



COMPRESION PARALELA Y TRACCION PERPENDICULAR DE LA MADERA DE *Pinus elliotii* var. *elliotii* x *P. caribaea* var. *hondurensis*

Paola ACEVEDO¹, Rosa Angela WINCK^{1,2}, María Teresa SUIREZS³, María Elena GAUCHAT⁴, Ector BELABER⁵

RESUMEN

El objetivo de este trabajo fue determinar los módulos de rotura y elasticidad (MOR y MOE) a la compresión paralela a las fibras y el esfuerzo a la tracción perpendicular a las fibras de las maderas de tres progenies del pino híbrido (*Pinus elliotii* var. *elliotii* x *P. caribaea* var. *hondurensis*). Las cruza se realizaron en el huerto semillero clonal (HSC) de *P. elliotii* var. *elliotii* (PEE) situado en INTA San Antonio, Misiones. En el año 2007 fueron instaladas a campo en Puerto Laharrague. Se cortaron un total de 12 árboles, 3 del tratamiento testigo (F2) y 3 individuos por progenie. Los ejemplares fueron apeados a los 7 años de edad, luego de la troza basal se cortaron tablas que fueron estacionadas bajo cubierta para su secado y posterior elaboración de las probetas normalizadas. Los ensayos se realizaron con máquina universal siguiendo los procedimientos establecidos en las normas IRAM 9541 y ASTM 153/42. El análisis de varianza no mostró diferencias estadísticamente significativas en las propiedades de resistencia para los distintos materiales genéticos evaluados. Los valores determinados fueron similares a los encontrados en la literatura para pino resinoso, aun considerando que este estudio fue realizado en ejemplares jóvenes.

Palabras clave: Pino híbrido, módulo de elasticidad, módulo de rotura, propiedades mecánicas

1. INTRODUCCIÓN

El híbrido entre *Pinus elliotii* var. *elliotii* x *P. caribaea* var. *hondurensis* (PEE x PCH), denominado comúnmente pino híbrido, es cultivado en las provincias de Misiones y Corrientes desde la década del 90 (Gauchat *et al.*, 2005). La materia prima provenientes de estas plantaciones es utilizada en el proceso industrial para fabricación de productos varios por distintas empresas (Keller y Crechi, 2015).

Según Guillaumet *et al.* (2011) este híbrido produce un mayor volumen anual de madera que el *P. taeda* y *P. elliotii*, ofreciendo propiedades de resistencias similares, demostrando un buen potencial para su utilización en la fabricación de vigas encoladas de madera laminada. Sin embargo, Pereyra *et al.* (2008) estudiaron las propiedades mecánicas de la madera del pino híbrido para edades entre 9 y 14 años y obtuvieron valores de resistencia inferiores a los determinados por Santini *et al.* (2000) y Weber (2005) para *P. taeda* y *P. elliotii* de edades similares.

El objetivo de este trabajo fue determinar los módulos de rotura y de elasticidad a la compresión paralela a las fibras y el esfuerzo radial y tangencial a la tracción perpendicular a las fibras del pino híbrido.

2. MATERIALES Y MÉTODOS

El material genético utilizado, corresponde a familias de hermanos completos generadas a través de

¹ Facultad de Ciencias Forestales - UNaM. Bertoni N° 124, C.P.3380, Eldorado - Misiones – Argentina. pao205@gmail.com

² EEA Montecarlo - Área de tecnología-anatomía de la madera. Av. El Libertador N° 2472, C.P. 3384, Montecarlo Misiones Argentina. winck.rosa@inta.gob.ar

³ Facultad de Ciencias Forestales - UNaM. Bertoni N° 124, C.P.3380, Eldorado - Misiones - Argentina. teresuirezs@hotmail.com

⁴ EEA Montecarlo – Área de Genética y Mejoramiento Forestal. Av. El Libertador N° 2472, C.P. 3384, Montecarlo Misiones Argentina. gauchat.maria@inta.gob.ar

⁵ EEA Montecarlo – Área de Genética y Mejoramiento Forestal. Av. El Libertador N° 2472, C.P. 3384, Montecarlo Misiones Argentina. belaber.ector@inta.gob.ar



cruzamientos controlados en el año 2004. Las cruces se realizaron en el Huerto Semillero Clonal (HSC) de PEE situado en INTA San Antonio, Misiones (Rodríguez y Gauchat, 2005). Los árboles de dicho huerto actuaron como madres, mientras que los padres fueron individuos de PCH seleccionados en ensayos de orígenes y procedencia y en plantaciones comerciales. Las plantas F1 de los cruzamientos fueron generadas a partir de semillas e instaladas a campo en el año 2007, en Puerto Laharrague. Los testigos fueron PEE procedente del HSC INTA San Antonio; PEE procedente del HSC INTA Cerro Azul; PCH procedencia Brasil; híbrido F2, procedente de Australia.

