter. Pérez Víctor (Universidad Nacional de Formosa, Facultad de Recursos Naturales)

Dra. Nardia Bulfe (Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria Montecarlo; Universidad Nacional de Misiones, Facultad de Ciencias Forestales)

Ing. Umlandt Maximiliano (Universidad Nacional de Santiago del Estero, Facultad de Ciencias Forestales)

Dra. Laura Covinich (Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas; Universidad Nacional de Misiones)

Dr. Marcos E Nacif (Universidad nacional de Rio Negro; Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas)

Mgter. Schenone Raúl (Universidad Nacional de Salta)

Tapa: ensayo de resistencia a la flexión en viga laminada.

Foto: Tec. Jonathan Holzmaister

Contratapa: Ing. Claudio Dummel realizando medición de altura en una plantación de *Peltophorum dubium*, cañafistola.

Foto Cecilia Hartel

Diseño: Lic. Melisa Vega

La Revista Forestal Yvyrareta es una publicación de la Facultad de Ciencias Forestales de la Universidad Nacional de Misiones, en la que se dan a conocer resultados de investigaciones en un amplio campo de las áreas científicas forestales, ambientales y agronómicas.

La periodicidad de la misma es anual.

Se imprimen 30 ejemplares.

Indizada en LATINDEX

Indizada en CAB ABSTRACTS

ISSN: 2469-004X (versión en línea)

ISSN: 0328-8854 (versión impresa)

La Revista no se hace responsable de las opiniones contenidas en los artículos, siendo responsabilidad exclusiva de los autores de los mismos.

Toda correspondencia relacionada a la Revista debe ser dirigida a:

Sr. Editor Científico. Facultad de Ciencias Forestales.

Bertoni 124. 3380. Eldorado, Misiones, Argentina.

TE: 054 - 3751 - 431780/431526. Interno 112-130

Email: revistayvyrareta@gmail.com Web: www.vvyrareta.com.ar

Índice

Artículos científicos

Análisis químico y poder calorífico de cinco especies comerciales de madera en Misiones1

Chemical analysis and calorific power of five commercial wood species in Misiones

Adelaida Bragañolo, Iris Figuedero, Daniel Schamne, Marina Hornus.

Rendimiento en el aserrado por grados de calidad para apariencia y remanufactura en taxones de pinos en el Noreste de Argentina 9

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

Rosa Ángela Winck, Ector Cesar Belaber, Diego Rolando Aquino, Christian Bulman Hartkopf, Cristian Andrés Rotundo, María Elena Gauchat, Hugo Enrique Fassola

Crecimiento de cinco especies arbóreas nativas a los 10 años de edad en el NE de Corrientes.....22

Growth of five native tree species at 10-year-old in NE Corrientes

Silvana L. Caldato, Raúl V. Pezzutti, Christian Chrapek, Raul Schenone, Noelia May Petroff, Federico Montiel

Efecto de diferentes sustratos, contenedores y ambientes sobre el crecimiento y calidad de plantines de Neltuma caldenia32

Effect of different substrates, containers and environments on the growth and quality of Neltuma caldenia seedlings

Marco Jesús Utello, Eugenio Lusso, Juan Carlos Tarico, Marcela Alejandra Demaestri, José Omar Plevich

Ficha técnica

Manejo de frutos y semillas, producción de plantines y establecimiento a campo de especies nativas42

Beatriz Irene Eibl, Cecilia González y Gabriel Ramón Ortiz

ARTÍCULO CIENTÍFICO

Análisis químico y poder calorífico de cinco especies comerciales de madera en Misiones

Chemical analysis and calorific power of five commercial wood species in Misiones

DOI: <https://doi.org/10.36995/j.yvyrareta.2024.32.001>

Recibido 29 de diciembre 2023; aceptado 3 de julio 2024

**Adelaida Bragañolo ¹, Iris Figuejero ², Daniel Schamne ³,
Marina Hornus ⁴**

¹ Universidad Nacional de Misiones. Facultad de Ciencias Forestales. Laboratorio Tecnología de la Madera. Eldorado. Misiones. Argentina adelaida.braganolo@fcf.unam.edu.ar

² Instituto Nacional de Tecnología Agrícola. Montecarlo. Misiones. Argentina.

³ Universidad Nacional de Misiones. Facultad de Ciencias Forestales. Laboratorio de Química. Eldorado. Misiones. Argentina.

⁴ Universidad Nacional de Misiones. Concejo Nacional de Ciencia y Técnica. Facultad de Ciencias Forestales. Instituto de Materiales de Misiones. Posadas. Misiones. Argentina.

Resumen

Este estudio se enfocó en la caracterización química; contenido de cenizas, extractivos, lignina Klason, y carbohidratos como así también poder calorífico de cinco especies de madera de alto valor comercial: *Pinus taeda*, *Araucaria angustifolia* (Bertol) Kuntze, *Eucalyptus grandis*, *Cedrela fissilis* Vell y *Nectandra lanceolata* Nees & Mart. en la región de Misiones. Entre las especies analizadas, se destacó el *Pinus taeda*, mostrando el mayor poder calorífico y el menor porcentaje de cenizas, con valores de 4929 Kcal/Kg y 0.16%, respectivamente. Estas características hacen que el *Pinus taeda* sea especialmente propicio para su utilización como combustible en la generación de energía renovable. La *Cedrela fissilis* Vell presentó un elevado porcentaje de extractivos 7.7 % mientras que las otras especies no llegaron a tener valores mayores a 4.5%.

Palabras Clave: Composición química; Poder calorífico.

Abstract

This study focused on the chemical characterization, including ash content, extractives, Klason lignin, carbohydrates, and heating value, of five commercially valuable wood species: *Pinus taeda*, *Araucaria angustifolia* (Bertol) Kuntze, *Eucalyptus grandis*, *Cedrela fissilis* Vell, and *Nectandra lanceolata* Nees & Mart in the Misiones region. Among the analyzed species, *Pinus taeda* stood out, exhibiting the highest heating value and the lowest ash percentage, with values of 4929 Kcal/Kg and 0.16%, respectively. These characteristics make *Pinus taeda* particularly suitable for use as fuel in renewable energy generation. *Cedrela fissilis* Vell presented a high percentage of extractives at 7.7%, while the other species did not exceed values higher than 4.5%.

Keywords: Chemical wood composition; Calorific power.

Introducción

La caracterización de las especies forestales de interés comercial en Misiones se revela como una tarea esencial para ampliar el conocimiento acerca de sus propiedades y aplicaciones. Este estudio se centra en especies clave como *Pinus taeda*, *Araucaria angustifolia* (Bertol) Kuntze, *Eucalyptus grandis*, *Cedrela fissilis* Vell y *Nectandra lanceolata* Nees & Mart., comúnmente conocidas como Pino, Pino Paraná, Eucalipto, Cedro y Laurel, respectivamente. Las primeras tres especies se destacan especialmente debido a su elevado volumen en el forestado en especial el Pino, lo cual se atribuye a su rápido crecimiento, según información proporcionada por el Ministerio de Agricultura Ganadería y Pesca (MAGyP, 2023). Datos recopilados indican que, dentro del género *Pinus*, se registraron 332.255 hectáreas, representando un 81.9% de las plantaciones forestales en Misiones. En el caso del género *Eucalyptus*, se contabilizaron 40.902 hectáreas, equivalente al 10.1%. Por último, la *Araucaria* abarcó 16.050 hectáreas, es decir, un 4% del total (Fank et al., 2020).

En Argentina, las plantaciones de coníferas abarcan 640.000 hectáreas, concentradas principalmente en las provincias de Misiones y Corrientes, las cuales representan el 90% de la superficie nacional dedicada a este tipo de cultivo (Elizondo et al., 2015). A sabiendas que la actividad forestal ocupa un papel preponderante en la región, donde el 70% de la superficie forestada del país se concentra en la Mesopotamia y un 64% de las forestaciones corresponde a las provincias de Misiones y Corrientes, es crucial contar con información detallada sobre estas especies para optimizar su aprovechamiento sostenible.

Conociendo que las propiedades de la madera están influenciadas no solo por factores morfológicos, sino también por el contenido de celulosa, hemicelulosa y lignina, es relevante determinar la proporción de estos (Garay y Henríquez, 2012), por ejemplo, el poder calorífico de una madera será mayor cuanto más lignina tenga debido a que esta tiene un poder calorífico alto con valores entre 22,2 a 28,5 MJ/kg (Maksimuk et al., 2021; Demirbaş, 2017), mientras que la celulosa tiene valores entre 17,30 a 17,42 MJ/kg (Maksimuk et al., 2021) y la hemicelulosa un valor ligeramente diferente al de celulosa. Demirbaş (2017), establece un valor de 17,5 MJ/kg para la holocelulosa (celulosa y hemicelulosa). Así como la lignina, los extractivos también tienen un poder calorífico alto (Doat, 1977) que varía según el tipo de extractivo. Con esto se espera que las coníferas tengan un poder calorífico mayor al de las frondosas, debido a la mayor cantidad de lignina, resina, ceras y aceites (AEVBIOM, 2012). Mientras que la lignina y extractivos influye positivamente en el poder calorífico, el porcentaje de cenizas influye negativamente (Martínez-Pérez et al., 2012). El trabajo de Uceda Castillo (1980), propone una predicción del poder calorífico en función de la composición química de la madera reafirmando que el análisis químico es una buena herramienta para tener una

estimación del poder calorífico de una especie si no se cuenta con un calorímetro, un trabajo similar lo ha llevado adelante Álvarez Rodríguez (2013).

El objetivo de este trabajo es la caracterización química de cinco especies de interés comercial en la provincia de Misiones y la determinación de su poder calorífico.

Materiales y métodos

Los ensayos se realizaron sobre muestras de madera comercial tomadas de diferentes aserraderos de la zona de Norte de la provincia de Misiones.

Las determinaciones de composición química se realizaron según los procedimientos de LAP National Renewable Energy Laboratory NREL/TP-510-42618 para lignina, NREL/TP-510-42619 para extractivos, y NREL/TP-510-42622 para cenizas. El material para ensayar seco al aire libre fue reducido a polvo en un molino a cuchillas Fritsch® modelo Pulveristtite 15; las fracciones utilizadas para el análisis composicional fueron las que pasaron el tamiz 20-mesh y retenidos en el tamiz 80-mesh.

Los cálculos del porcentaje de extractivos, lignina, carbohidrato, cenizas y poder calorífico están expresados en base seca de muestra, para ello, se determinó el contenido de humedad de la muestra con la Norma IRAM N° 9532 por el método de secado en estufa, se tomaron unos 2 g de muestra molida y se secaron en estufa a $103 \pm 2^\circ\text{C}$ hasta peso constante, por diferencia de peso y usando la formula siguiente se calculó la humedad

$$CH \% = \frac{Ph - Po}{Po} * 100$$

Donde:

CH = Contenido de humedad en %.

Ph = Peso húmedo en gramos.

Po = Peso Anhidro o seco en gramos.

Determinación del porcentaje de extractivos

Se pesaron para cada muestra una cantidad de entre 8 a 12 g y se extrajo a través del sistema soxhlet con alcohol al 96. El sistema se dejó a reflujo por 24 horas. Después de este tiempo, se apartó el alcohol con los extractivos, se dejó evaporar el alcohol y se pesó el remanente que representa los extractivos, los resultados para cada especie pueden verse en Tabla 1.

Determinación de lignina insoluble

Se pesaron para cada muestra una cantidad de aproximadamente 0,500 g de material extraído calculado en base seca a la cual se adiciono 5 ml de ácido sulfúrico al 72% y se dejó en baño María a 30°C por 1 hora. Transcurrido ese tiempo se le adiciono 140 ml de agua destilada. Los frascos tapados fueron colocados en el autoclave a 121°C por 1 hora. Después del autoclave las muestras se filtraron con embudo Buchner y papel de filtro seco y pesado previamente. Al terminar el filtrado se enjuago con agua destilada. El papel de filtro con la lignina insoluble se llevó a estufa a 105°C hasta peso constante y se calculó el contenido de lignina.

Determinación de cenizas

Entre 0,5 a 1,5 g de material seco al aire libre, molido y tamizado fueron colocados en crisoles de 40 y 50 ml.

La mufla usada fue de la marca FAC DIG que cuenta con un programa de calentamiento gradual con la que se llevó los siguientes incrementos:

Calentamiento desde la temperatura ambiente hasta 150°C. Mantener por 12 minutos.

Calentamiento desde 150°C hasta 250°C. Rampa 10°C/min. Mantener a 250°C por 30 minutos.

Calentamiento desde 250°C hasta 575°C. Rampa 20°C/min. Mantener a 575°C por 180 minutos.

Apagar y dejar enfriar.

La figura 1 muestra los crisoles con las cenizas.



Figura 1. Crisol con ceniza

Photo 1. Crucible with ash

Determinación de holocelulosa

La determinación de holocelulosa se hizo por diferencia de peso. Al 100% de la

madera se restó la ceniza, lignina, extractivos y el resto se lo considero holocelulosa.

