

ANÁLISIS COMPARATIVO DE LA MADERA DE *Pinus elliottii* Y *Pinus taeda* A TRAVÉS DE LAS PROPIEDADES FÍSICO-MECÁNICAS

COMPARATIVE ANALYSIS BETWEEN PHYSICAL-MECHANICAL PROPERTIES OF *Pinus elliottii* AND *Pinus taeda*

Fecha de Recepción: 22/09/2019 // Fecha de Aceptación: 02/12/2020

Pamela Y. Fank

Doctora Ingeniera, Investigadora del Grupo GEMA, Depto. Ingeniería Civil, Facultad Regional Concepción del Uruguay, Universidad Tecnológica Nacional.
pamela_fank@yahoo.com.ar

Diego A. García

Doctor Ingeniero, Investigador del Laboratorio de Ingeniería Civil, Facultad de Ingeniería de Oberá, Universidad Nacional de Misiones. CONICET.
garcyadiago@fio.unam.edu.ar

Juan C. Piter

Doctor Ingeniero, Investigador del Grupo GEMA, Depto. Ingeniería Civil, Facultad Regional Concepción del Uruguay, Universidad Tecnológica Nacional.
jc.piter@gmail.com.

RESUMEN

En nuestro país las especies renovables *Pinus elliottii* y *Pinus taeda* son las principales proveedoras de la materia prima destinada a la producción de madera aserrada para la construcción. Actualmente los árboles procedentes de ambas especies son comercializados y utilizados en forma conjunta debido a la dificultad de distinguirlos luego del proceso de aserrado. Tampoco existen estudios que evidencien una diferencia significativa entre sus propiedades físico-mecánicas. Con el objetivo de determinar el nivel de significación de la diferencia en el comportamiento mecánico del *Pinus elliottii* y el *Pinus taeda*, se diseñó un proyecto empírico que involucró un total de 233 tablas distribuidas en 2 muestras, una por especie. Los valores de resistencia a flexión, rigidez y densidad fueron determinados siguiendo los lineamientos de la norma IRAM 9663. Los resultados obtenidos indicaron que, a pesar de alguna discrepancia relacionada con la densidad, ambas especies en estudio presentan un comportamiento mecánico similar, lo cual está en línea con el criterio adoptado por el CIRSOC 601 y las normas de clasificación visual IRAM 9662-3 e IRAM 9670 que consideran las dos especies en forma conjunta para uso estructural.

Palabras clave: resistencia a flexión, rigidez, densidad.

SUMMARY

In our country the renewable species *Pinus elliottii* and *Pinus taeda* are the main suppliers of the raw material for the production of sawn timber for construction. Currently, trees from both species are marketed and used together due to the difficulty of distinguishing them after the sawing process. No studies are available to show a significant difference between its physical-mechanical properties. In order to determine the level of significance between *Pinus elliottii's* and *Pinus taeda's* mechanical behavior, an empirical project enclosing 2 samples (233 boards) was designed. Bending strength, stiffness and density were determined by following the procedures of IRAM 9663. The results showed that, in spite of some discrepancy related to the density, both species have similar mechanical behavior, which is in line with the criterion adopted by Argentinean standards (CIRSOC 601; IRAM 96623; IRAM 9670) that consider the two species together for structural use.

Key words: bending strength, stiffness, density.

INTRODUCCIÓN

La madera es un recurso renovable que se integra perfectamente en las actuales tendencias encaminadas a preservar el medio ambiente, por lo que la legislación argentina no establece restricciones ambientales que limiten la actividad forestal. Actualmente en nuestro país la productividad de las plantaciones es alta, e iguala o supera a la de muchos países tradicionalmente forestales.

Los bosques implantados cubren aproximadamente una superficie de 1,12 millones de hectáreas de las cuales el 64% está constituido por coníferas, siendo la región de la Mesopotamia la que concentra la mayor proporción (Dirección de Producción Forestal 2016). Los bosques cultivados con coníferas ascienden a 640.000 hectáreas solamente considerando las provincias de Misiones y Corrientes, lo que representa el 90% del total nacional forestado con dicho género. A la vez, de las 405.000 hectáreas ubicadas en la provincia de Misiones, el 82% se corresponde con plantaciones de pino resinoso, siendo los más difundidos el *Pinus taeda* seguido por el *Pinus elliottii* (ELIZONDO 2015; SIFIP 2016).

