

EVALUACION NO-DESTRUCTIVA DE LA DENSIDAD DE LA MADERA DE ARBOLES VIVOS EN PIE DE *Eucalyptus grandis* UTILIZANDO RESISTÓGRAFO

Augusto Javier LOPEZ ¹, Pabla Yolanda GENES ² y Juan Adolfo LOPEZ (h.) ²

RESUMEN

La evaluación de algunos indicadores de la calidad de la madera para procesos de transformación mecánica resulta de gran interés para mejoradores y silvicultores. En los últimos años, tanto en los programas de mejoramiento genético como en los silvícolas, se han desarrollado y probado un gran número de equipos y métodos de evaluación no-destructiva (mecánicos, acústicos, electromagnéticos). La utilización de los mismos, con diversos grados de ajuste, diferentes ventajas y desventajas, tiene por objetivo la evaluación del mayor número posible de individuos en el terreno, en tiempos menores y fundamentalmente, conservando en pie los ejemplares muestreados. Entre los principales indicadores de la calidad de la madera la densidad es una propiedad de indiscutible importancia en los procesos de transformación mecánica dado que se relaciona con el tipo y calidad del producto a obtener. Por ello, el objetivo del presente trabajo fue comprobar la eficiencia del Resistógrafo para evaluar en forma no-destructiva la densidad de la madera de árboles en pie de *Eucalyptus grandis*.

El material genético evaluado correspondió a *Eucalyptus grandis* de procedencia SAFCOL (South African Forestry Company). Los ejemplares muestreados fueron elegidos en plantaciones comerciales de 8 a 12 años de edad en 12 sitios del Sudeste de Corrientes. En cada uno de ellos y dentro de una parcela temporaria de 960 m² se seleccionaron 10 individuos dominantes y co-dominantes, resultando en una población muestral total de 120 individuos. Para el ajuste del Resistógrafo (modelo IML F500-S[®]) se realizaron a nivel del DAP desde corteza a médula dos penetraciones radiales por árbol en sentido opuesto (una en sentido Este y otra en sentido Oeste). Inmediatamente por debajo de dichas mensuras, se extrajeron muestras de madera con barrenos Pressler de 5 mm de diámetro. Estas muestras fueron procesadas en el laboratorio para la obtención de la densidad básica de la madera utilizando el método de SMITH (1954). Los valores de Amplitud (resistencia a la perforación de una aguja de 3 mm de diámetro que avanza con una fuerza constante) se obtuvieron utilizando el *sofword* provisto por el Resistógrafo.

Los principales resultados muestran que *i*) al considerar los 120 ejemplares analizados se detectaron correlaciones altamente significativas ($P < 0,01$) entre los valores de Amplitud correspondiente al radio Este y Oeste ($r = 0,78^{**}$). Así también para los valores de Densidad de la madera E-O ($r = 0,86^{**}$). A nivel radial las correlaciones entre Resistógrafo y densidad de la madera oscilaron entre 0,71^{**} y 0,73^{**}; *ii*) considerando los valores medios de los 12 sitios evaluados, la correlación entre los valores de Amplitud del Resistógrafo y de la Densidad de la madera evidenció asociaciones altamente significativas ($P < 0,01$), similares o superiores a las obtenidas a nivel individual; *iii*) la validación de los modelos de regresión obtenidos para estimar con el Resistógrafo la Densidad de la madera exhibieron resultados satisfactorios al utilizar como muestra independiente un grupo de 6 clones experimentales de la misma especie y *iv*) la información obtenida muestra que el Resistógrafo permitiría discriminar de manera no-destructiva clases o conjuntos de individuos con baja, media o alta densidad de la madera. De igual modo podría ser de gran importancia en el agrupamiento de especies, orígenes/procedencias, clones y sitios. No obstante, de no tener en cuenta ciertos cuidados y precauciones durante el trabajo de terreno, los valores de amplitud obtenidos podrían resultar erróneos o nulos (viento, nudos internos, horizontalidad y perpendicularidad radial del equipo)

Palabras clave: *Eucalyptus grandis*, Resistógrafo, densidad de la madera

¹ Consultor PROMEF (Proyecto Manejo Sustentable de Recursos Naturales BIRF 7520 AR)
Contacto: jal176@hotmail.com

² INTA. Estación Experimental Agropecuaria Bella Vista. Corrientes.