Determinación poder calorífico

Para la determinación del poder calorífico se procedió según Norma IRAM 17016 donde la muestra anhidra, molida y tamizada se prensó hasta formar una pastilla de aproximadamente 1 g la cual se introdujo en una bomba calorimétrica marca Parr® modelo 1341 (Figura 2) donde se realizó la combustión con oxígeno a 25 atm. El aumento de la temperatura del sistema fue registrado y los datos usados para los cálculos correspondiente



Figura 2. Bomba calorimétrica con patilla de madera y calorímetro Parr® modelo 1341

Photo 2. Bomb calorimeter with wooden leg and Parr® model 1341 calorimeter

Resultados y Discusión

En la Tabla 1, se destaca que el contenido de extractivos varía entre 1,56 % y 7,72 %, siendo el Cedro la especie con el mayor porcentaje de extractivos. Este hallazgo coincide con la investigación realizada por Abad-Cordero et al. (2020), quienes también identificaron un alto contenido de extractivos en el Cedro.

Observando el bajo contenido de lignina en el pino según la Tabla 1, sería razonable anticipar un poder calorífico más bajo en comparación con las demás especies. Sin embargo, resultó tener el mayor poder calorífico. Este fenómeno podría atribuirse al bajo porcentaje de cenizas, un factor que ha sido identificado como influyente negativamente en el poder calorífico según estudios previos (Martínez-Pérez et al., 2012; Rivera-Inga et al., 2016).

Aunque se podría esperar que el Cedro, con su alto contenido de extractivos, exhibiera un valor de poder calorífico significativo, presenta un poder calorífico de 4244 Kcal/kg, inferior al del pino (4929 Kcal/kg) y al del Laurel (4570 Kcal/kg). Este contraste se atribuye al elevado porcentaje de cenizas en el Cedro, que alcanza un 1,33%, superando a cualquier otra especie estudiada. El estudio llevado adelante por Aguinsaca (2019) donde entre otras cosas se comparó el contenido de cenizas de diferentes especies, también obtuvo que el Cedro fue la especie con mayor contenido de esta, en este caso de 3,25 %. Este valor es considerablemente

mayor al obtenido en este trabajo, Cardoso et al. (2001) indica que el contenido de ceniza puede variar según la especie, la disponibilidad en el suelo, las características individuales y la época del año.

Como se destacó anteriormente, el contenido de cenizas tiene un impacto negativo en el poder calorífico.

Tabla 1. % de Extractivo, lignina, holocelulosa, cenizas y poder calorífico

Table 1. % Extractive, lignin, holocellulose, ash and calorific value

	Extractivo	Lignina	Holocelulosa	Cenizas	Poder
	(%)	(%)	(%)	(%)	Calorífico
					(Kcal/kg)
Pino	3,18	29,9	66,7	0,16	4929
Pino					
Paraná	1,56	35,6	62,6	0,24	3994
Eucaliptus	4,41	29,5	65,7	0,40	4086
Laurel	2,89	31,4	64,8	0,88	4570
Cedro	7,72	34,0	57,0	1,33	4244

La Figura 3 exhibe la coloración variada de los extractivos en alcohol de las especies analizadas. Esta diversidad cromática se atribuye a las diferencias en la composición de los extractivos según la especie. Vale la pena destacar que la mezcla compleja de componentes químicos en los extractivos impide asignar un valor específico de poder calorífico a esta sustancia. Para obtener una comprensión más detallada de los componentes químicos presentes, sería beneficioso considerar análisis químicos más avanzados, como la cromatografía gaseosa acoplada a espectrofotómetro de masa. Este enfoque permitiría identificar y cuantificar los diversos compuestos presentes en los extractivos, proporcionando una visión más precisa de su composición química y posibles aplicaciones.

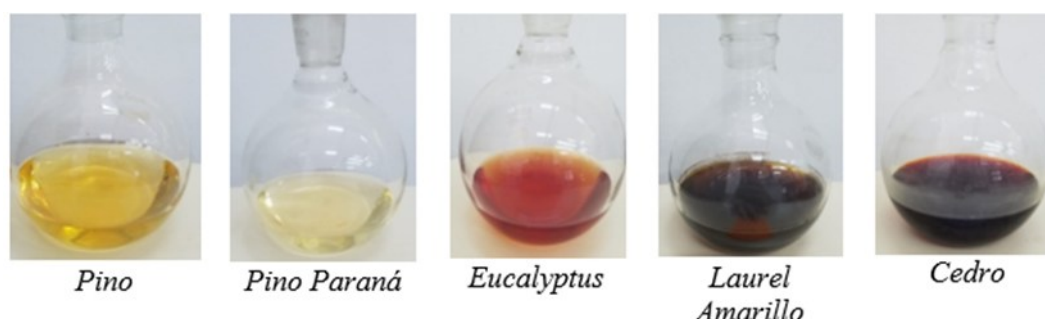


Figura 3. Coloración de los extractivos en alcohol de las diferentes especies estudiadas

Photo 3. Coloration of the alcohol extractives of the different species studied

Conclusiones

Las tres especies más comercializadas en Misiones: Pino, Pino Paraná y Eucalipto, exhibieron bajos porcentajes de cenizas, lo cual es un factor crucial al considerar estas especies como material combustible. La presencia reducida de cenizas es esencial, ya que no solo impacta negativamente en el poder calorífico, sino que también puede causar problemas de suciedad en los sistemas de combustión. El *Pinus taeda* se destacó al presentar el mayor poder calorífico, un menor contenido de cenizas y, además, posee un rápido crecimiento, lo que lo convierte en la elección preferida para ser utilizada como fuente de combustible renovable.

El considerable contenido de extractivos en el cedro justifica la necesidad de llevar a cabo estudios cualitativos adicionales para identificar sus componentes, los cuales podrían poseer un alto valor económico. Esto no solo ampliaría las aplicaciones del cedro más allá de su uso actual como madera, sino que también podría generar oportunidades significativas en términos de aprovechamiento económico de estos componentes.

Referencias bibliográficas

- Abad-Cordero, Y., Jumbo-Benítez, N. del C., Fernández-Guarnizo, P. V., Rogel, J. B. G., Iñiguez-Ordoñez, D. P., & Pucha-Cofrep, D. A. (2020). Composición química de la madera de *Cedrela odorata* L. y su relación con las propiedades químicas del suelo de la parroquia Zumba provincia de Zamora Chinchipe, Ecuador. *Revista Investigación Agraria*, 2(3), 45–54. <https://doi.org/10.47840/REINA.2.3.902>
- AEVBIOM. (2012). *Manual de Combustibles de Madera*. (Asociación española de valorización energética de la biomasa, Ed.).
- Aguinsaca, F., Rey, Y., Jaramillo, A., Luzón, C., Jumbo, N., Fernandez, P., González, J., & Pucha-Cofrep, D. (2019). Caracterización química de cinco especies forestales en el sur de Ecuador. *Bosques Latitud Cero*, 9(1), 110–118.
- Álvarez Rodríguez, A. (2013). *Caracterización química de biomasa y su relación con el poder calorífico*.
- Cardoso, I., Guijt, I.M., Franco, F., Carvalho, A.F. & Neto, P.S. (2001). Continual learning for agroforestry system design: University, NGO and farmer partnership in Minas Gerais, Brazil. *Agricultural Systems*. 69(3), 235–257. [https://doi.org/10.1016/S0308-521X\(01\)00028-2](https://doi.org/10.1016/S0308-521X(01)00028-2)
- Demirbas, A. (2017). Higher heating values of lignin types from wood and non-wood lignocellulosic biomasses. *Energy Sources, Part A: Recovery, Utilization, and Environmental Effects*, 39(6), 592–598. <https://doi.org/10.1080/15567036.2016.1248798>

- Doat, J. (1977). Le Pouvoir Calorifique des Bois Tropicaux. *Bois et Forêts Des Tropiques*, 172, 33–44.
- Elizondo, M. H., Mestres, J. M., Hourcade, J. S., Moreno, J. C., Wabo, E., & Alvarez, A. M. (2015). *Actualización del inventario de plantaciones de la provincia de Corrientes* (Gobierno de la Provincia y Consejo Federal de Inversiones, Eds.).
- Fank, P., Garcia, D., & Piter, J. (2020). Análisis comparativo de la madera de *Pinus elliottii* y *Pinus taeda* a través de las propiedades físico-mecánicas. *Revista Yvyrareta*, 28.
- Garay, R., & Henriquez, M. (2012). Tratamiento químico de acetilación en madera de *Pinus radiata*. *Maderas. Ciencia y Tecnología*, 14(1), 103–113. <https://doi.org/10.4067/S0718-221X2012000100009>
- Rivera Inga, P., & Uceda Castillo, M. (1987). Características físico - químicas de la madera y carbón de once especies forestales de la amazonia peruana. *Revista Forestal Del Perú*, 14(2). <https://doi.org/10.21704/RFP.V14I2.137>
- IRAM. (1960). *Norma 17016. Carbones. Método de la determinación del poder calorífico*.
- MAGyP. (2023). *Características de la región. Misiones*. <https://Forestindustria.Magyp.Gob.Ar/Archivos/Informacion-Por-Region/Misiones.Pdf>.
- Maksimuk, Y., Antonava, Z., Krouk, V., Korsakova, A., & Kursevich, V. (2021). Prediction of higher heating value (HHV) based on the structural composition for biomass. *Fuel*, 299, 120860. <https://doi.org/10.1016/J.FUEL.2021.120860>
- Martinez-Perez, R., Pedraza-Bucio, F. E., Apolinar-Cortes, J., Lopez-Miranda, J., & Rutiaga-Quinones, J. G. (2012). Poder calorífico y material inorgánico en la corteza de seis árboles frutales. *Revista Chapingo Serie Ciencias Forestales y Del Ambiente*, 18(3), 375–384. <https://doi.org/10.5154/R.RCHSCFA.2011.05.039>
- Sluiter, A., Hames, B., Ruiz, R., Scarlata, C., Sluite, J., & Templeton, D. (2005). *Technical Report NREL/TP-510-42622*.
- Sluiter, A., Hames, B., Ruiz, R., Scarlata, C., Sluite, J., Templeton, D., & Crocker, D. (2005). *Technical Report NREL/TP-510-42618*.
- Sluiter, A., Ruiz, R., Scarlata, C., Sluite, J., & Templeton, D. (2005). *Report NREL/TP-510-42619*.
- Suarez, T. M., & Berger, G. (2010). *Descripciones de las propiedades físicas y mecánicas de la madera* (EdUNaM - Editorial Universitaria de la Universidad Nacional de Misiones, Ed.).
- Uceda Catillo, M. E. (1980). Determinación del poder calorífico de 20 especies forestales de la amazonia peruana. *Revista Forestal de Perú*, 12, 1–15.

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.yvyrareta.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

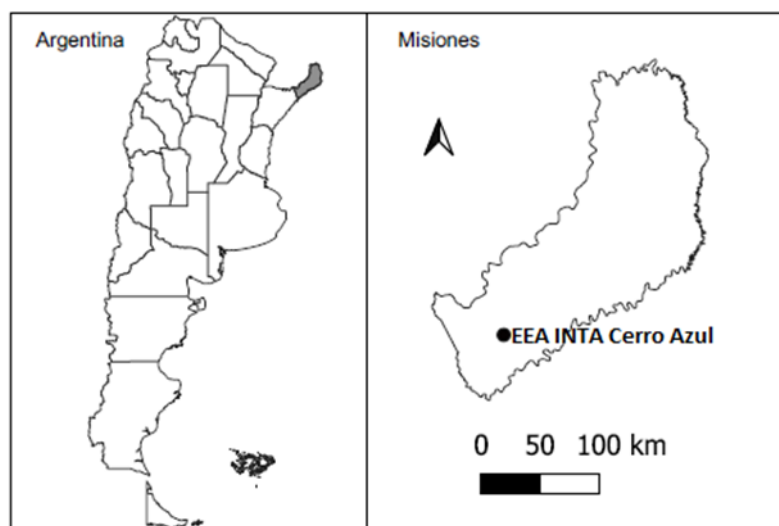


Tabla 1. Variables de los ejemplares apeados de cada taxón

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 $F_1 \times PCH$ 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, F_1 y la retrocruza PEE $\times F_1$, 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 F_1 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 m^3 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> (m^3)	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 ($p > 0,05$).