Los árboles de ambas especies exhiben un aspecto exterior similar. Son pinos de gran porte que cuentan con una copa densa y piramidal con ramas inclinadas hacia arriba, y un tronco recto con corteza gruesa de color castaño y profundas hendiduras (DI MARCO 2014). El *P. elliottii* se destaca por sus cualidades para la extracción de resinas siendo considerado un excelente productor de miera, en contraste con el *P. taeda* que se caracteriza por una escasa producción de dicha sustancia (PEREIRA MENDES 2017). Estos pinos suelen presentar turnos de rotación cortos gracias a la alta tasa de crecimiento anual de los bosques, los que son favorecidos por el clima y la calidad de los suelos. Generalmente las rotaciones para madera aserrada están comprendidas entre los 16 y 30 años dependiendo de las especies, las características ecológicas de los sitios y el destino de la plantación o finalidad de la madera a ser producida (CHIFARELLI 2008; Dirección de Producción Forestal 2016), aspecto que determina a su vez la aplicación o no de tratamientos de silvicultura en los montes, tales como la práctica de poda y la intensidad de los raleos (DI MARCO 2014; FASSOLA 2004).

El *Pinus elliottii* y el *Pinus taeda*, a su vez, son los principales proveedores de la materia prima destinada a la producción de madera aserrada para la construcción en nuestro país. Actualmente los árboles procedentes de ambas especies son comercializados y utilizados en forma conjunta debido a la dificultad para distinguirlos luego del proceso de aserrado. Asimismo, tanto las reglas nacionales de diseño estructural (INTI CIRSOC 601 2016) como las normas vigentes de clasificación visual por resistencia (IRAM 9662-3 2015; IRAM 9670 2002) los consideran como un grupo de especies puesto que, además de que la madera aserrada presenta apariencia similar, aún no se ha comprobado una diferencia significativa entre sus propiedades físico-mecánicas (FANK *et al.*, 2017; MOYA *et al.*, 2015a, 2015b; SANTINI *et al.*, 2000).

Con el objetivo de determinar el nivel de significación de la diferencia en el comportamiento mecánico para uso estructural del *Pinus elliottii* y el *Pinus taeda*, en este trabajo se lleva a cabo un análisis entre las propiedades de

resistencia a flexión, rigidez y densidad de ambas especies de pino resinoso.

MATERIALES Y MÉTODOS

El material destinado a la investigación empírica estuvo conformado por dos muestras integradas por tablas de 500 mm de longitud, éstas fueron extraídas de árboles con similar edad de corte cultivados en la provincia de Misiones. El criterio de selección de las piezas aserradas se orientó a lograr una muestra representativa de la calidad general del material producido, es decir, estas fueron elegidas al azar con el propósito que el material destinado a ensayos represente adecuadamente las características naturales de las especies estudiadas y los procesos de producción empleados para su transformación en piezas estructurales (IRAM 9664 2013).

La muestra ME estuvo compuesta por 116 cuerpos de prueba de *Pinus elliottii* (27 años de edad sin práctica de silvicultura alguna) y la muestra MT por 117 de *Pinus taeda* (30 años de edad sometida a dos turnos de poda), adoptándose una sección transversal única de 1 x 4 pulgadas por ser la de uso más frecuente en el país tanto en calidad de madera aserrada como para la elaboración de vigas laminadas.

El proceso experimental fue llevado a cabo en el laboratorio de Ing. Civil de la Facultad Regional Concepción del Uruguay – UTN, e involucró la realización de ensayos estáticos a flexión de plano conforme a las prescripciones de la norma IRAM 9663 (2013). Como puede apreciarse en la Figura 1, para la aplicación de las cargas se utilizó una máquina de ensayos universales con capacidad de desplazar el cabezal a velocidad constante.