1. INTRODUCCION

En Argentina los programas de mejoramiento genético hasta fines del año 2000 tuvieron como principal objetivo velocidad de crecimiento, forma y adaptabilidad (LOPEZ, 2005). A partir del año 2006 la calidad de la madera para usos sólidos de alto valor comenzó a ser abordada específicamente por los Programas de Mejoramiento Genético del INTA. Entre las principales estrategias, incrementar la densidad de la madera, disminuir la heterogeneidad radial y minimizar la magnitud de las tensiones de crecimiento se ubican entre los principales objetivos para el género *Eucalyptus*.

Entre los más importantes indicadores de la calidad de la madera para procesos de transformación mecánica, la densidad de la madera es una propiedad de indiscutible interés, dado que se relaciona directamente con el tipo y calidad del producto a obtener.

En los últimos años y a efectos de estudiar diferentes propiedades de la madera, tanto en los programas de mejoramiento genético como en los silvícolas, se experimentaron, desarrollaron y probaron un gran número de equipos y métodos de evaluación no-destructiva (mecánicos, acústicos, electromagnéticos). La utilización de los mismos, con diversos grados de ajuste, diferentes ventajas y desventajas, tuvieron como principal premisa el relevamiento del mayor número posible de individuos en el terreno, invirtiendo el menor tiempo posible para su procesamiento y evaluación y fundamentalmente, conservando en pie los ejemplares muestreados (GREAVES *et al.*, 1997; BAILLERES *et al.*, 2002; ARNOLD, *et al.*, 2004; LOPEZ, *et al.*, 2005; LOPEZ y GENES. 2005; APIOLAZA *et al.*, 2005)

Entre varios de los dispositivos evaluados, un equipo denominado Resistógrafo (que fuera generado a fines de la década del 80) fue utilizado para el estudio *in situ* del estado de sanidad de árboles ornamentales maduros de *Eucalyptus globulus* mostrando resultados promisorios (COSTELLO and QUARLES, 1999). Más recientemente, GANTZ (2002) al evaluar familias de *E. globulus* y *E. urophylla* y LIMA *et al.* (2007) con clones híbridos de *Eucalyptus* detectaron correlaciones moderadas a altas entre la Amplitud medida con Resistógrafo y la densidad de la madera por lo cual, dichos autores lo consideran un equipamiento promisorio para este tipo de evaluaciones.

En esencia el Resistógrafo mide la resistencia de la madera a la penetración de una broca o mecha perforadora de 3 mm de diámetro. Dicha broca penetra en el árbol a una fuerza constante siendo dicha resistencia medida electrónicamente (Amplitud) y almacenada por el equipo. Esta información puede ser bajada a una planilla de cálculo y procesarse con un *Software* especial provisto por el fabricante denominado F- Tools Pro[®]. Adicionalmente sobre un papel termal se genera un perfil de resistencia el cual permite visualizar el avance de la broca perforadora a través del diámetro del árbol ó de la pieza bajo estudio.

El objetivo principal del presente trabajo fue comprobar la eficiencia del Resistógrafo para evaluar en forma no-destructiva la densidad de la madera de árboles en pie de *Eucalyptus grandis*.

2. MATERIALES Y METODOS

El material genético evaluado correspondió a *Eucalyptus grandis* de procedencia SAFCOL (South African Forestry Company). Los ejemplares muestreados fueron elegidos en plantaciones comerciales de 8 a 12 años de edad en 12 sitios del Sudeste de Corrientes (**Tabla 1**). En cada uno de ellos y dentro de una parcela temporaria de $\approx 960 \text{ m}^2$ se seleccionaron 10 individuos dominantes y co-dominantes, resultando en una población muestral total de 120 individuos.

Para el ajuste del Resistógrafo (modelo IML F500-S[®]) se realizaron a nivel del DAP desde corteza a médula dos penetraciones radiales por árbol en sentido opuesto (una en sentido Este y otra en sentido Oeste) con el equipo ajustado para madera dura. La decisión de tomar dos muestras radiales con el Resistógrafo y no solo una diametral tal lo utilizado en otras investigaciones (ISIK and LI, 2003; LIMA *et al* 2007), se basó en resultados obtenidos durante la etapa de ajuste del equipo, previa al inicio del muestreo definitivo. Esta experiencia mostró que al procesar dos radios por árbol, si bien hay un leve incremento en el tiempo operativo, se evitan los inconvenientes detectados por GANTZ (2002) y BOUFFIER *et al.* (2007) en cuanto a la tendencia creciente de los perfiles de resistencia a medida que la broca avanza en sentido diametral (generalmente luego de atravesar la médula se

comienza a producir un falso incremento de la Amplitud del radio opuesto). Este comportamiento según GANTZ (2002) puede ser atribuido a la acumulación de aserrín, tensiones de crecimiento, torceduras o cambios de dirección de la broca tal lo manifestado por CHANG *et al.* (2006).