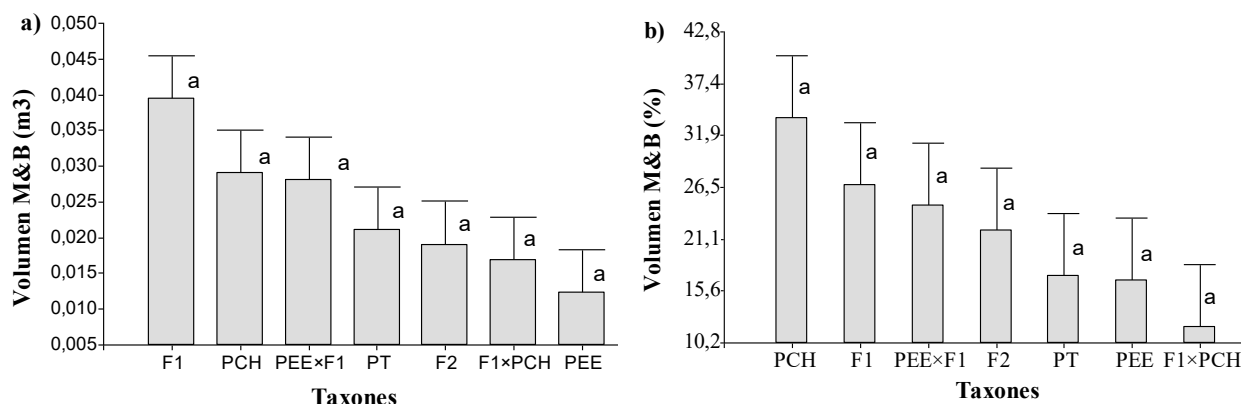
La comparación de medias del volumen promedio (m³) en tablas que calificaron bajo la norma *Factory*, arrojó diferencias significativas ($p \leq 0,05$). Los máximos volúmenes en esta categoría se obtuvieron con los materiales genéticos F₁, PT y PEE×F₁. Mientras que, en términos relativos (%), no se encontraron diferencias significativas ($p > 0,05$), aunque PEE y PT fueron los taxones que arrojaron los mayores porcentajes (≥ 65 %). A su vez, Belaber et al. (2022) evaluaron el índice de internudos (IIn) de este ensayo, observando el mayor IIn 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

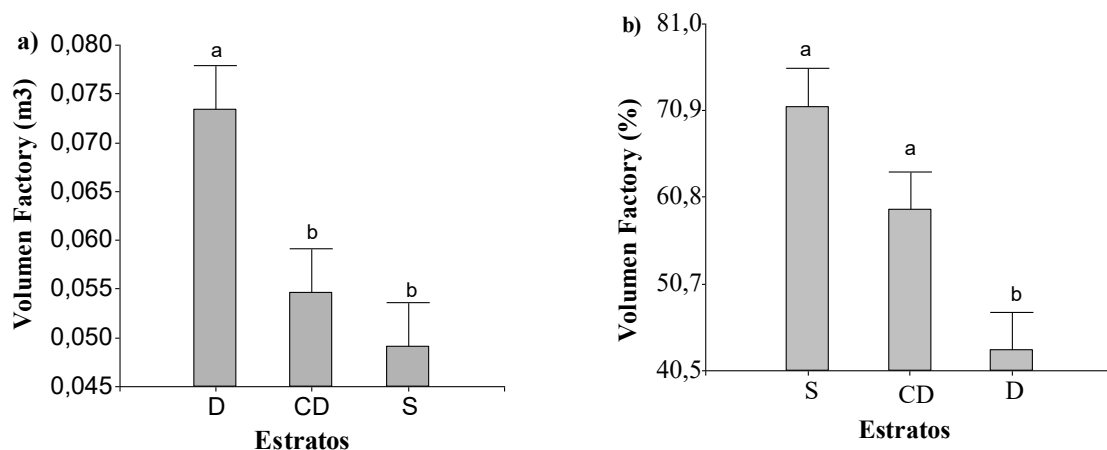
Figure 4. Volumetric (a) and percentage (b) production of *Moulding & Better* grade for the different taxa



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 F1×PCH (0,07 m³) y F1 (0,04 m³), respectivamente. Mientras que, el rendimiento en m³ para las dos calidades superiores fue menor para PEE, se obtuvieron valores medios de 0,02 m³ de *Clear* y 0,01 m³ 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</i> + <i>M&B</i> (m ³)	Volumen <i>Clear</i> + <i>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 elliotii* var. *elliotii* × *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>.

ARTÍCULO CIENTÍFICO

Crecimiento de cinco especies arbóreas nativas a los 10 años de edad en el NE de Corrientes

Growth of five native tree species at 10-year-old in NE Corrientes

DOI: <https://doi.org/10.36995/j.yvyrareta.2024.32.003>

Recibido 11 de diciembre 2023; aceptado en 3 de julio 2024

Silvana L. Caldato ¹, Raúl V. Pezzutti ¹, Christian Chrapek ¹, Raul Schenone ¹, Noelia May Petroff ¹, Federico Montiel ¹

¹Universidad del Salvador (USAL). Corrientes. Argentina. silvana.caldato@usal.edu.ar

Resumen

El objetivo de este estudio fue evaluar el crecimiento a los 10 años de edad de cinco especies de árboles nativos de la selva paranaense en una plantación a campo abierto en el noreste de Corrientes. El diseño experimental utilizado fue de bloques completos al azar con 4 repeticiones y 5 tratamientos (especies), distribuidos en parcelas de 25 plantas en cada repetición. Se evaluaron cinco especies: *Araucaria angustifolia*, *Cedrela fissilis*, *Cordia trichotoma*, *Handroanthus heptaphyllus* y *Myrocarpus frondosus*. La sobrevivencia fue buena con un promedio general de 81%, sin embargo, las especies *C. fissilis* y *M. frondosus* presentaron mayor cantidad de individuos menores en estado de rebrotes. *A. angustifolia* es la especie que presentó el mayor desarrollo. La segunda especie con mejor crecimiento en diámetro fue *C. fissilis* pero presentó problemas de forma. Crecimiento intermedio se observó en *C. trichotoma* y *H. heptaphyllus*, destacándose la primera por presentar mejor forma. *M. frondosus* mostró en general grandes dificultades para desarrollarse en estas condiciones de crecimiento a cielo abierto.

Palabras Clave: Silvicultura; Plantación; Conservación; Desarrollo.

Abstract

The aim of this study was to evaluate the growth at 10-year-old of five tree native species from paranaense forest growing in an open field plantation in northeast of Corrientes. The experimental design used was randomized complete blocks with 4 repetitions and 5 treatments (species), distributed in plots of 25 plants in each repetition. Five species were evaluated: *Araucaria angustifolia*, *Cedrela fissilis*, *Cordia trichotoma*, *Handroanthus heptaphyllus* and *Myrocarpus frondosus*. The survival was good with an overall average of 81%, however, the species *C. fissilis* and *M. frondosus* presented a greater number of minor individuals in a state of regrowth. *A. angustifolia* was the species that showed the greatest development. The second species with the best growth in diameter was *C. fissilis* but it presented shape problems. Intermediate growth was observed in *C. trichotoma* and *H. heptaphyllus*, with *C. trichotoma* showing better shape. *M. frondosus* generally showed great difficulties in developing under these open growth conditions.

Keywords: Forestry; Plantation; Conservation; Development.

Introducción

La principal causa de la disminución de la biodiversidad es la pérdida del hábitat causada principalmente por el cambio del uso del suelo, consecuencia de la expansión de las diferentes actividades humanas. En este sentido, los bosques nativos son uno de los ecosistemas más amenazados y fragmentados a nivel mundial (Gasparri y Grau, 2009; Gibson et al., 2011).

Con la presión de los recursos naturales también es importante remarcar la conservación ex situ, la cual busca mantener germoplasmas fuera de sus ambientes originales, ya sea en forma de plantas enteras (jardines botánicos) o en bancos de genes, semillas, tubérculos o bancos de germoplasma (Franco, 2008). El establecimiento de plantaciones con especies de alto valor podría permitir obtener maderas de elevada calidad y disminuir la presión sobre estas en los bosques nativos, contribuyendo de esa manera a la conservación de las especies y a los servicios ambientales. Para ello, es necesario conocer a través de estudios las respuestas de estas ante diferentes técnicas de establecimiento y tiempos de producción.

Especies arbóreas como el Incienso (*Myrocarpus frondosus* Allemão), el Lapacho (*Handroanthus heptaphyllus* (Vell.) Mattos), el Cedro Misionero (*Cedrela fissilis* Vell.), el Peteribí (*Cordia trichotoma* (Vell.) Arráb. ex Steud.) y el Pino Paraná (*Araucaria angustifolia* (Bertol.) Kuntze) son representantes valiosísimos de la Selva Misionera y se destacan por sus preciadas maderas (Dimitri, 2000). Estas especies han sido aprovechadas durante cientos de años, sin embargo, poco se conoce sobre sus necesidades silviculturales en plantaciones monoespecíficas o mixtas en su sitio de origen y menos aún en regiones más distantes.

Salto y Lupi (2019) presentan una recopilación de estudios realizados con distintas especies nativas de Argentina: *Prosopis alba* Griseb, *Araucaria angustifolia*, *Cordia trichotoma*, *Cabralea canjerana* (Vell.) Mart., *Enterolobium contortisiliquum* (Vell.) Morong y *Balfourodendron riedelianum* (Engl.) Engl. En el caso de la *A. angustifolia* destacan la productividad a edades cercanas a los 10 años en condiciones de calidad del suelo donde se conservaron los residuos durante la preparación del sitio. Enfatizan también que *C. trichotoma* presentó un fuste recto y con mayor diámetro y menor altura a cielo abierto que bajo cubierta, resultando una especie promisoría para uso industrial. Con el objetivo de sugerir alternativas productivas para la recuperación de suelos degradados, Montagnini et al. (2005) probaron seis especies de árboles nativos del bosque húmedo subtropical de Misiones, Argentina, en tres sitios con condiciones contrastantes de degradación de suelos. Los ensayos se realizaron en plantaciones mixtas y sistemas agroforestales con yerba mate, incluyendo árboles fijadores de nitrógeno. Dos especies maderables mostraron la mejor adaptabilidad y crecimiento: Guatambú Blanco (*Balfourodendron riedelianum*) y Lapacho Negro (*Handroanthus heptaphyllus*).

El objetivo de este estudio fue evaluar el crecimiento a cielo abierto de 5 especies nativas de la selva misionera en un ensayo implantado en el Campus San Roque González de la Universidad del Salvador, en la localidad de Gobernador Virasoro, Corrientes.

Materiales y métodos

Descripción del área de estudio

El ensayo se instaló en el campus de la Universidad del Salvador, localidad de Gobernador Virasoro, Corrientes, en las coordenadas geográficas de 28°11'35,11" de latitud Sur y 56°04'37,84" longitud Oeste y la altitud es de 107 m sobre el nivel del mar. La región se caracteriza por ser zona de campos, el suelo del área es rojo arcilloso, bien drenado, en posición de paisaje denominado localmente "Loma" o lomadas cupuliformes correspondientes a la serie de suelos "Díaz de Vivar" (Escobar et al., 1996). El clima de la zona es Cfa (Koppen, 1948) siendo un clima mesotermal, cálido templado, sin estación seca, con precipitación máxima en el otoño y veranos muy cálidos. La temperatura media anual es de 21,2 °C y la precipitación media anual cercana a los 1800 mm (Fuente: Estaciones meteorológicas locales).

Caracterización del ensayo

Se utilizó un diseño de bloques completos al azar con 4 repeticiones y 5 tratamientos (especies - descritas en la Tabla 1). En total se instalaron 20 parcelas ocupando un área total de 4500 m². Cada parcela estuvo constituida por una especie individual con 25 plantas (5 hileras x 5 plantas) con un distanciamiento de 3 m x 3 m entre plantas.

Tabla 1. Descripción de las especies plantadas (tratamientos).

Table 1. Description of the planted species (treatments).

Familia/ Nombre científico	Nombre común	Grupo Sucesional	Características silviculturales Fuente: Carvalho (2014).
Araucariaceae/ <i>Araucaria angustifolia</i> (Bertol.) Kuntze	Pino Paraná	Pionera	Especie heliófita longeva (edad media 200 años). Para el buen crecimiento necesita suelos profundos, bien drenados, textura franco-arcillosa.
Bignoniaceae/ <i>Handroanthus heptaphyllus</i> (Vell.) Mattos	Lapacho negro	Secundaria tardía	Crecimiento moderado. Tolerable a la sombra y al frío. Prefiere suelos fértiles, profundos, con buen drenaje. Crecimiento irregular con bifurcaciones.

Familia/ Nombre científico	Nombre común	Grupo Sucesional	Características silviculturales Fuente: Carvalho (2014).
Cordiaceae / <i>Cordia trichotoma</i> (Vell.) Arráb. ex Steud.	Peteribí	Secundaria inicial	Especie que tolera sombra de media intensidad en la fase inicial y medianamente tolerante al frío, sufriendo principalmente con heladas tardías. Generalmente con buena forma del fuste
Fabaceae/ <i>Myrocarpus frondosus</i> Allemao	Incienso	Secundaria tardía	Especie semi heliófita, moderadamente tolerante al frío. Habito de crecimiento en áreas abiertas sin dominancia apical y bifurcaciones.
Meliaceae/ <i>Cedrela fissilis</i> Vell.	Cedro Misionero	Secundaria inicial	Especie parcialmente umbrófila en estadio juvenil y heliófita cuando adulta. Cuando no es atacada por <i>Hypsipyla grandella</i> Zeller (Lepidoptera, Pyralidae) presenta forma satisfactoria y ramificación leve.