Una vez finalizada cada prueba se cortó una fracción de la pieza de madera libre de defectos, para determinar el contenido de humedad (ISO 3130 1975) y la densidad (ISO 3131 1975). Los valores de resistencia y módulo de elasticidad fueron calculados de acuerdo a las ecuaciones provistas por la norma IRAM 9663 (2013). Tanto los valores de las propiedades mecánicas como de la densidad aparente fueron ajustados a las condiciones de referencia establecidas en la norma IRAM 9664 (2013).



Figura 1. Ensayo de flexión estática de plano.
Figure 1. Plane static bending test.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados obtenidos a través de los ensayos de flexión estática se presentan en la Tabla 1 discriminados por muestra, especificando la especie en cada caso. El contenido de humedad medio arrojó un valor medio de 11,4% (CV = 8%) y 12,5% (CV = 8%) para el *Pinus elliottii* y *Pinus taeda*, respectivamente. Como el contenido de humedad resultó similar al 12% asociado a un bajo coeficiente de variación, se puede descartar una influencia desigual de esta variable sobre la resistencia de ambas muestras.

La resistencia a flexión, como puede apreciarse en la Tabla 1, acusó un valor medio similar para ambas especies ($f_m \approx 31$ N/mm²) asociado a elevados coeficientes de variación (CV promedio = 38%). O'NEILL (2004) reportó valores algo mayores ($f_m = 37,9$ N/mm², CV=42%) para el *Pinus taeda* de 24 años de edad cultivado en Uruguay, igualmente MOYA *et al.*, (2017) publicaron una resistencia f_m de 39,5 N/mm² (CV = 42%) para la madera aserrada de *Pinus taeda/elliottii* de calidad estructural. MELCHIORETTO y Eleotério (2003) determinaron valores de resistencia aún mayores para el *P. elliottii* ($f_m = 46,4$ N/mm², CV=13%) y *P. taeda* ($f_m = 49,0$ N/mm², CV = 18%) de 25 años de edad procedente de Brasil, donde los bajos CV indican madera de calidad. BALLARIN *et al.*, (2017) reportaron para el pino brasilero (*Pinus taeda/elliottii*) una f_m media de 46,1 N/mm² para madera aserrada de alta calidad mientras que esta cifra desciende a 32,0 N/mm² en aquellas piezas estructurales de menor calidad.

Tabla 1. Propiedades mecánicas a flexión y densidad discriminadas por muestra.
Table 1. Bending and density mechanical properties discriminated by sample.

Propiedad	ME: <i>P. elliottii</i> (n = 116)	MT: <i>P. taeda</i> (n = 117)
f_m (1)	Mínimo [N/mm ²]	13,1
	Medio [N/mm ²]	31,0
	Máximo [N/mm ²]	66,4
	CV [%]	40
$E_{m,g}$ (2)	Mínimo [N/mm ²]	3031
	Medio [N/mm ²]	6964
	Máximo [N/mm ²]	16003
	CV [%]	43
ρ (2)	Mínimo [kg/m ³]	336
	Medio [kg/m ³]	490
	Máximo [kg/m ³]	711
	CV [%]	16

Nota. (1) Valor ajustado a la altura de referencia de 150 mm de acuerdo a la norma IRAM 9664 (2013); (2) Valores corregidos al contenido de humedad de referencia (12%) de acuerdo a la norma IRAM 9664 (2013); f_m : resistencia a flexión; $E_{m,g}$: módulo de elasticidad; ρ : densidad aparente; CV: coeficiente de variación; n: cantidad de cuerpos de prueba.