Para las determinaciones de la Densidad de la madera, inmediatamente por debajo de cada determinación radial efectuada con el Resistógrafo se extrajeron muestras con barrenos Pressler de 5 mm de diámetro (corteza-médula). Estas fueron presentadas sobre el papel termal del Resistógrafo a efectos de delimitar la zona correspondiente a la corteza y marcar segmentos de un centímetro de longitud desde la región más externa del árbol hasta la posición de la médula (**Figura 1**). Cabe destacar que no fueron incluidos en el análisis los 2 primeros centímetros externos (albura) y el último centímetro interno (muy cercano a la médula).

En el laboratorio se procesó la densidad básica de la madera de cada segmento (identificado por individuo, radio y posición dentro de cada radio) utilizando el método de SMITH (1954). Los valores de Amplitud radial centímetro a centímetro se obtuvieron utilizando el *sofword* provisto por el Resistógrafo.

Con la información de Densidad (Kg/m^3) y Amplitud (%) medida con el Resistógrafo se generaron las siguientes variables:

- Densidad de la madera del radio Este (Dens-E)
- Densidad de la madera del radio Oeste (Dens-O)
- Densidad de la madera considerando el promedio del radio Este y Oeste (Dens-prom)
- Amplitud del radio Este (Resist-E)
- Amplitud del radio Oeste (Resist-O)
- Amplitud considerando el promedio del radio Este y Oeste (Resist-prom)

Con las variables descriptas anteriormente se procesaron correlaciones simples momento-producto y regresiones lineales utilizando los procedimientos CORR y REG (SAS, 2009). Para la validación de los modelos predictivos se utilizó una muestra independiente constituida por 6 clones experimentales (4 rametos por clon) de *Eucalyptus grandis* de 13 años de edad implantados en el Area Experimental de la EEA INTA Bella Vista. Corrientes (Lat. Sur: 28° 26', Long. Oeste: 58° 55', Altitud: 70 msnm).

Tabla 1. Características generales de los sitios de muestreo en el Sudeste de Corrientes.

Sitios	Latitud (Sur)	Longitud (Oeste)	Altitud (msnm)	Edad (años)	DAP \pm e.e.* (cm)
S1	29° 32,530´	57° 02,923´	80	9	23,0 \pm 2,5
S2	29° 32,876´	57° 02,664´	77	9	21,2 \pm 2,0
S3	29° 33,698´	57° 03,806´	81	9	23,3 \pm 2,8
S4	29° 45,391´	57° 20,264´	75	10	22,4 \pm 3,6
S5	29° 44,404´	57° 22,396´	100	10	23,0 \pm 3,6
S6	29° 45,528´	57° 22,365´	83	10	20,8 \pm 4,6
S7	29° 46,647´	57° 15,863´	87	11	25,9 \pm 3,6
S8	29° 44,632´	57° 14,133´	110	11	23,9 \pm 3,4
S9	30° 00,152´	57° 22,982´	59	12	29,3 \pm 4,0
S10	29° 58,466´	57° 26,077´	93	12	26,7 \pm 5,4
S11	29° 57,695´	57° 25,799´	83	12	23,4 \pm 2,8
S12	30° 00,152´	57° 22,982´	59	12	29,2 \pm 5,1