Previo a la plantación, se realizó un control de hormigas y un control de malezas (químico y mecánico), la preparación del suelo fue realizada con subsolador a 30 cm de profundidad (doble pasada) en el líneo de plantación. La plantación se realizó el día 4 de septiembre del año 2013. A los 11 meses se realizó una primera reposición de algunos ejemplares, de todas las especies, y luego de 2 meses, una segunda reposición. De La Reta et al. (2015) analizaron la sobrevivencia inicial del ensayo y encontraron que la especie con menor sobrevivencia fue el Pino Paraná (75%) y el Cedro Misionero la de mayor sobrevivencia (98%), sin embargo, a nivel sanitario, el Cedro Misionero fue la especie que más afectada; presentando síntomas de ataques de plagas, mayormente barrenadores del tallo.

A los 6 años de edad las plantas fueron intervenidas con podas de formación, eliminando brotes basales, bifurcaciones y ramas, a fin de lograr un fuste maderable en el tiempo, siendo evaluadas las variables sobrevivencia, diámetro a la altura del cuello, altura y forma del fuste (Chrapek et al., 2020).

Variables evaluadas y análisis de datos

A los 10 años las variables de medición fueron el diámetro a la altura del pecho (DAP a 1,3 m) y la altura total (h), utilizando cinta diamétrica y clinómetro digital, respectivamente. En esta oportunidad se evaluaron todas plantas vivas, siendo consideradas en el análisis del crecimiento los individuos que tenían diámetro a 1,3 m (DAP). Los demás individuos de menor

desarrollo (que no presentaban DAP), fueron considerados solamente como vivos y rebrotes. El volumen individual (v_i) fue calculado utilizando la fórmula de un paraboloide. Con la densidad de árboles equivalente por hectarea y con el v_i se estimó el volumen total con corteza (V_{tcc}) equivalente a $m^3 ha^{-1}$. Las variables DAP, altura y volumen total se analizaron a través del análisis de la varianza (ANOVA) correspondiente al diseño estadístico utilizado, y test de separación de medias de Tukey ($p < 0,05$) cuando los tratamientos presentaron diferencias significativas (Test de F). Los análisis estadísticos se realizaron con el software "R Library Agricolae" versión 4.2.0 (2022-04-22 ucrt).

Resultados y discusión

En la Tabla 2 se presentan los resultados de sobrevivencia y crecimiento para cada especie implantada. Transcurridos 10 años de la plantación y después de los replantes realizados en el primer año de establecimiento no hay diferencias significativas en la sobrevivencia de las especies. El número total (n) de individuos en fase de rebrote (que no presentan DAP) fue de 94 plantas, el Incienso y el Cedro fueron las especies con mayor cantidad de individuos en esta fase.

Tabla 2. Parámetros de sobrevivencia y crecimiento para las especies arbóreas estudiadas. Sobrevivencia, altura total (h), diámetro a la altura del pecho (DAP), volumen total con corteza (V_{tcc}), coeficiente de variación del volumen (CV%), densidad y rebrotes a los 10 años de edad

Table 2. Survival and growth parameters for the tree species studied. Survival, total height (h), diameter at breast height (DBH), total volume with bark (V_{tcc}), coefficient of variation of volume (CV%), density and regrowth at 10-year-old

Especies	Sobrevivencia %	h (m)	DAP (cm)	V_{tcc} ($m^3 ha^{-1}$)	CV% V_{tcc}	Densidad (plantas ha^{-1})	Rebrotes (n)
Pino Paraná	80	7,2 a	14,2 a	51,3 a	31	889	1
Cedro Misionero	82	4,7 b	10,9 b	21,3 b	44	911	30
Lapacho	87	4,7 b	7,2 c	9,4 b c	16	967	9
Peteribí	79	4,3 b	6,4 c d	6,3 b c	45	878	19
Incienso	77	2,8 c	4,0 d	1,8 c	75	855	35

Nota. *Medias con la misma letra no difieren significativamente por el test de Tukey ($p > 0,05$).

Los resultados presentados en la Tabla 2 muestran que a los 10 años de edad el Pino Paraná fue la especie con mayor crecimiento para las variables altura, DAP y volumen, diferenciándose significativamente de las demás especies. Para la variable altura total, el Cedro Misionero, el Lapacho y el Peteribí no presentaron diferencias significativas entre sí. El Incienso fue la especie con menor crecimiento para todas las variables y presentó alta dispersión relativa en cuanto al volumen. El incremento medio en altura del Pino Paraná fue de $0,7 m año^{-1}$, inferior al informado por Martiarena et al. (2012) en un estudio realizado en el NO de Misiones a los 10 años de edad, con un valor de $1,1 m año^{-1}$. Este crecimiento superior

sería por las mejores condiciones edafológicas y climáticas del sitio ubicado en Misiones. De acuerdo con Carvalho (1994), el crecimiento inicial de *A. angustifolia* es lento, sin embargo, a partir del tercer año, en sitios adecuados, presenta incremento anual en altura de 1 m y, a partir del quinto año, tasas de incremento en diámetro de 1,5 a 2, 0 cm año⁻¹. En cuanto al comportamiento anual de crecimiento la especie presenta periodicidad. En un estudio realizado en la Floresta Nacional de San Francisco de Paula, RS, Brasil, Zanon y Finger (2010) concluyen que el inicio del crecimiento anual en diámetro ocurre en septiembre, alcanzando su pico en el mes de enero, comenzando a decrecer a partir de marzo.

El Cedro Misionero presentó valores de incremento en altura de 0,47 m año⁻¹, valores inferiores a los mencionados por Eibl y González (2015) de 0,65 m año⁻¹. Con relación al Peteribí, Crechi et al. (2010) obtuvieron resultados muy similares en desarrollo en altura y DAP a los 10 años de edad para el sur de Misiones, creciendo a cielo abierto, con valores próximos a 4 metros de altura y 6 cm de DAP. Los autores destacan que los mejores desarrollos de las especies nativas evaluadas fueron en las plantaciones realizadas bajo dosel de pino. Respecto del DAP el Pino Paraná, también se diferenció de las demás especies de manera significativa alcanzando un valor de 14 cm a los 10 años de edad. El Cedro presentó 10,9 cm de diámetro, diferenciándose en segundo lugar de las demás especies, ya que el Lapacho y el Peteribí formaron un tercer grupo de crecimiento y el Incienso presentó el menor valor. En cuanto al volumen total (equivalente a m³ ha⁻¹) el Pino Paraná y el Cedro obtuvieron los mayores desarrollos. Si bien el Peteribí no presentó un crecimiento destacable, en cuanto a su forma fue muy buena superando al Cedro, al Lapacho y al Incienso (Chrapek et al., 2020). Por otra parte, el Cedro mostró problemas sanitarios y de forma al ser atacada por la *Hypsipyla grandella* (mariposita barrenadora del brote del cedro) (Chrapek et al., 2020).

Paniagua et al. (2013) estudiando el crecimiento de una plantación mixta de especies nativas localizada en el Departamento de Alto Paraná en Paraguay, registraron a los 22 años un diámetro de 12,2 cm y altura de 10,2 m para *Tabebuia heptaphylla* (actualmente *Handroanthus heptaphyllus*), siendo una de las especies estudiadas con menor crecimiento. Destacan también que, en cuanto a la forma del fuste, un alto porcentaje de los individuos de las especies estudiadas presentaron fustes ligeramente torcidos y bifurcados en el 1/3 superior.

De acuerdo con Carvalho (1994) el Incienso presenta un crecimiento inicial muy lento, siendo que de las 100 especies analizadas se encuentra entre las tres con peor ritmo de crecimiento.

En plantíos experimentales en Brasil, Carvalho (2014) considera que el Peteribí presenta crecimiento lento a moderado; el mayor incremento volumétrico (IMA) registrado fue de 9,65 m³ ha⁻¹ año⁻¹, a los diez años, en espaciamiento de 2,5 m x 2,5 m. La silvicultura de esta especie es todavía incipiente y carece de solución para la heterogeneidad del crecimiento de los individuos plantados. Como forma de contornar los problemas, Carvalho (2014) sugiere que sean utilizados espaciamientos iniciales más adensados y la adopción de

prácticas silviculturales como raleo y manejo de copas (poda), para elevar las tasas de crecimiento anual y, consecuentemente, aumentar su variabilidad económica en este tipo de cultivo.

Humano (2020) estudiando el crecimiento de especies nativas forestales de la selva pedemontana de Yugas en el NO argentino, destaca que las especies con mayores incrementos diametrales fueron *Cedrela balansae* C. DC. y *Anadenanthera colubrina* (Vell.) Brenan con 5,77 mm año⁻¹ y 4,77 mm año⁻¹ respectivamente, y en el resto de las especies maderables fueron menores a 3 mm año⁻¹. Concluye que las especies heliófilas registraron mayores incrementos diamétricos que las especies umbrófilas.

En la Figura 1 se puede observar individuos con un buen crecimiento en cada especie, indicando que hay un potencial para mejorar el desarrollo general de las mismas. Según Poorter y Bongers (1993) el crecimiento de las plantas es influenciado por la disponibilidad de recursos como por ejemplo la temperatura, luz, agua, nutrientes, radiación, así como también por factores de competencia por influencia de otras especies, edáficos, topográficos y constitución genética. Cada uno de estos pueden afectar de manera aislada o en conjunto para el crecimiento de los árboles.

El comportamiento de una especie está estrictamente asociado a su biología y al ambiente donde crece. El Pino Paraná, por ejemplo, presenta un crecimiento monopodial típico de las gimnospermas. En el caso del Incienso, que es una especie secundaria, en el interior del bosque nativo pertenece al estrato arbóreo superior y crece con largo fuste recto y cilíndrico y copa poco expandida (Dimitri, 2000; Reitz et al., 1988), patrón de crecimiento característico de la competencia por luz, ya en cielo abierto la especie crece con fuste corto y con bifurcaciones, por lo que se recomienda el Incienso en plantíos mixtos.

Figura 1. Vista de plantas con buen desarrollo para las 5 especies a los 10 años de plantación
Figure 1. View of plants with good development for the 5 species after 10 years of planting



Conclusiones

Las 5 especies nativas implantadas a cielo abierto presentaron buena sobrevivencia, sin embargo, el Cedro Misionero y el Incienso presentaron mayor cantidad de individuos menores en fase de rebrotes. El Pino Paraná es la especie que presenta el mejor desarrollo. La segunda especie con mejor crecimiento en diámetro fue el Cedro, pero presentó problemas sanitarios y de forma. Un crecimiento intermedio se observó para el Peteribí y el Lapacho, siendo que el Peteribí presentó un fuste más recto, conformando junto con el Pino Paraná las dos especies con mejor potencial para uso en la industria maderera. El Incienso, en general, mostró grandes dificultades para desarrollarse en estas condiciones de crecimiento a cielo abierto.

Agradecimientos

Se agradece a la empresa Forestal Bosques del Plata S.A. por haber proporcionado los plantines de las 5 especies implantadas en el ensayo. También a los estudiantes y al personal de la Universidad del Salvador que contribuyeron en el establecimiento, medición y mantenimiento del ensayo.