El módulo de elasticidad ($E_{m,g}$), por su parte, presentó un valor medio un 11% inferior para el *P. elliottii* (6964 N/mm²) respecto del *P. taeda* (7742 N/mm²), ambos relacionados con elevados coeficientes de variación (ver Ta-

bla 1). Resultados similares fueron obtenidos por O'NEILL (2004) para el *Pino taeda* cultivado en Uruguay (8354 N/mm²) y por SANTINI *et al.*, (2000) para el *Pino elliottii* procedente de Brasil (7185 N/mm²). No obstante, MUÑIZ (1993) determinó valores superiores para ambas especies (aproximadamente 12000 N/mm²) mientras que MELCHIORETTO y Eleotério (2003) reportaron cifras algo menores a las determinadas en este trabajo, 5288 N/mm² (CV = 24%) y 6329 N/mm² (CV = 27%) para el *P. elliottii* y *P. taeda* respectivamente, donde también se evidencia una mayor rigidez por parte del segundo.

La densidad mostró una tendencia inversa a la observada para la rigidez, de los datos presentados en la Tabla 1 se deduce que el valor medio asociado al *P. elliottii* resultó un 7% superior al del *P. taeda*. Este resultado está en línea con lo publicado por PEREIRA MENDES (2017), quien reportó cifras entre 500-560 kg/m³ y 470-510 kg/m³ para el *P. elliottii* y el *P. taeda* en edad adulta, respectivamente. Similar tendencia también fue registrada en pinos de 25 años de edad cultivados en Brasil (MELCHIORETTO y Eleotério 2003). La densidad media obtenida para el *P. elliottii* (490 kg/m³) resultó levemente inferior a la señalada por PEREIRA MENDES (2017) pero superior al valor reportado (460 kg/m³) por MELCHIORETTO y ELEOTÉRIO (2003). La densidad media del *P. taeda* (456 kg/m³), por su parte, acusó un valor semejante al informado por MELCHIORETTO y Eleotério (2003) y WEBER (2005) para árboles de 25 y 16 años de edad respectivamente, y superior al reportado (402 kg/m³) por ZADERENKO (2000) para árboles de 14 años. Un análisis estadístico comparativo entre ambas muestras (*P. elliottii* y *P. taeda*) y cada una de las propiedades físico-mecánicas antes analizadas (resistencia a flexión, módulo de elasticidad y densidad) es presentado a continuación. En cada caso y de forma previa fue verificado si los datos analizados se asociaban a una distribución de probabilidad normal. Los resultados se exhiben tanto numérica como gráficamente a través de histogramas de frecuencia y curvas de densidad suavizada.

Los datos correspondientes a la resistencia a flexión (f_m) son representados en la Figura 2, aquellos relacionados a la sub-muestra de *Pinus elliottii* se ajustan a una distribución normal con 31,0 N/mm² de media y 12,4 N/mm² de desviación estándar, mientras que los del *Pinus taeda* con parámetros iguales a 30,6 N/mm² y 10,9 N/mm², respectivamente. Al aplicarse la prueba estadística Kolmogorov-Smirnov, el valor-P más pequeño acusó una cifra de 0,22 para el *P. elliottii* y de 0,08 para el *P. taeda*, como ambos resultaron mayores a 0,05, la hipótesis de que los datos proceden de poblaciones con distribución normal no es rechazada con un 95% de confianza. En consecuencia, los valores f_m de ambas sub-muestras fueron comparados a través del test de Student cuyo resultado arrojó un valor-P igual a 0,77, lo cual prueba que a un nivel de significación de 0,05 (5%) no puede ser rechazada la hipótesis de igualdad entre los valores medios de la resistencia. La coincidencia de ambas distribuciones resulta evidente al observarse el gráfico de densidad suavizada representado en la Figura 2.