Para el estudio de las propiedades mecánicas se tomaron muestras del ensayo instalado en Puerto Laharrague (Gauchat *et al.*, 2013). Se consideraron 4 tratamientos (materiales genéticos), tres correspondientes a familias híbridas F1 (T1, T2, T3) y el y el cuarto al híbrido F2 (T0). Se muestrearon un total de 12 árboles, 3 ejemplares por tratamiento.

Los árboles fueron apeados en septiembre de 2014, a la edad de 7 años, luego se cortaron tablas de 7 cm de espesor que fueron estacionadas bajo cubierta para su secado y posterior elaboración de las probetas normalizadas. En el Cuadro 1 se pueden observar las características dasométricas de los árboles muestreados. Para determinar los módulos de rotura y elasticidad a la compresión paralela a las fibras, se utilizaron probetas y procedimientos especificados según establece la Norma IRAM 9541 (Figura 1a). Mientras que, los ensayos de tracción perpendicular a las fibras se realizaron según lo establecido en la norma ASTM 153/42 (Figura 1b). Se realizaron 3 repeticiones por cada propiedad evaluada y por árbol muestreado.

Cuadro 1. Características dasométricas de los árboles muestreados

| Tratamiento | Árboles | dap (cm) | h (m) | hbcv (m) | dbcv (cm) |
|-------------|---------|----------|-------|----------|-----------|
| T0 | A6 | 22,00 | 13,70 | 4,96 | 17,70 |
| | A7 | 21,90 | 16,05 | 7,00 | 14,90 |
| | A12 | 21,30 | 16,60 | 8,00 | 16,00 |
| T1 | A1 | 29,00 | 16,85 | 7,13 | 19,50 |
| | A2 | 27,60 | 17,20 | 9,00 | 17,40 |
| | A8 | 26,00 | 16,50 | 6,20 | 20,40 |
| T2 | A3 | 28,00 | 17,08 | 6,00 | 21,50 |
| | A4 | 25,50 | 17,60 | 5,85 | 19,50 |
| | A11 | 24,50 | 16,57 | 11,55 | 22,10 |
| T3 | A5 | 27,00 | 15,90 | 4,60 | 22,70 |
| | A9 | 33,00 | 16,60 | 4,90 | 27,60 |
| | A10 | 22,40 | 14,90 | 3,75 | 20,40 |

Nota: dap: diámetro a la altura de pecho, h: altura total, hbcv: altura hasta la base de la copa verde, dbcv: diámetro en la base de la copa verde.



Figura 1. Probetas para determinación de módulos de rotura y elasticidad. a) Probetas para ensayo de compresión paralela a las fibras. b) Probeta para ensayo de tracción perpendicular a las fibras



Una vez ensayadas las probetas, se realizó un análisis de variancia, considerando como variables respuestas el MOE y MOR a la compresión paralela y el esfuerzo radial y tangencial a la tracción perpendicular a las fibras para los distintos materiales genéticos. Se tomaron como covariables el dap, h, hbcv y dbc. Se utilizó un nivel de confianza del 95%.

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los distintos materiales genéticos y las covariables dap, h, hbcv y dbc, no tuvieron influencias estadísticas significativas en las propiedades de resistencia estudiadas (p-valores > 0,05).

3.1 Resistencia a la tracción perpendicular a las fibras

Los valores medios de tracción perpendicular a las fibras en sentido radial, para pino híbrido fueron de 19,44; 20,44; 20,53 y 21,85 kg/cm² para los tratamientos T0; T1; T2 y T3, respectivamente. Los valores medios en el sentido tangencial fueron de 27,68; 27,67; 24,93 y 27,46 kg/cm² para los tratamientos T0; T1; T2 y T3, respectivamente. Estos valores son similares a los determinados para *P. taeda* de 6 años de edad (Weber, 2005), con valores de 25,38 y 29,80 kg/cm² para los esfuerzos radiales y tangenciales respectivamente. Este autor también estudió estas propiedades para otras edades, para los 9 años, obtuvo valores de 27,60 y 36,86 kg/cm² y a los 16 años valores de 33,80 y 41,88 kg/cm² para los esfuerzos radiales y tangenciales respectivamente.

Por otro lado, Santini *et al.* (2000) determinaron valores medios de tracción perpendicular a las fibras de 18 y 24 kg/cm² para *P. elliotii* y *P. taeda* respectivamente, ambos de 13 años de edad. Con los resultados obtenidos en este trabajo, podemos indicar que el pino híbrido, aún con crecimientos anuales superiores a *P. elliotii* y *P. taeda*, posee propiedades de resistencia a la tracción perpendicular a las fibras a los 7 años, igualan a las propiedades del *P. taeda* y superan a los valores conocidos para *P. elliotii*. Por lo tanto podríamos señalar que, estos resultados determinados a temprana edad, son alentadores y coincidieron con los afirmados por Guillaumet *et al.* (2011).