Referencias bibliográficas

- Carvalho, P. E. R. (1994). *Espécies arbóreas brasileiras: recomendações silviculturais, potencialidades e uso da madeira* (EMBRAPA-SPI, Ed.).
- Carvalho, P. E. R. (2014). *Espécies arbóreas brasileiras* (EMPRAPA Florestas, Ed.).
- Chrapek, C., Pezzutti, R., Schenone, R., Caldato, S., & Machuca, J. (2020). Conservación y análisis del potencial productivo de cinco especies nativas en el NE de Corrientes. En INTA (Ed.), *XXXIV Jornadas forestales de Entre Ríos* (pp. 123–127).
- Crechi, E., Hennig A., Domecq, C., Keller A., Fassola H., Hampel H., & Eibl, B. (2010). Crecimiento de 3 especies latifoliadas nativas bajo dosel de pino y a cielo abierto hasta los 12 años de edad (*Cordia trichotoma* (Vell.) Arrab. ex Steudel, *Balfourodendron riedelianum* (Engl.) Engl., *Enterolobium contortisiliquum* (Vell.) Morong.). En INTA EEA Montecarlo & Danzer Forestación S.A. (Eds.), *Jornada de Campo Silvicultura de Bosques Mixtos de Especies Nativas y Exóticas* (pp. 15–17).
- De la Reta, L., Chrapek, C., Pezzutti, R., Schenone, R., Caldato, S., & Rojas, A. (2015). Sobrevivencia y crecimiento inicial de 5 especies nativas *Handroanthus heptaphyllus* Vell. Mattos; *Cedrela fissilis* Vell.; *Cordia trichotoma* Vell. Arráb. Ex Steud; *Araucaria angustifolia* Bertol. Kuntze; *Myrcarpus frondosus* Allemao, en el NE de Corrientes. En INTA (Ed.), *XXIX Jornadas Forestales de Entre Ríos*.
- Dimitri, M. J. (2000). *El nuevo libro del árbol: especies forestales de la Argentina oriental* (El Ateneo, Ed.).
- Eibl, B., & González, C. (2015). Ficha Técnica. Manejo de frutos y semillas, producción de plantines y establecimiento a campo de especies nativas. *Cedrela fissilis* Vell. (Cedro Misionero), Familia Meliaceae. *Revista Yvyrareta*, 22, 72–74.
- Escobar, E. H., Ligier, H. D., Melgar, R., Matteio, H., & Vallejos, O. (1996). *Mapa de Suelos de la provincia de Corrientes. Argentina* (E. E. A. C. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA), Ed.).
- Franco, T. (2008). Los bancos de germoplasma en las Américas. *Recursos Naturales y Ambiente*, 53, 81–84.
- Gasparri, N. I., & Grau, H. R. (2009). Deforestation and fragmentation of Chaco dry forest in NW Argentina (1972–2007). *Forest Ecology and Management*, 258(6), 913–921. <https://doi.org/10.1016/J.FORECO.2009.02.024>
- Gibson, L., Lee, T. M., Koh, L. P., Brook, B. W., Gardner, T. A., Barlow, J., Peres, C. A., Bradshaw, C. J. A., Laurance, W. F., Lovejoy, T. E., & Sodhi, N. S. (2011). Primary forests are irreplaceable

- for sustaining tropical biodiversity. *Nature* 2011 478:7369, 478(7369), 378–381. <https://doi.org/10.1038/nature10425>
- Humano, C. A. (2020). Modelado del crecimiento de especies nativas forestales de la Selva Pedemontana de Yungas, Argentina. *Quebracho - Revista de Ciencias Forestales*, 28(1), 5–19.
- Koppen, W. (1948). *Climatología: con un estudio de los climas de la tierra*. (Fondo de Cultura Económica, Ed.).
- Martiarena, R., Lupi, A., Von Wallis, A., Pahr, N., & Fernández, R. (2012). Condición edáfica y crecimiento de *Araucaria angustifolia* (Bertol.) Kuntze. en función de prácticas de establecimiento. *XIX Congreso Latinoamericano de La Ciencia Del Suelo XXIII Congreso Argentino de La Ciencia Del Suelo*.
- Montagnini, F., Eibl, B. I., & Fernández, R. A. (2005). Adaptabilidad y crecimiento de especies forestales nativas de bosque húmedo subtropical en sitios degradados de Misiones, Argentina. *Yvyrareta*, 13, 10–16.
- Paniagua, G. Adolfo. B., Doldán., Martín. Q., & G., M. M. E. (2013). Crecimiento de especies forestales nativas en una plantación mixta, en el alto Paraná. *Investigación Agraria*, 8(2), 50–57.
- Poorter, L., & Bongers, F. (1993). *Ecology of tropical forests: F500-339* (Wageningen Agricultural University, Ed.).
- Reitz, R., Klein, R., & Reis, A. (1988). *Projeto madeira do Rio Grande do Sul*.
- Salto, C., & Lupi, A. (2019). Avances en el conocimiento y tecnologías productivas de especies arbóreas nativas de Argentina. *Ediciones INTA*.
- Zanon, M. L. B., & Finger, C. A. G. (2010). Relação de variáveis meteorológicas com o crescimento das árvores de *Araucaria angustifolia* (Bertol.) Kuntze em povoamentos implantados. *Ciência Florestal*, 20(3), 467–476. <https://doi.org/10.5902/198050982061>

ARTÍCULO CIENTÍFICO

Efecto de diferentes sustratos, contenedores y ambientes sobre el crecimiento y calidad de plantines de *Neltuma caldenia*

Effect of different substrates, containers and environments on the growth and quality of Neltuma caldenia seedlings

DOI: <https://doi.org/10.36995/j.yvyrareta.2024.32.004>

Recibido 7 de diciembre 2023; aceptado 30 de agosto 2024

Marco Jesús Utello ¹, **Eugenio Lusso** ¹, **Juan Carlos Tarico** ¹, **Marcela Alejandra Demaestri** ¹, **José Omar Plevich** ¹

¹Universidad Nacional de Río Cuarto. Facultad de Agronomía y Veterinaria. Área Dasonomía. Depto. de Producción Vegetal. Córdoba. Argentina. mutello@ayv.unrc.edu.ar

Resumen

El bosque de caldén se ubica en la región centro de Argentina y su principal actividad económica es la ganadería bovina, donde el pastoreo continuo conduce a una acumulación de material herbáceo senescente que aumentan el riesgo de incendios, principal causa de degradación del bosque. Para su restauración y/o expansión de la superficie boscosa, es crucial desarrollar métodos de propagación eficientes en vivero. El siguiente trabajo tuvo por objetivo evaluar la influencia de dos sustratos (suelo/arena/lombricompuesto y turba/perlita/lombricompuesto), dos tamaños de envases (15×6 y 25×7 cm) y dos ambientes (vivero e invernadero) sobre el crecimiento y calidad de plantín de *Neltuma caldenia*. Se registró diámetro a la altura de cuello, altura total, relación entre parte aérea y radical, índice de esbeltez e Índice de Dickson. En esta experiencia la mejor combinación en cuanto a parámetros de crecimiento y calidad del plantín fue sustrato suelo/arena/lombricompuesto, empleando un contenedor profundo y en cancha de cría. Estos resultados son alentadores ya que, con materiales de bajo costo y una baja infraestructura de vivero, es factible lograr plantines de *N. caldenia* de calidad.

Palabras Clave: Caldén; Esbeltez; Índice de Dickson; Invernadero; Vivero.

Abstract

The Caldén forest is located in the central region of Argentina and its main economic activity is cattle ranching, where continuous grazing leads to an accumulation of senescent herbaceous material that increases the risk of fires, the main cause of forest degradation. For its restoration and/or expansion of the forest surface, it is crucial to develop efficient propagation methods in the nursery. The following work aimed to evaluate the influence of two substrates (soil/sand/vermicompost and peat/perlite/vermicompost), two container sizes (15×6 and 25×7 cm) and two environments (nursery and greenhouse) on the growth and seedling quality of *Neltuma caldenia*. Diameter at neck height, total height, relationship between aerial part and root, slenderness index and Dickson Index were recorded. In this experience, the best combination in terms of growth parameters and quality of the seedling was soil/sand/vermicompost substrate, using a deep container and in a breeding field. These results are encouraging since, with low-cost materials and low nursery infrastructure, it is feasible to achieve quality *N. caldenia* seedlings.

Keywords: Caldén; Slenderness; Dickson index; Greenhouse; Nursery.

Introducción

Para fortalecer la restauración de los bosques nativos, dentro de su área de distribución natural y/o para la expansión de la superficie boscosa, se requiere desarrollar métodos de propagación que optimicen los medios de producción en vivero y sean capaces de lograr plantines de calidad. En el centro de Argentina se halla la región fitogeográfica del Espinal y dentro de ella, el distrito del Caldén, la cual se encuentra dominada por *Neltuma caldenia* Burk. (*Leguminosae*), una especie leñosa perenne, caducifolia, espinosa, nativa y endémica de la región. La superficie boscosa actual es de 3.068.089 ha (MAyDS, 2020). Actualmente, la principal actividad económica del bosque es la ganadería de cría bovina, donde el pastoreo continuo conduce a una acumulación de material herbáceo senescente que predispone la ocurrencia de incendios, uno de los principales factores de degradación del caldenal (SAyDS, 2007). Por otra parte, factores naturales, económicos, tecnológicos y sociales, sumados a que esta región es colindante con la de mayor desarrollo agrícola del país, han contribuido al incremento de la tala indiscriminada y desmonte para el cambio de uso de suelo (Bogino, 2006).

Las condiciones y características que debe reunir un buen plantín forestal son el diámetro del tallo y la altura total del plantín. El diámetro del tallo se mide a nivel del cuello de la planta aceptándose valores ideales entre 4 y 6 mm (Ottone, 2005). En general, la bibliografía menciona que la altura total adecuada debería estar alrededor de 35 cm, el tallo debe ser único, recto, de color adecuado, elástico, lignificado para que el plantín pueda adaptarse a las condiciones del campo (Birchler et al., 1998). Con esto se busca un conveniente equilibrio entre el sistema radicular y la parte aérea para una normal absorción, transpiración y desarrollo armónico (Ottone, 2005). La altura de la planta es un buen predictor de sus dimensiones futuras a campo (Mexal y Landis, 1990), pero no lo es para la supervivencia, considerándose un indicador insuficiente que debe ser relacionado con otros criterios como el diámetro; la combinación de ambos sumado a la partición de biomasa, se emplean en la construcción de índices de calidad más complejos, como la Esbeltez y el Índice de calidad de Dickson (Dickson et al., 1960) que permiten determinar si las proporciones del plantín son adecuadas y cómo será su respuesta a campo.

La selección de los plantines según las condiciones del sitio y época de implantación puede hacerse en función de la relación parte aérea y radicular: si no existen limitantes ambientales una relación longitud parte aérea (LPA)/ longitud parte radical (LPR) de 1 favorece altas tasas de supervivencia; en sitios con limitantes de humedad se sugiere utilizar plantines con LPA/LPR de 0,5, mientras que en sitios sin limitantes de humedad las relaciones pueden ser de 1,5 a 2,5 (Prieto-Ruiz et al., 2003).

Para lograr un plantín de calidad se necesita un sustrato ideal, que es aquel que proporciona a las plantas las mejores condiciones para su crecimiento, que posea bajo costo inicial, y con una relación costo/beneficio adecuado para el sistema en cuestión. Como en la

práctica no se obtiene con un solo elemento es necesario realizar combinaciones que permitan esas condiciones (Valenzuela y Gallardo, 2003). El equilibrio entre el agua retenida y la aireación en el medio de crecimiento es un aspecto esencial. Deben existir suficientes poros pequeños para retener el agua que va a absorber la planta y suficientes poros grandes para permitir el intercambio de aire con el medio externo y mantener las concentraciones de oxígeno por encima de los niveles críticos. Además, el sustrato debe presentar suficiente densidad aparente para mantener a la planta en posición vertical, evitando el vuelco, y al mismo tiempo sin excesos de peso que dificulte la manipulación de las plantas e incremente los costos de transporte (Pire y Pereyra, 2003). El agregado de perlita y corteza de pino genera cambios en las porosidades de los sustratos y sobre variables morfológicas de plantines (Salto et al., 2013, 2016). Ensayos referentes a las propiedades físicas de los sustratos (Salto et al., 2013) encontraron que existen interacciones significativas entre los envases y los sustratos empleados.

Al momento de producir un plantín forestal, el largo del contenedor es clave porque determina la longitud del sistema radical, lo cual es un factor determinante para sitios de plantación secos (Joseau et al., 2013). El tamaño del contenedor tiene una correlación directa con los parámetros morfológicos de las plantas a producir, a mayor volumen del contenedor se obtendrán valores superiores de altura y diámetro de cuello (Domínguez, 1997; Salto et al., 2016).

A pesar de la información disponible en cuanto a la utilización de envases y sustrato para varias especies del género *Neltuma* (Navall et al., 2010; Salto et al., 2013, 2016; Fontana et al., 2018), al presente no se encuentran experiencias en la evaluación de tecnologías de producción de plantines de *N. caldenia* a nivel de vivero, por lo que cabría preguntarse ¿Existen diferencias en el crecimiento y calidad de plantines de *N. caldenia* ante cambios en la composición de los sustratos, dimensiones de contenedores y modificaciones en los ambientes de crecimiento? El objetivo del presente trabajo fue generar información para contribuir en la optimización de los medios de producción de plantines de esta importante especie en vivero.

Materiales y métodos

Descripción y ubicación de la zona de estudio

El caldenal es un bosque xerófilo dominado por *N. caldenia* y es la formación arbórea predominante del distrito del caldenal dentro de la región fitogeográfica del Espinal. Su estructura, generalmente se presenta asociada con otras leñosas arbóreas como algarrobo dulce (*Neltuma flexuosa* DC), chañar (*Geoffroea decorticans* Burkart) y sombra de toro (*Jodina rhombifolia* Hook. et Arn. Reissek) que es acompañado por un estrato arbustivo donde se destacan molle o moradillo (*Schinus fasciculata* Griseb.), tala (*Celtis ehrenbergiana* (Klotzsch) Liebm.) y piquillín (*Condalia microphylla* Cav.). Presenta un estrato herbáceo denso

compuesto principalmente por gramíneas perennes mixtas (Anderson et al., 1969). El trabajo se llevó a cabo en el vivero de la Facultad de Agronomía de la Universidad Nacional de Río Cuarto, ubicado sobre la ruta nacional N° 36, a la altura del km 601, en la localidad de Río Cuarto, provincia de Córdoba.