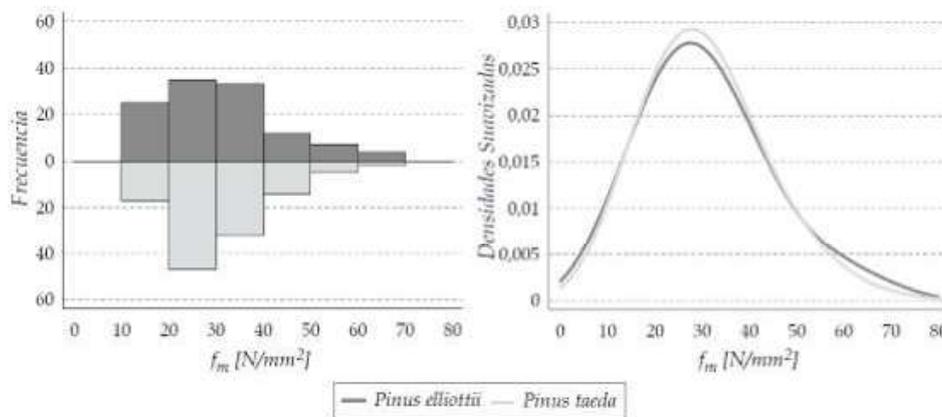


Figura 2. Distribución de la resistencia a flexión (f_m) asociada a cada muestra (*P. elliottii*, *P. taeda*). Izq.: Histograma de frecuencia. Der.: Gráfico de densidad suavizada.

Figure 2. Distribution of flexural strength (f_m) associated with each sample (*P. elliottii*, *P. taeda*). Left: Frequency histogram. Right: Smoothed density graph.

Respecto a la rigidez (ver Figura 3), los datos del módulo de elasticidad ($E_{m,g}$) se pueden ajustar a una distribución normal con una media igual a 6964 N/mm² y 7742 N/mm² asociada a una desviación estándar de 3009 N/mm² y 2814 N/mm² para el *P. elliottii* y el *P. taeda*, respectivamente. La prueba de Kolmogorov-Smirnov (K-S) indicó que únicamente los datos correspondientes al *P. taeda* (valor-P más pequeño = 0,70) provienen de una distribución normal, por lo que, al no verificarse la normalidad de aquellos asociados a la ME (valor-P más pequeño = 0,04 < 0,05), se utilizó la prueba no paramétrica de K-S para poder compararlas. La misma arrojó un valor-P aproximado de 0,01 (< 0,05) lo que implica una diferencia estadísticamente significativa entre las dos distribuciones pudiendo ser rechazada la hipótesis de igualdad entre especies. No obstante, al tratarse de un material caracterizado por su gran heterogeneidad, no resulta determinante una diferencia del 11% entre los valores medios del módulo de elasticidad para madera estructural. En este sentido MELCHIORETTO y ELEOTÉRIO (2003) reportaron como no significativa una diferencia del 20% entre valores $E_{m,g}$ del *P. taeda* respecto del *P. elliottii*.

En el gráfico de densidad suavizada representado en la Figura 3 se pone en evidencia la brecha existente entre las distribuciones del $E_{m,g}$ de las dos especies en estudio. Ambas curvas presentaron una desviación estándar similar por lo que divergen únicamente debido a la pequeña diferencia existente entre los valores medios obtenidos. Esta discrepancia podría estar asociada a las prácticas de silvicultura aplicadas a los bosques considerando que el mayor $E_{m,g}$ se corresponde con la muestra MT, cuya madera proviene de una forestación que fue sometida a dos turnos de poda, mientras que la correspondiente al *Pinus elliottii* (ME) no fue sometida a tratamiento alguno. Estos resultados se condicen con informes que indican que la madera extraída de plantaciones donde fueron aplicadas prácticas de poda presenta una mejor aptitud mecánica debido a que estos tratamientos mejoran la calidad de los rollizos basales, lo que repercute directamente en un mayor módulo de elasticidad de la madera (WINCK *et al.*, 2015).

Los datos de densidad (ρ) son representados gráficamente en la Figura 4, aquellos asociados al *Pinus elliottii* se pueden ajustar a una distribución normal con media igual a 490 kg/m³ y desviación estándar de 77 kg/m³, mientras que los del *Pinus taeda*, con media igual a 456 kg/m³ y desviación estándar de 54 kg/m³.