3.2 Resistencia a la compresión paralela a las fibras

En el Cuadro 2 se pueden observar los valores medios de la resistencia a la compresión paralela a las fibras para cada tratamiento y los p-valores para el MOR y MOE.

Cuadro 2. Valores medios para la compresión paralela a las fibras del pino híbrido

| Tratamientos | MOR (kg/cm ²) | MOE (kg/cm ²) |
|--------------|---------------------------|---------------------------|
| T0 | 210,52 a | 13.177,47 a |
| T1 | 217,71 a | 12.246,10 a |
| T2 | 188,53 a | 12.191,20 a |
| T3 | 158,59 a | 11.006,00 a |
| p-valor | 0,075 | 0,413 |

Nota: Las medias con letras iguales indican que no existen diferencias estadísticamente significativas (p-valor > 0,05).

Los valores de MOE son similares a los obtenidos por Weber (2005) para *P. taeda* de 6 años de edad (Cuadro 3), mientras que los valores de MOR fueron inferiores.

Cuadro 3. Antecedentes de valores medios de compresión paralela a las fibras para distintas edades y especies de pino.

| | WEBER, 2005 | | | PEREYRA <i>et al.</i> 2007 | SANTINI <i>et al.</i> 2000 | |
|--------------------------------|--------------------|-----------|-----------|----------------------------|----------------------------|--------------------|
| | <i>Pinus taeda</i> | | | Pino híbrido | <i>P. taeda</i> | <i>P. elliotii</i> |
| | 6 años | 9 años | 16 años | | 13 años | 13 años |
| MOR (kg/cm²) | 246,04 | 267,31 | 296,08 | 270,71 | 291 | 292 |
| MOE (kg/cm²) | 11.297,66 | 29.128,31 | 32.689,15 | 13.438,51 | 87.606 | 73.531 |



Los valores de MOR y MOE a la compresión paralela a las fibras, de este estudio, son muy semejantes a los alcanzados por Pereyra *et al.* (2008) (Cuadro 3), a pesar de la diferencia de edades.

Los valores obtenidos por Santini *et al.* (2000), para *P. taeda* y *P. elliotii* de 13 años de edad, superan ampliamente a los valores encontrados en el presente estudio, esta diferencia puede deberse, en parte, a la edad, debido que a los 13 años ya existe una proporción de madera madura. En el Cuadro 3 se puede visualizar que los valores de MOE y MOR ascienden con la edad (Santini *et al.* 2000; Weber, 2005; Pereyra *et al.* 2008).

En el presente estudio se pudo apreciar que los diámetros promedios de las 3 progenies fueron superiores al dap medio del tratamiento testigo, sin embargo, este crecimiento no afectó a las propiedades mecánicas que fueron evaluadas. Otra característica que se pudo notar es que, dentro de la misma progenie existe una gran variabilidad en los valores de resistencia mecánica, entre los individuos analizados (figuras 2 y 3).