Descripción de ensayo

Se evaluaron dos sustratos: el sustrato 1 podría adaptarse fácilmente a los lugares próximos a la restauración de los bosques, elaborado a partir de arena + suelo + lombricompuesto con un 40, 30 y 30 % en volumen de cada uno, respectivamente y el sustrato 2 es el normalmente utilizado en los viveros comerciales compuesto por turba + perlita + lombricompuesto con una proporción en volumen de 30, 40 y 30 %, respectivamente. Ambos fueron mezclados y zarandeados para lograr una mayor homogeneidad. El lombricompuesto fue agregado en los dos sustratos, por considerarse un abono obtenido a partir de residuos orgánicos (estiércoles animales) de bajo costo y con excelentes propiedades físico-químicas aptas para el cultivo de las plantas.

Se probaron dos tipos de envases: 1) tradicional utilizado en la mayoría de los viveros comerciales representado por una bolsa (maceta) de polietileno negro de 15 cm de altura, 5 cm de diámetro y un volumen de 294,5 cm³ y 2) envase profundo de 25 cm de altura, 6 cm de diámetro y un volumen de 706,8 cm³.

Los tratamientos de ambiente fueron: cancha de cría de 1m de ancho por 8m de largo, con un socalo de 10 cm donde se colocan las macetas sobre el piso, las cuales son regadas por aspersión y se cubren mediante red media sombra corrediza durante el periodo de germinación. En cuanto al invernadero, posee 20 m de largo por 8 m de ancho, conformada por una malla anti-granizo, un film de polietileno de 200 micrones, y un sistema de riego semejante al caso anterior. Cabe destacar que la diferencia de temperatura y humedad son notables entre estos dos ambientes, y si bien es muy variable y depende del tipo de invernadero con el que se trabaje, Lenscak e Iglesias (2019) mencionan diferencias de temperatura favorable en el orden de los 5 a 7 °C con respecto a la cancha de cría.

La siembra se realizó el 11/08/2021 en la cual se colocó una semilla por maceta. Las semillas fueron provistas por la cátedra de Dasonomía, recolectada de rodales semilleros en la Reserva Forestal Natural Ralicó, y previo a la siembra se realizó un escarificado mecánico con lija grano 120.

Indicadores de calidad de plantín

Se tomaron datos de altura total y diámetro en la base del tallo al final de ciclo (11/3/2022). Se determinó peso seco del plantín, para lo cual, se lavaron los cepellones con agua para eliminar el sustrato y se separó la parte aérea de la radicular. Luego se llevaron a estufa a 100 °C hasta peso constante. Con los resultados obtenidos, se calculó la relación peso seco

aéreo/raíz (PSA/PSR), coeficiente de esbeltez (CE) que es la relación entre la altura de la parte aérea del plantín (cm) y su diámetro en la base del tallo (mm), siendo un indicador de la densidad de cultivo y un parámetro importante en las plantas en contenedor, donde se pueden desarrollar plantas ahiladas (Thompson, 1985). Además, se calculó el Índice de Dickson (ICD) que integra los conceptos de CE, PSR y PSA (Dickson et al., 1960).

$$ICD = \frac{\text{Peso seco total (g)}}{CE \text{ (cm/mm)} + PSA \text{ (g)} / PSR \text{ (g)}} \quad (\text{Ecuación 1})$$

Diseño experimental

Se realizó un diseño factorial con un arreglo completamente aleatorizado con 25 repeticiones por tratamiento. Los factores fueron: sustrato (dos niveles: Turba/Perlita/Lombricompuesto y Suelo/Arena/Lombricompuesto), envase (dos niveles: 15 × 6 cm y 25 × 7 cm) y ambiente (dos niveles: cancha de cría e invernadero). Los datos fueron tratados mediante análisis de la varianza (ANOVA) para detectar diferencias estadísticas entre factores e interacciones. Para la comparación de medias se utilizó test de DGC (0,05 %) empleando el *software* estadístico Infostat (Di Rienzo et al., 2015). Cuando las interacciones entre factores no fueron significativas las medias se analizaron por separadas. En caso contrario se analizaron las medias de sus interacciones.

Resultados y discusión

Los resultados de esta experiencia mostraron una respuesta diferencial de las variables de crecimiento y calidad del plantín respecto a los tratamientos aplicados. En relación a los sustratos, no se observaron diferencias significativas en cuanto al diámetro del cuello de los plantines ($p > 0,05$) para las dos combinaciones de sustratos evaluadas (Tabla 1). Lo mismo sucedió con el peso del plantín, para una misma condición de ambiente y envase, los diferentes sustratos no produjeron cambios significativos en la biomasa total (Tabla 2). Sin embargo, la respuesta en altura de los plantines, en la mayoría de los casos y para una misma condición ambiental y envase, fue significativamente superior al sustrato suelo/arena/lombricompuesto, excepto para la condición de invernadero y envase grande donde no hubo diferencias significativas (tabla 2). La importancia que menciona Salto et al. (2013) en cuanto al agregado de perlita y turba para mejorar la porosidad parecería no ser tan relevante en cuanto a la altura del plantín. Un estudio reciente realizado por Utello et al. (2023), muestra que la microbiota nativa del suelo tiene un impacto altamente significativo en los parámetros de crecimiento y calidad comparado con plantines que crecen con sustrato convencional. Es por ello que, posiblemente las mayores alturas logradas en este caso se atribuyan al aporte de micorrizas y bacterias fijadoras de N que proporciona la fracción de suelo en la preparación del sustrato.

En relación al contenedor, los resultados sugieren que su tamaño repercute en el desempeño del diámetro del cuello (tabla 1), en la altura y la biomasa de los plantines (Tabla

2). Como lo cita la bibliografía (Domínguez, 1997) a mayor volumen del contenedor se obtendrán valores superiores de altura y diámetro de cuello. En esta experiencia, los mayores valores alcanzados en altura se encuentran asociados a los envases grandes (Tabla 2). Esto guarda relación con lo mencionado por Joseau et al. (2013) donde recomienda el empleo de envases de mayor profundidad y volumen para permitir un mayor desempeño en el crecimiento del plantín.

El ambiente donde crece el plantín cobra un papel relevante, ya que, se observó una diferencia significativa a favor de cancha de cría respecto a invernadero de un 19,4 y 18,1 % en el diámetro del cuello y la altura, respectivamente. Únicamente la condición de cancha de cría con envases grandes (tabla 1 y figura 3) supera los “4 mm” de diámetro de cuello planteado por Ottone (2005) para considerar un plantín lo suficientemente robusto para llevar a campo. Estos resultados son auspiciosos ya que, no sería necesario montar una infraestructura de invernadero para alcanzar mayores crecimientos en la estación primavera-estival.

Tabla 1. Diámetro del tallo de *N. caldenia* en relación al ambiente de vivero y al tamaño de envase.
Table 1. Stem diameter of *N. caldenia* in relation to the nursery environment and container size.

Tratamiento		Diámetro del tallo al cuello (mm)
Ambiente de vivero	Envase	
Invernadero	15 × 6 cm	2,85 a
Cancha de cría	15 × 6 cm	2,89 a
Invernadero	25 × 7 cm	3,40 b
Cancha de cría	25 × 7 cm	4,06 c
<i>P</i>		0,0263
CV		24,83

Nota. Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$). *P*: valor de significancia estadística. CV: coeficiente de variación.

Note. Means with a common letter are not significantly different ($p > 0.05$). *P*: statistical significance value. CV: coefficient of variation.

En cuanto a indicadores de calidad de plantín, en esta experiencia los valores hallados de CE están dentro del óptimo (tabla 2) planteado por Quiroz et al. (2009) quienes señalan que valores de CE entre 5 y 10 indican una mejor calidad de plantín forestal, mientras más próximo a 5 indicaría una planta más robusta con mayores posibilidades de sobrevivencia a campo. Cabe destacar que la condición de cancha cría mostró el CE significativamente menor (tabla 2). Los valores logrados en dicho indicador en cancha de cría (tabla 2) se asemejan a lo obtenido por Navall et al. (2010) de CE = 7,09 para plantines de semilla del género *Neltuma* spp. Situación muy contrastante fue lo reportado por Fontana et al. (2018) quienes obtuvieron valores de CE = 11,74 para plantines obtenidos de semillas de un rodal Chaqueño de *N. alba*, lo que podría indicar un límite no tan restringido para esta especie.

Tabla 2. Índice de Esbeltez para *N. caldenia* en relación al ambiente de vivero y al tamaño de envase
Table 2. Leanness Index for *N. caldenia* in relation to the nursery environment and container size

Tratamiento		Coeficiente de Esbeltez (cm)
Ambiente de vivero	Envase	
Cancha de cría	15 × 6 cm	6,22 a
Cancha de cría	25 × 7 cm	9,29 b
Invernadero	15 × 6 cm	10,25 b
Invernadero	25 × 7 cm	11,21 c
P		0,0133
CV		26,41

Nota. Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$). P: valor de significancia estadística. CV: coeficiente de variación.

Note. Means with a common letter are not significantly different ($p > 0.05$). P: statistical significance value. CV: coefficient of variation.

La relación tallo/raíz y el índice de calidad de Dickson se vio influenciado por la interacción del ambiente, el sustrato y envase. Como se mencionó anteriormente la combinación cancha de cría + suelo/arena/lombricompuesto + envase grande alcanza la mayor altura y biomasa total del plantín ($p < 0,05$), pero al mismo tiempo manifiesta una relación tallo/raíz significativamente mayor a la combinación invernadero + turba/perlita/lombricompuesto + envase grande. Lo que en primera instancia indicaría un punto desfavorable para la sobrevivencia del plantín a campo (Prieto-Ruiz et al., 2003). La relación ideal de PSA/PSR recomendable según Thompson (1985) es de 2,5-1:1, mientras más cerca de 1 se encuentra esta relación, mayor es la posibilidad de supervivencia en regiones áridas, ya que se ve favorecida la absorción de agua frente a las pérdidas por la parte aérea (Montoya y Cámara, 1996). En esta experiencia, los valores alcanzados por los plantines en todos los tratamientos (tabla 3) estuvieron dentro del rango establecido por la bibliografía (Prieto-Ruiz et al., 2003). Contrariamente, Fontana et al. (2018) obtuvieron para plantines de distintos rodales semilleros de *N. alba*: rodal Salta Norte 2,62, rodal Chaqueño 2,92 y rodal Santiagueño 2,02.

Por otra parte, el ICD fue significativamente mayor en la primera combinación (tabla 3). Valores superiores en este índice muestran un mayor grado de lignificación. Esto se da porque para el cálculo del Índice de Dickson (ecuación 1) es preciso ajustar la relación de Esbeltez por los valores de biomasa total (Dickson et al., 1960). Prieto-Ruiz et al. (2003) sugieren una escala de 0,2 a 0,5 y según Olié (2000) lo deseable es que la planta alcance los máximos valores de ICD, implicando que, el desarrollo de la planta sea bueno y que la parte aérea y radical estén en equilibrio. Siguiendo dicho razonamiento, la combinación cancha de cría + suelo/arena/lombricompuesto + envase grande logra una acumulación significativamente superior de biomasa ($p < 0,05$) en el plantín respecto al resto de las combinaciones (tabla 3) logrando un ICD superior a 0,5. No obstante, en trabajos de *N. alba* de Fontana et al. (2018) y

Roncaglia et al. (2019) no se alcanzan los valores de referencia de 0,2 a 0,5 por medio de la propagación seminal. Al presente se dificulta su comparación ya que, no se cuenta con suficientes referencias bibliográficas de ICD en el género *Neltuma*.

Tabla 3. Altura, peso aéreo, peso raíz, relación tallo/raíz e Índice de calidad de Dickson de *N. caldenia* en función del ambiente de vivero, el sustrato y envase empleado.

Table 3. Height, aerial weight, root weight, stem/root ratio and Dickson quality index of *N. caldenia* depending on the nursery environment, substrate and container used.

Tratamientos			Variables				
Ambiente de vivero	Sustrato	Envase	Altura (cm)	Peso aéreo (g)	Peso raíz (g)	Relación tallo/raíz	Dickson n
Cancha	Turba/Perlita /Lom	15×6 cm	11,39 a	0,4 a	0,25 a	1,62 c	0,10 a
Invernadero	Turba/Perlita /Lom	15×6 cm	23,37 b	0,72 a	0,58 b	1,28 b	0,11 a
Cancha	Suelo/Arena /Lom	15×6 cm	24,15 b	1,42 b	1,16 b	1,15 a	0,34 b
Cancha	Turba/Perlita /Lom	25×7 cm	32,06 c	2,65 d	1,96 c	1,35 b	0,50 c
Invernadero	Suelo/Arena /Lom	15×6 cm	33,08 c	1,44 b	1,16 b	1,33 b	0,25 b
Invernadero	Suelo/Arena /Lom	25×7 cm	35,44 c	3,77 e	1,55 b	1,49 c	0,62 d
Invernadero	Turba/Perlita /Lom	25×7 cm	38,14 c	2,11 c	2,63 d	1,12 a	0,28 b
Cancha	Suelo/Arena /Lom	25×7 cm	45,07 d	2,95 d	2,90 d	1,36 b	0,51 c
P			0,0421	0,0133	0,0318	0,004	0,0001
CV			31,38	26,41	54,52	15,04	51,28

Nota. Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$). Lom: lombricompuesto. P: valor de significancia estadística. CV: coeficiente de variación. Cancha: cancha de cría.