Al igual que en el caso anterior ($E_{m,g}$), para la densidad la prueba de Kolmogorov-Smirnov (K-S) reveló la normalidad de los datos asociados a MT (valor-P = 0,29) pero no de los correspondientes a ME (valor-P \approx 0). A través de la prueba no paramétrica K-S se determinó con un 95% de confianza que existe una diferencia estadísticamente significativa entre las dos distribuciones y puede ser rechazada la hipótesis de igualdad (valor-P \approx 0,01 < 0,05). Esta diferencia puede ser atribuida, en gran medida, a la mayor densidad registrada por parte del *Pinus elliottii*, que probablemente se corresponde con la abundante producción de resinas que caracteriza a dicha especie, particularidad que la distingue del *Pinus taeda* (PEREIRA MENDES 2017). El efecto de las resinas sobre la densidad fue corroborado por HERMOSO PRIETO (2001), quien al comparar la madera del pino silvestre con la del pino pinaster (más resinoso) observó una similitud entre las propiedades resistentes pero no así entre densidades, resultando más densa la madera con mayor contenido de resina.

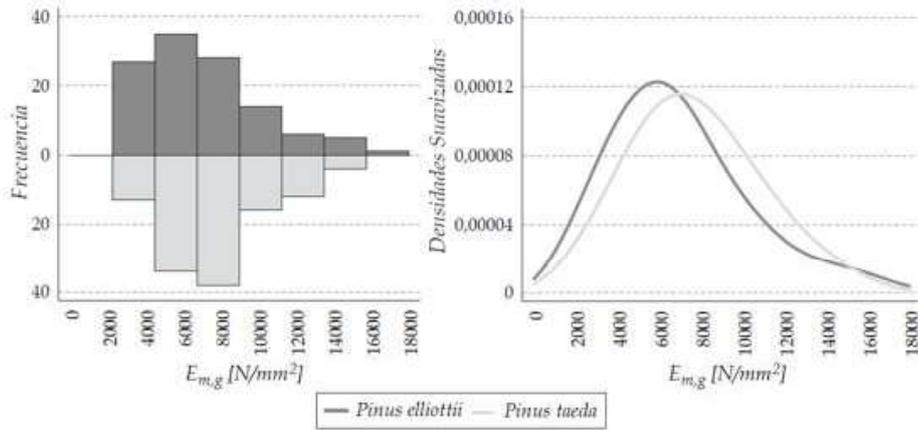


Figura 3. Distribución del módulo de elasticidad en flexión ($E_{m,g}$) asociada a cada muestra (*P. elliottii*, *P. taeda*). Izq.: Histograma de frecuencia. Der.: Gráfico de densidad suavizada.
 Figure 3. Distribution of the modulus of elasticity in flexion ($E_{m,g}$) associated with each sample (*P. elliottii*, *P. taeda*). Left: Frequency histogram. Right: Smoothed density graph.

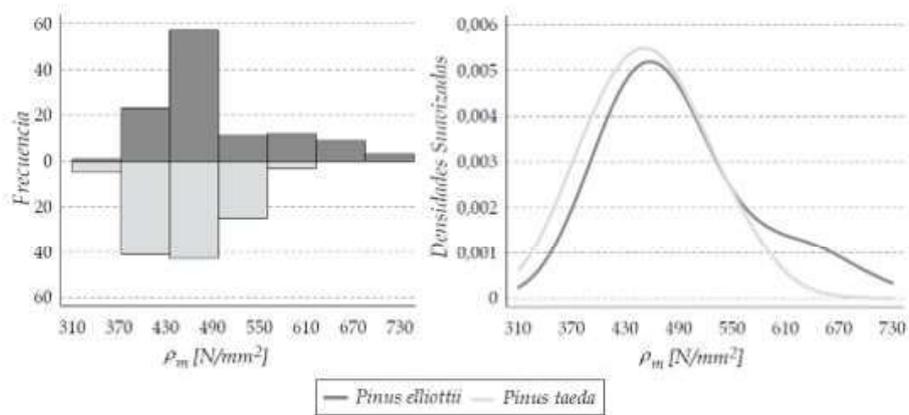


Figura 4. Distribución de la densidad (ρ) asociada a cada muestra (*P. elliottii*, *P. taeda*). Izq.: Histograma de frecuencia. Der.: Gráfico de densidad suavizada.
 Figure 4. Density distribution (ρ) associated with each sample (*P. elliottii*, *P. taeda*). Left: Frequency histogram. Right: Smoothed density graph.