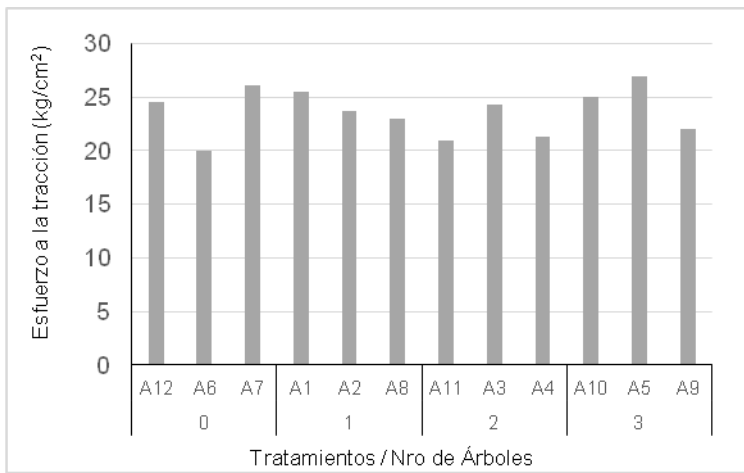


Figura 2. Esfuerzo a la tracción perpendicular a las fibras

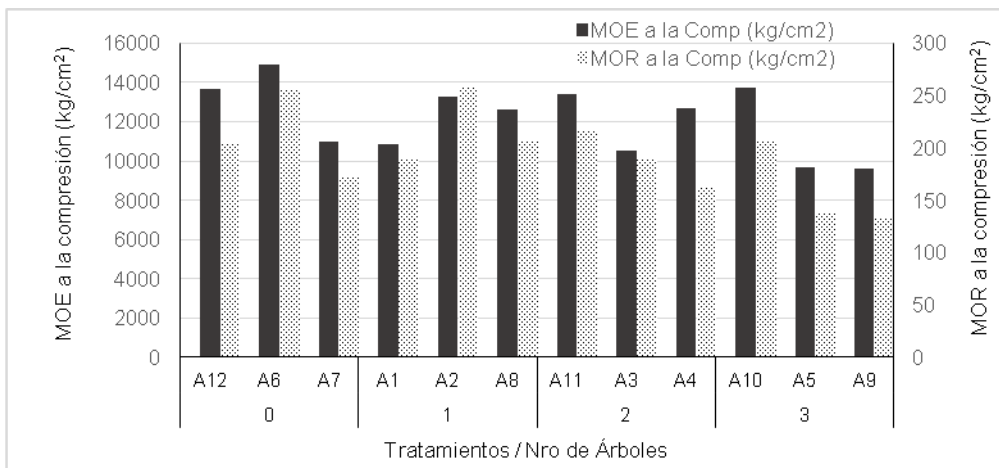


Figura 3. Resistencia a la compresión paralela a las fibras

4. CONCLUSIONES

En este trabajo no se observaron diferencias estadísticamente significativas para los módulos de rotura y elasticidad a la compresión paralela a las fibras, ni para el esfuerzo a la tracción perpendicular a las fibras entre las progenies y el testigo. Las propiedades determinadas a temprana edad demuestran que el pino híbrido ofrece características prometedoras, como ser crecimiento en diámetro y altura sin comprometer las propiedades de resistencias mecánicas de la madera, considerando que estas características mejoran con la edad del árbol.



Los valores obtenidos para las propiedades mecánicas estudiadas, indican la posibilidad de utilizar la madera de pino híbrido para la construcción y otras aplicaciones similares a las maderas del género *Pinus* que se cultivan en la provincia de Misiones

5. LITERATURA CITADA

GAUCHAT M.E., BELABER E., CAPP A.E.P., SCHERER R.A., REIS H.D. 2013. Parámetros genéticos de progenies híbridas F1 entre *Pinus elliottii* var. *elliottii* y *Pinus caribaea* var. *hondurensis* generadas en Argentina. En actas: 4to Congreso Forestal Argentino y Latinoamericano. Iguazú, Misiones, Argentina.

GAUCHAT M.E., RODRÍGUEZ G.H., BELABER E., BISCHOF D. 2005. *Pinus elliottii* var. *elliottii* x *P. caribaea* var. *hondurensis*. Híbridos de alta productividad combinando crecimiento y forma. Revista IDIA XXI, Nro. 8. Ediciones INTA, Buenos Aires, Argentina.

GUILLAUMET A.A., MANAVELLA R.D., FILIPPETTI M.C., ARMAS A. 2011. Caracterización del híbrido *Pinus elliottii* var. *elliottii* x *Pinus caribaea* var. *hondurensis* "F2" para su utilización en vigas laminadas encoladas, 6000. CIMAD 11 – 1º Congresso Ibero-Latino Americano da Madeira na Construção, Coimbra, Portugal.

KELLER A., CRECHI E. 2015. Ecuaciones de volumen y forma para *Pinus elliottii* var. *elliottii* x *P. caribaea* var. *hondurensis* cultivados en la zona nordeste de Misiones, Argentina. In *XXIX Jornadas forestales de Entre Ríos* (Vol. 2472, pp. 1–5). Concordia.

PEREYRA O., SUIREZS M.T., BOBADILLA E.A., REDKA L., KAHLSTORF H. 2007. Estudio de las propiedades físicas y mecánicas de la madera del híbrido *Pinus elliottii* x *Pinus caribaea* var. *hondurensis* y su comportamiento en la elaboración de productos remanufacturados. Código ISIF: II – 15, código incentivo: 16/F064.

RODRIGUEZ G.H., GAUCHAT M.E. 2005. Sub-capítulo I: Subprograma Pinos en Región Mesopotámica *Pinus elliottii*, *Pinus taeda*. Capítulo III Subprogramas de Producción de Material de Propagación Mejorado, Mejora Genética. Libro: Mejores Árboles para más Forestadores, El programa de Producción de Material de Propagación Mejorado y el Mejoramiento Genético en el Proyecto Forestal de Desarrollo. SAGPyA- INTA. Pp 23-41.

SANTINI E.J., HASELEIN C.R., GATTO D.A. 2000. Análise comparativa das propriedades físicas e mecánicas da madeira de três coníferas de florestas plantadas. *Ciência Florestal*, Santa Maria 10 (1): 85-93.

WEBER M.E. 2005. Caracterización física y mecánica de *Pinus taeda* origen marion en plantaciones de diferentes edades y determinación de usos potenciales, Misiones, Argentina. Tesis de Maestría.