Note. Means with a common letter are not significantly different ($p > 0.05$). Lom: vermicomposite. P: statistical significance value. CV: coefficient of variation.

Conclusión

En esta experiencia la mejor combinación en cuanto a parámetros de crecimiento y calidad del plantín fue sustrato suelo/arena/lombricompuesto empleando un contenedor profundo y en cancha de cría. Estos resultados son alentadores ya que, con materiales de bajo

costo y una baja infraestructura de vivero, es factible lograr plantines de *N. caldenia* de calidad.

Es necesario profundizar en aspectos económicos que valoren alternativas de contenedores de distintas profundidades y nuevas combinaciones de sustratos, teniendo en cuenta la inoculación y el impacto del agregado de microbiota de suelo nativo.

Referencias bibliográficas

- Anderson, D. L., Del Aguila, J. A., & Bernardon, A. E. (1969). Las formaciones vegetales en la provincia de San Luis. *INTA. S.2 (Biología y Prod. vegetal)*, 2(3), 153-183.
- Birchler, T., Rose, R. W., Royo, A., & Pardos, M. (1998). La planta ideal: revisión del concepto, parámetros definitorios e implementación práctica. *Invest. Agr.: Sist. Recur. For.*, 7, 110-121.
- Bogino, S. M. (2006). El bosque de caldén en la provincia de San Luis: situación actual y estrategias alternativas de manejo. *KAIRÓS, Revista de Temas Sociales*.
- Di Rienzo, J. A., Casanoves, F., Balzarini, M. G., Gonzalez, L., Tablada, M., & Robledo, C. W. (2015). *InfoStat* (2015). Grupo InfoStat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina.
- Dickson, A., Leaf, A. L., & Hosner, J. F. (1960). Quality appraisal of white spruce and white pine seedling stock in nurseries. *The Forestry Chronicle*, 36(1), 10-13. <https://doi.org/10.5558/TFC36010-1>
- Dominguez, S. (1997). *La importancia del envase en la producción de plantas forestales* (Ministerio de Medio Ambiente Centro Nacional de Mejora Forestal "El Serranillo", Ed.).
- Fontana, M., Pérez, V., Luna, C., Fontana, M., Pérez, V., & Luna, C. (2018). Efecto del origen geográfico en la calidad morfológica de plantas de *Prosopis alba* (Fabaceae). *Revista de Biología Tropical*, 66(2), 593-604. <https://doi.org/10.15517/RBT.V66I2.33383>
- Iglesias, O., Rivas, R., García-Fraile, P., Abril, A., Mateos, P. F., Martínez-Molina, E., & Velázquez, E. (2007). Genetic characterization of fast-growing rhizobia able to nodulate *Prosopis alba* in North Spain. *FEMS Microbiology Letters*, 277(2), 210-216. <https://doi.org/10.1111/J.1574-6968.2007.00968.X>
- Joseau, J. M., Conles, M. Y., & Verzino, G. E. (2013). *Conservación de recursos forestales nativos de Argentina: El cultivo de plantas leñosas en vivero y a campo*.
- Lenscak, M. P., & Iglesias, N. B. (2019). *Invernaderos: tecnología apropiada en las regiones productivas del territorio nacional argentino (del paralelo 23 al 54)*. (INTA Ediciones, Ed.).
- MAYDS. (2020). *Segundo Inventario Nacional de Bosques Nativos: informe Espinal y Delta e Islas del río Paraná: primera revisión*. Buenos Aires: Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible de la Nación (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible de la Nación, Ed.).
- Mexal, J. G., & Landis, T. L. (1990). Target Seedling Concepts: Height and Diameter. *Combined Meeting of the Western Forest Nursery Associations*.

- Montoya, J., & Camara, M. (1996). *La planta y el vivero forestal* (Mundi-Prensa, Ed.).
- Navall, S., Silva, R., & Padilla-Bortayro, G. (2010). Metodología para la producción de algarrobos en vivero forestal baja de la alumbreira, Departamento de Belén, provincia de Catamarca, República Argentina. En INTA Concordia (Ed.), *XXIV Jornadas forestales Entre Ríos*.
- Oliet, J. (2000). *La calidad de la postura forestal en vivero* (Escuela Técnica Superior de Ingenieros Agrónomos y de Montes de Córdoba, Ed.).
- Ottone, J. (2005). *Árboles Forestales. Prácticas de cultivo*. (Editorial gráfica orientación, Ed.).
- Pire, R., & Pereira, A. (2003). Propiedades físicas de componentes de sustratos de uso común en la horticultura del estado Lara, Venezuela. propuesta metodológica. *Bioagro*, 15(1), 55-64.
- Prieto-Ruiz, J., Vera, C., & Merlín, B. (2003). *Folleto Técnico No. 12. Factores que influyen en la calidad de brinzales y criterios para su evaluación en vivero. Factores que influyen en la calidad de brinzales y criterios para su evaluación en vivero*.
- Quiroz, G., García, E., González, M., Chung, P., & Soto, H. (2009). *Vivero forestal: Producción de plantas nativas a raíz cubierta* (INFOR, Ed.).
- Roncaglia, L., Fontana, M., & Luna, C. (2019). Efecto de la poda química de raíces y la forma del contenedor sobre el desarrollo de plántulas de *Prosopis alba* (Grisebach). *Rev. Agron. Noroeste Argent.*, 39(2), 107-116.
- Salto, C. S., García, M. A., & Harrand, L. (2013). Influencia de diferentes sustratos y contenedores sobre variables morfológicas de plantines de dos especies de *Prosopis*. *Quebracho (Santiago del Estero)*, 21(2), 90-102.
- Salto, C. S., Harrand, L., Oberschelp, G. P. J., & Ewens, M. (2016). Crecimiento de plantines de *Prosopis alba* en diferentes sustratos, contenedores y condiciones de vivero. *Bosque (Valdivia)*, 37(3), 527-537. <https://doi.org/10.4067/S0717-92002016000300010>
- SAyDS. (2007). *Primer inventario nacional de bosques nativos: informe regional espinal, segunda parte*. (Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sustentable de la Nación Argentina, Ed.).
- Thompson, B. (1985). Seedling morphology: what you can tell by looking. En *Evaluating Seedling Quality: Principles, Procedures, and Predictive Abilities of Major Tests*. Forest Research Laboratory, Oregon State University.
- Utello, M., Cofré, N., Goñi, J., & Demaestri, M. (2023). *Influencia de dos sustratos de distintas procedencias y su microbioma asociado en el crecimiento y calidad de plantines de Neltuma caldenia y Neltuma flexuosa*.
- Valenzuela, O., & Gallardo, C. (2003). Sustratos Hortícolas. Un insumo clave en los sistemas de producción de plantines. *IDIA XXI*, 3(4), 25-29.

FICHA TÉCNICA

Manejo de frutos y semillas, producción de plantines y establecimiento a campo de especies nativas

Myrocarpus frondosus Allemão (Incienso). Familia: Fabaceae

DOI: <https://doi.org/10.36995/j.yvyrareta.2024.32.005>

Recibido 1 octubre 2024; aceptado 5 de noviembre 2024

Beatriz Irene Eibl^{ID}¹, Cecilia González^{ID}¹ y Gabriel Ramón Ortiz^{ID}¹

¹Universidad Nacional de Misiones. Facultad de Ciencias Forestales. Laboratorio de Semillas. Vivero experimental de especies nativas. Eldorado. Misiones. Argentina. gonzalezcecilia2014@gmail.com

Características de la especie

Distribución geográfica: sur de Brasil, Paraguay y noreste de Argentina.

Hojas: alternas, compuestas, imparipinada, los folíolos son de color verde brillante, con puntos traslúcidos.

Flores: son hermafroditas, verde amarillentas, aromáticas, agrupadas en inflorescencia.

Frutos y Semillas: el fruto es una sámara, de color amarillo, elíptica, plana, alada, de consistencia membranosa, conteniendo en la región central una semilla y ocasionalmente dos; son aromáticas y resinosas (Imagen 1).

Fenología del ciclo reproductivo

Florece: entre septiembre y octubre.

Maduración de frutos: entre octubre y diciembre.

Dispersión: entre noviembre y enero.

Manejo de frutos y semillas

Cosecha: se realiza del árbol después del cambio de color del fruto y cuando algunos frutos iniciaron su dispersión, o desde el suelo colocando lonas al pie del árbol.

Acondicionamiento: los frutos deben ser puestos en ambientes ventilados. La unidad de siembra y almacén es el fruto entero.

Número de frutos/kg: 9900 a 14000 frutos por kg.

Almacén: son de viabilidad corta. Si se las guarda en heladera a 7 °C y humedad de 7 a 9 %, envueltas en papel de diario y bolsas plásticas, mantienen la viabilidad por 12 meses

Viverización

Tratamiento pregerminativo: No requiere.

Poder germinativo: entre 70 y 80 %, con semillas frescas (recién dispersadas o cosechadas).

Siembra: se realiza en almácigos o directamente en envases individuales con sustrato suelto. Se colocan los frutos en forma horizontal y se cubre con una fina capa de sustrato. Germinan a los 7-14 días luego de su siembra (Imagen 2). Los cotiledones permanecen bajo tierra y se mantienen adheridos al tallo junto con los restos de la semilla, tiene un aspecto lineal -alargado. El trasplante a envases se realiza retirando con cuidado las plántulas con un chuchillo plano o espátula fina. Con esta misma se realiza una abertura en el sustrato colocando con cuidado las plántulas atendiendo que la raíz principal no se doble, con la misma espátula se aprisiona cuidadosamente el sustrato contra la raíz para un mejor contacto.

Envases: bolsas de polietileno y/o en tubetes de 14 a 20 cm de largo.

Sustratos: puede utilizarse mantillo de monte/abono, así como también corteza de pino compostada con 3 Kg de fertilizante de liberación lenta/m³ de sustrato; y/o realizar periódicamente riegos con fertilizantes foliares en dosis bajas.

Tiempo de viverización: 8 a 12 meses, con altura total aprox. de 60 a 80 cm (Imagen 3).

Características silviculturales

Exigencia lumínica: especie esciófita.

Es un árbol de porte mediano a grande, forma parte del estrato arbóreo superior y es perennifolio a semicaducifolio (Imagen 5).

Establecimiento definitivo

Métodos de plantación: deben ser plantadas bajo protección de la insolación directa. Indicada para plantaciones en fajas de enriquecimiento en bosque degradado, plantación bajo protección vegetal en “capueras”, para plantaciones productivas mixtas (asociadas a especies pioneras o secundarias iniciales). También para parquizado y paisajismo.

Las plantas se llevan a campo a finales del invierno, protegiéndolas con material orgánico, si hay pronósticos de heladas tardías, ya que es sensible a las bajas temperaturas. El

pozo de plantación debe ser profundo hasta 1 metro para favorecer el establecimiento inicial.

Alrededor de la planta se coloca material vegetal seco que favorece la captación de agua, mantiene el suelo húmedo, disminuye la evaporación del suelo y la temperatura a nivel del cuello del tallo.

Calidad de sitio: se adapta a suelos degradados y con baja fertilidad, pero deben ser sombreados, frescos y poco compactados.

Datos de crecimiento: es una especie de crecimiento lento. En un ensayo de plantación bajo dosel de árboles, resultaron a los 14 años con un promedio de 9,8 m de altura y 6,9 cm de dap (Imagen 4). Presenta desrame natural y forma una copa estrecha. La sobrevivencia fue superior al 70 %.