CONCLUSIONES

Del estudio comparativo entre las propiedades físico-mecánicas de la madera de *Pinus elliottii* y *Pinus taeda* se concluye que:

Ambas especies presentan similar resistencia a flexión (f_m);

La madera de *P. elliottii* presenta un valor de módulo de elasticidad a flexión ($E_{m,g}$) un 11% menor que la de *P. taeda*, ambos relacionados con elevados coeficientes de variación. No obstante, al tratarse de un material caracterizado por una gran heterogeneidad esa diferencia no resulta determinante para el uso estructural;

La madera de *P. elliottii* resulta un 7% más densa que la del *P. taeda*, lo que probablemente se corresponde con la abundante producción de resinas que caracteriza a la primera;

La diferencia de densidad registrada entre especies no se ve reflejada en el valor de las propiedades de resistencia y rigidez (f_m y $E_{m,g}$);

Ambas especies presentan un comportamiento mecánico similar (f_m y $E_{m,g}$) por lo que pueden ser empleadas de manera indistinta y, en consecuencia, confirman el criterio de las normas de Argentina (CIRSOC 601 2016; IRAM 9662-3 2015; IRAM 9670 2002) que las consideran en forma conjunta para uso estructural.

BIBLIOGRAFÍA

- BALLARIN, A.; Ballarin, A.; Calil Júnior, C. (2017) Classificação visual e mecânica simplificada da madeira de pinus spp. II Congreso Latinoamericano de Estructuras de Madera y II Congreso Ibero-Latinoamericano de la Madera en la Construcción, 11pp, Buenos Aires, Argentina.
- CHIFARELLI, D. (2008) El Modelo de Monocultivos de Coníferas a Gran Escala. Análisis de Sustentabilidad en el Alto Paraná Misionero. IX Congreso Argentino de Antropología Social, 21 pp. Misiones, Argentina.
- DI MARCO, E. (2014) *Pinus taeda* L. (*Pino taeda*, *Pinotea*, *Pino Resinoso*, *Loblolly Pine*) Familia Pinaceae. Revista Producción Forestal 4(10): 28-30.
- Dirección de Producción Forestal (2016). Argentina: Plantaciones forestales y gestión sostenible. 15 pp. Disponible en <https://goo.gl/064alb>, acceso el 12/12/2019.
- ELIZONDO, M. (2015) Actualización del inventario de plantaciones forestales de la provincia de Corrientes, 97 pp. Corrientes, Argentina.
- FANK, P.; Stefani, P.; Piter, J. (2017) Clasificación mecánica de tablas de pinos resinosos cultivados en el nordeste de Argentina. Maderas. Ciencia y tecnología. 19(2): 247-264.
- FASSOLA, H. (2004) El cultivo de pino taeda en Misiones y NE de Corrientes, Argentina. Basoko teknika, Técnica Forestal: 30-33.
- HERMOSO PRIETO, E. (2001) Caracterización mecánica de la madera estructural de *Pinus sylvestris* L. Tesis Doctoral, Universidad Politécnica de Madrid, Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Montes, 253 pp. Madrid, España.
- INTI CIRSOC 601 (2016) Reglamento argentino de estructuras de madera. Disposiciones generales y requisitos para el diseño y la construcción de estructuras de madera en edificaciones. Instituto Nacional de Tecnología Industrial, Buenos Aires, Argentina.
- IRAM 9662-3 (2015) Madera laminada encolada estructural, Clasificación visual de las tablas por resistencia. Parte 3: Tablas de *Pino taeda* y *elliotti* (*Pinus taeda* y *elliotti*). Instituto Argentino de Normalización y Certificación. Buenos Aires.
- IRAM 9663 (2013) Estructuras de madera. Madera aserrada y madera laminada encolada para uso estructural. Determinación de algunas propiedades físicas y mecánicas. Instituto Argentino de Normalización y Certificación. Buenos Aires.
- IRAM 9664 (2013) Madera estructural. Determinación de los valores característicos de las propiedades mecánicas y la densidad. Instituto Argentino de Normalización y Certificación. Buenos Aires.
- IRAM 9670 (2002) Madera estructural. Clasificación y requisitos. Clasificación en grados de resistencia para la madera aserrada de pinos resinosos del noreste argentino mediante una evaluación visual. Instituto Argentino de Normalización y Certificación, Buenos Aires.
- ISO 3130 (1975) Wood. Determination of moisture content for physical and mechanical tests. Int. Org. for Standardization.
- ISO 3131 (1975) Wood. Determination of density for physical and mechanical tests. Int. Org. for Standardization.
- MELCHIORETTO, D.; Eleotério, J. (2003) Caracterização, classificação e comparação da madeira de pinus patula, *p. elliottii* e *p. taeda* através de suas propriedades físicas e mecánicas. XVIII Congresso Regional De Iniciação Científica e Tecnológica Engenharia Civil (CRICTE), 5 pp. Itajaí, SC, Brasil.
- MOYA, L.; Cardoso, A.; Cagno, M.; Laguarda, F.; Gatto, F.; O'Neill, H. (2015a) Proyecto para la caracterización estructural de madera aserrada de pinos cultivados en Uruguay. Documento de Investigación Nro. 3, Universidad ORT Uruguay, Facultad de Arquitectura, 20 pp.
- MOYA, L.; Cardoso, A.; Cagno, M.; O'Neill, H. (2015b) Caracterización estructural de madera aserrada de pinos cultivados en Uruguay. Maderas. Ciencia y tecnología 17(3): 597- 612.