Myrocarpus frondosus Allemão (Incienso)

Imagen 1. Frutos



Imagen 2. Plántulas a los 14 días de la germinación



Imagen 3. Plantín de 8 meses en vivero



Imagen 4. Planta a los 14 años de establecida a campo

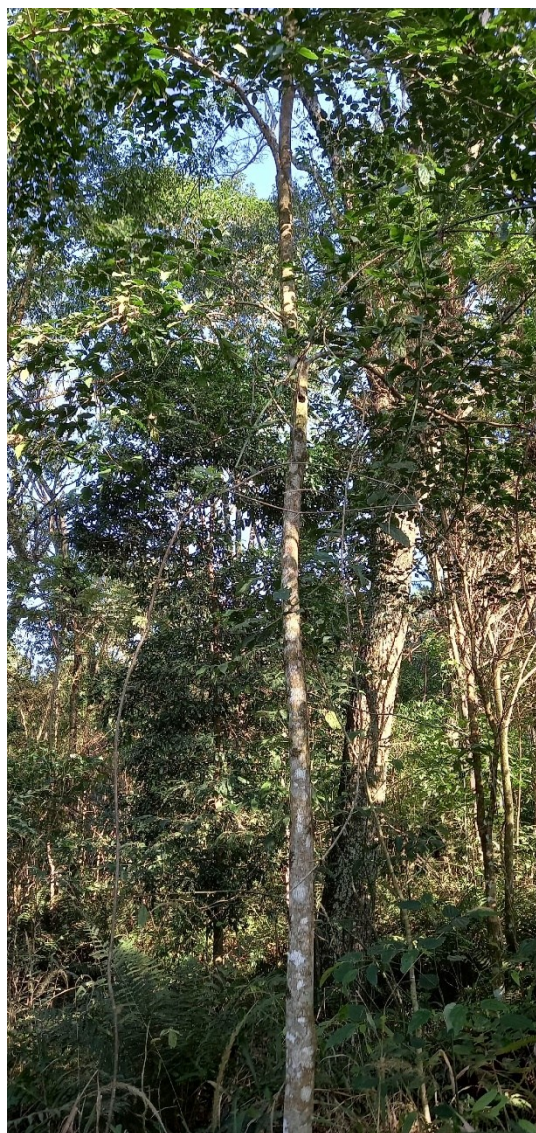


Imagen 5. Ejemplar adulto



Referencias bibliográficas

- Eibl, B., Silva, F., Bobadilla, A., & Ottenweller, G. F. (1997). Fenología de especies forestales nativas de la selva misionera. Segunda parte. Yvyrareta, 8, 78-87.
- Eibl, B., Vera, N., & Méndez, R. (2003). Silvicultura de diez especies arbóreas nativas con potencialidades para la producción de madera y otros usos alternativos. Proyecto Forestal de Desarrollo. Secretaría de Agricultura, Pesca y Alimentación. Serie Técnica.

Normas Editoriales

La Revista **Yvyrareta** tiene como objetivo publicar artículos científicos originales, inéditos y de actualidad del campo forestal, agrario y ambiental, y de la educación en los mismos, con énfasis en la búsqueda de soluciones a los desafíos actuales en el manejo de los recursos forestales y agrarios. Se trata de un espacio abierto y gratuito para la divulgación de trabajos de investigación relevantes para la región y el mundo, buscando tender puentes entre la academia, el sector productivo y la sociedad en general, a través de un enfoque inter y transdisciplinario. Los trabajos deben ser originales, inéditos y de actualidad técnico-científica en las categorías de artículo científico, revisión o nota técnica.

Artículo científico: corresponde a trabajos originales e inéditos con resultados y conclusiones de una investigación avanzada o finalizada. Extensión máxima de 20 páginas.

Revisión: corresponde a trabajos que representan el resumen del estado actual del conocimiento sobre un tema de interés. Extensión máxima de 20 páginas.

Nota Técnica: corresponden a trabajos originales de divulgación de información técnica específica. Incluyen: la presentación de nuevos métodos, técnicas o protocolos; la comparación del funcionamiento de instrumentos; la descripción de actividades de extensión; y la elaboración de fichas técnicas de especies o productos. La extensión máxima será de 9 páginas.

Cualquiera sea la modalidad de trabajo, será sometido a un riguroso proceso de revisión por pares externos con sistema de arbitraje doble ciego.

FORMATO GENERAL

Todos los trabajos deberán ser presentados en hojas de formato A4, escritas a doble espacio e impresas en procesador de texto Microsoft Word para Windows. Cada página numerada en la parte inferior derecha, con márgenes izquierdo, superior e inferior de 2,5 cm y derecho de 2 cm. Todas las partes de la estructura deberán ir alineadas al margen izquierdo, en mayúscula y en negrita. Si hubiera subtítulos, en minúscula y negrita. Al comienzo de las oraciones dejar una tabulación de 1,25 cm. Fuente Montserrat 10.

Al momento del envío se deberán crear dos documentos, uno denominado **Página de Título** y otro denominado **Manuscrito**. En las secciones siguientes, se detalla el contenido que deberá contener cada documento.

Abreviaturas y nombres científicos: las abreviaturas de nombres, procedimientos, etc. deben ser definidos la primera vez que aparezcan. Las abreviaturas de carácter físico se escribirán de acuerdo al Sistema Internacional de Unidades (SI). Cuando una especie es mencionada por primera vez en el texto principal, deberá colocarse el nombre vulgar (si lo tiene) y el nombre científico (en cursivo) con el autor. Subsecuentemente, se podrá usar el nombre vulgar o científico sin autor. En el Título deberá incluirse el nombre científico con su autor.

Figuras y tablas: Las tablas y figuras (mapas, organigramas, gráficos, fotos) deben ir incorporadas en el lugar correspondiente en el texto, con numeración arábiga, en negrita, minúscula. Los títulos de las tablas en español e inglés van en la parte superior de la misma, mientras que el título de la figura en español e inglés debe ir en la parte inferior. En ambos casos deben ser lo suficientemente explicativos por sí mismos, tanto en castellano como en inglés. Las tablas deben ser hechas con la función Insertar Tabla, solo deben tener líneas

simples horizontales en los encabezados de estas y al final. Las figuras enviarlas con una resolución de 300 dpi.

ESTRUCTURA DEL ARTÍCULO CIENTÍFICO

Página de Título

Título: en castellano e inglés.

Autores: Nombre y apellido completo, centrado y en minúscula, en negrita, con llamadas numeradas. Debajo de los autores, alineados a la izquierda, colocar filiación (dirección completa) y correo electrónico. Todos los autores deberán contar con un número de identificador persistente (ORCID).

Agradecimientos: en esta parte se incluirán los agradecimientos a personas, instituciones, fondos y becas de investigación, etc.

Manuscrito

Título: en castellano e inglés, debe ser conciso indicando con claridad su contenido, en letra mayúscula solamente las letras que correspondan, negrita y centrado.

Resumen: es una síntesis del texto de hasta 200 palabras presentando los aspectos más relevantes del trabajo: problema estudiado, importancia, objetivos, materiales y métodos, resultados y conclusiones. No citar literatura ni hacer referencia a tablas y figuras.

Palabras Clave: son palabras que indican al lector los temas a los que hace referencia el artículo. Su número debe ser de cuatro a seis, y no deben estar contenidas en el título. Van después del resumen.

Abstract: versión en inglés del Resumen.

Keywords: son las mismas palabras enlistadas en Palabras Claves, pero en inglés. Se sitúan inmediatamente después del Abstract.

Introducción: debe indicar claramente el objetivo e hipótesis (si lo hubiera) de la investigación contextualizando la importancia del trabajo para el público lector destacando su relación con antecedentes de otros trabajos relevantes.

Materiales y Métodos/Metodología: requiere una clara identificación metodológica de la investigación. La descripción de los materiales y métodos o metodología debe brindar información clara y precisa sobre el abordaje del trabajo y el análisis de los resultados.

Resultados y Discusión: estos se presentarán en lo posible en tablas y/o figuras, que serán respaldados por cálculos estadísticos, evitando la repetición, en forma que en cada caso resulte adecuada para la mejor interpretación de resultados. Se explicarán los resultados obtenidos y se confrontarán con los de otros trabajos, así como con los conocimientos científicos existentes. Si el autor lo considera necesario los resultados y la discusión pueden tratarse por separado.

Conclusión: debe ser basada en los resultados obtenidos y ofrecer, si es posible, una solución al problema planteado en la introducción.

Referencias bibliográficas: deberá incluir únicamente la bibliografía referenciada, en orden alfabético, sangría francesa, siguiendo las normas de citación APA (American Psychological Association) Séptima Edición.

ESTRUCTURA DE LA REVISIÓN

Página de Título

Título: en castellano e inglés.

Autores: Nombre y apellido completo, centrado y en minúscula, en negrita, con llamadas numeradas. Debajo de los autores, alineados a la izquierda, colocar filiación (dirección completa) y correo electrónico. Todos los autores deberán contar con un número de identificador persistente (ORCID).

Agradecimientos: en esta parte se incluirán los agradecimientos a personas, instituciones, fondos y becas de investigación, etc.

Manuscrito

Título: en castellano e inglés, debe ser conciso indicando con claridad su contenido, en letra mayúscula solamente las letras que correspondan, negrita y centrado.

Resumen: es una síntesis del texto de hasta 200 palabras presentando los aspectos más relevantes del trabajo. No citar literatura ni hacer referencia a tablas y figuras.

Palabras Clave: son palabras que indican al lector los temas a los que hace referencia el artículo. Su número debe ser de cuatro a seis, y no deben estar contenidas en el título. Van después del resumen.

Abstract: versión en inglés del Resumen.

Keywords: son las mismas palabras enlistadas en Palabras Claves, pero en inglés. Se sitúan inmediatamente después del Abstract.

Cuerpo del trabajo: para esta modalidad de trabajo queda a criterio del autor los apartados necesarios para abordar correctamente el tema. Se recomienda comenzar por un apartado Introducción y finalizar con Conclusión.

Referencias bibliográficas: deberá incluir únicamente la bibliografía referenciada, en orden alfabético, sangría francesa, siguiendo las normas de citación APA (American Psychological Association) Séptima Edición.

ESTRUCTURA DE LA NOTA TÉCNICA

Página de Título

Título: en castellano e inglés.

Autores: Nombre y apellido completo, centrado y en minúscula, en negrita, con llamadas numeradas. Debajo de los autores, alineados a la izquierda, colocar filiación (dirección completa) y correo electrónico. Todos los autores deberán contar con un número de identificador persistente (ORCID).

Agradecimientos: en esta parte se incluirán los agradecimientos a personas, instituciones, fondos y becas de investigación, etc.

Manuscrito

Dado que las Notas Técnicas pueden abordar distintos tipos de contenidos, la estructura de los manuscritos puede adaptarse al objetivo del trabajo. Por ejemplo, la organización de una Nota Técnica centrada en protocolos diferirá de aquella orientada a comparaciones metodológicas, fichas de especies o descripciones de actividades de extensión. Si bien, la estructura podrá variar, los manuscritos deberán incluir en la introducción y en caso de que lo amerite, en la discusión una justificación clara de su relevancia. En estas secciones deberá explicitarse el aporte de la información presentada, el carácter novedoso de los métodos o técnicas propuestos, o la importancia de los protocolos, fichas o actividades descritas en relación con la información previamente disponible.

Título: en castellano e inglés, debe ser conciso indicando con claridad su contenido, en letra mayúscula solamente las letras que correspondan, negrita y centrado.

Resumen: es una síntesis del texto de hasta 200 palabras presentando los aspectos más relevantes del trabajo: problema estudiado, importancia, objetivos, materiales y métodos, resultados y conclusiones. No citar literatura ni hacer referencia a tablas y figuras.

Palabras Clave: son palabras que indican al lector los temas a los que hace referencia el artículo. Su número debe ser de cuatro a seis, y no deben estar contenidas en el título. Van después del resumen.

Abstract: versión en inglés del Resumen.

Keywords: son las mismas palabras enlistadas en Palabras Claves, pero en inglés. Se sitúan inmediatamente después del Abstract.

Referencias bibliográficas: deberá incluir únicamente la bibliografía referenciada, en orden alfabético, sangría francesa, siguiendo las normas de citación APA (American Psychological Association) Séptima Edición.

Cómo enviar material a la revista yvyrareta

Lugar de envío, requerimientos y forma de evaluación: Los manuscritos serán enviados al: Comité Editorial, Revista Yvyrareta a través de <https://vyrareta.unam.edu.ar/>

➤ Todas las contribuciones serán evaluadas por pares anónimos nombrados por el Comité Editorial, quienes determinarán la calidad científica del material, la originalidad, la validez, la importancia del trabajo y la adaptación a las normas de publicación de la Revista YVYRARETA. Dicho Comité comunicará su aceptación provisional o su no aceptación para la publicación, así como las posibles modificaciones sugeridas en un plazo máximo de dos meses a partir de su recepción. La redacción se reserva el derecho de suprimir ilustraciones y alterar el texto sin que ello modifique el contenido.

➤ Si fueran varios autores, aquel que mantendrá la correspondencia con el Comité Editor, al enviar el artículo para su evaluación, y en nombre de todos los autores, a modo de declaración jurada, acepta que:

1. Los datos contenidos son exactos y las afirmaciones realizadas son fruto de la cuidadosa tarea de investigación de los autores;
2. Todos los autores han participado en el trabajo en forma sustancial y asumen la responsabilidad por el mismo;
3. Los autores conservan los derechos de autor y ceden a la Revista Yvyrareta el derecho de la primera publicación de su obra.

4. Al enviar un artículo, los autores manifiestan la originalidad del mismo y aceptan que su trabajo será distribuido bajo la licencia Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International License <https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>
5. Los contenidos vertidos en los trabajos son de total y exclusiva responsabilidad de los autores y puede ser distribuido, utilizado y adaptado en cualquier medio o formato, siempre que se reconozca de manera adecuada la autoría y la fuente original de publicación y con fines no comerciales.
6. La aceptación del artículo, nota técnica y revisión para su evaluación no implica que el mismo será publicado. Deberá ser evaluado y aprobado por los pares evaluadores para ser aceptado para su publicación.



UNIVERSIDAD
NACIONAL
DE MISIONES



FACULTAD DE CIENCIAS
FORESTALES

SECRETARÍA DE CIENCIA Y
TÉCNICA

www.yvyrareta.com.ar