MOYA, L.; Domenech, L.; Cardoso, A.; O'Neill, H.; Baño, V. (2017) Proposal of visual strength grading rules for Uruguayan pine timber. *European Journal of Wood and Wood Products* 75(3): 1017–1019.

MUÑIZ, G. (1993) Caracterização e desenvolvimento de modelos para estimar as propriedades e o comportamento na secagem da madeira de *Pinus elliottii* Engelm. e *Pinus taeda* L. Universidade Federal do Paraná, Setor de Ciências Agrárias, 252 pp. Curitiba, Brasil.

O'NEILL, H. (2004) Estimación de la calidad de la madera producida en el Uruguay para uso estructural y su evaluación en servicio por métodos no destructivos. Departamento de Proyectos Forestales - Laboratorio Tecnológico del Uruguay. Nota técnica, 9 pp.

PEREIRA MENDES, G. (2017) Caracterização de proveniências de *Pinus elliottii* e *Pinus taeda* para instalação de ensaios de proveniências. Tesis de Maestría, Escola Superior Agrária de Coimbra (ESAC), Mestrado em Recursos Florestais, 104 pp. Coimbra, Brasil.

SANTINI, E.; Haselein, C.; Gatto, D. (2000) Análise comparativa das propriedades físicas e mecânicas da madeira de três coníferas de florestas plantadas. *Ciência Florestal* 10(1): 85-93.

SIFIP (2016) Actualización del inventario de bosques cultivados de la provincia de Misiones. Subsecretaría de Desarrollo Forestal de la Provincia de Misiones, 63 pp. Eldorado, Misiones.

WEBER, E. (2005) Caracterización física y mecánica de *Pinus taeda* origen Marion en plantaciones de diferentes edades y determinación de usos potenciales. Tesis de Maestría, Universidad Nacional de Misiones, Facultad de Ingeniería Forestal, 143 pp.

WINCK, R.; Fassola, H.; Videla, D.; Suirezs, T.; Area, M.; Pezzutti, R. (2015) Calidad de madera de *Pinus taeda* de 20 años de edad proveniente de rodales con diferente manejo silvícola. III Congreso Nacional de Sistemas Silvopastoriles - VIII Congreso Internacional de Sistemas Agroforestales, pp. 372-376. Misiones, Argentina.

ZADERENKO, C. (2000) Determinación de tiempos de secado por difusión en cámaras convencionales para *Pinus taeda* implantado de Misiones. Tesis de Maestría, Universidad Nacional de Misiones, Maestría en Tecnología de la Madera, Celulosa y Papel, 186 pp. Misiones, Argentina.