* diámetro promedio y error estándar de las parcelas temporarias

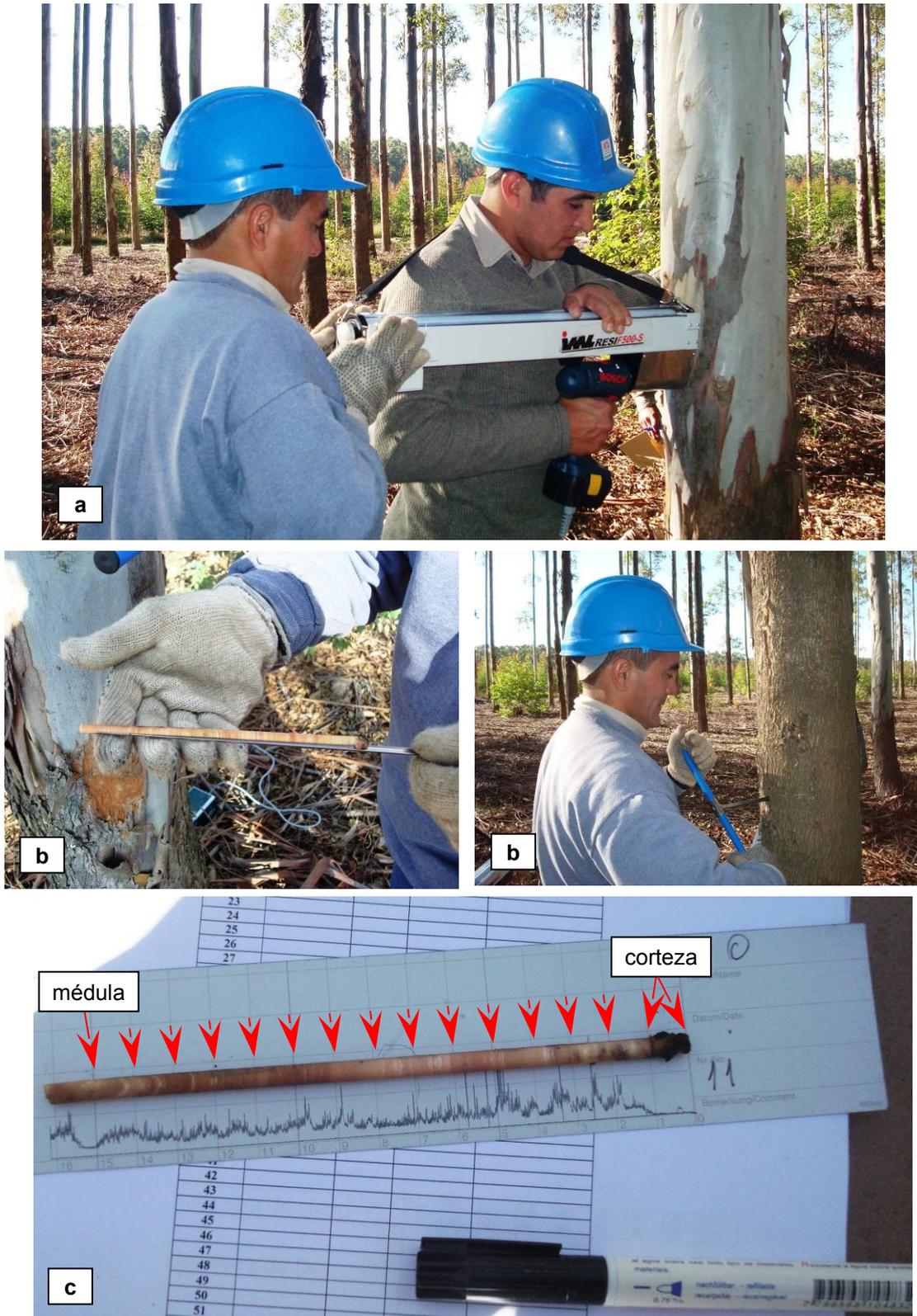


Figura 1. a) Medición de la Amplitud radial con el Resistógrafo; b) Obtención de muestras de madera radiales con barreno Pressler de 5 mm de Ø y c) muestra presentada sobre el papel termal con el perfil del Resistógrafo para delimitar segmentos de 1 cm en sentido radial.

3. RESULTADOS Y DISCUSION

Como se puede observar en los diagramas de dispersión consignados en la **Figura 2** y en los resultados presentados en la **Tabla 2**, al considerar los 120 ejemplares evaluados el coeficiente de correlación entre la Densidad de la madera de ambas posiciones de muestreo (Este y Oeste) resultó altamente significativo ($r = 0,86^{**}$). Resultados comparables, a nivel fenotípico y genético, fueron obtenidos por LOPEZ, *et al* (2007) al analizar 833 individuos de *E. grandis* pertenecientes a 30 familias de polinización libre a través de 3 sitios del NE de Argentina por lo cual, dichos autores sugieren conveniente tomar sólo una muestra por árbol.

Por su parte, al contraponer los resultados obtenidos con el Resistógrafo en ambas posiciones radiales de muestreo, la Amplitud tuvo un comportamiento similar al exhibido por la Densidad de la madera ($r = 0,78^{**}$) revelando además, una correlación altamente significativa con la densidad del mismo radio ($r = 0,71^{**}$ y $0,73^{**}$). Al contrastar el promedio de ambas determinaciones radiales realizadas con el Resistógrafo y la Densidad de la madera, el nivel de asociación entre ambas determinaciones también fue altamente significativo ($r = 0,74^{**}$).

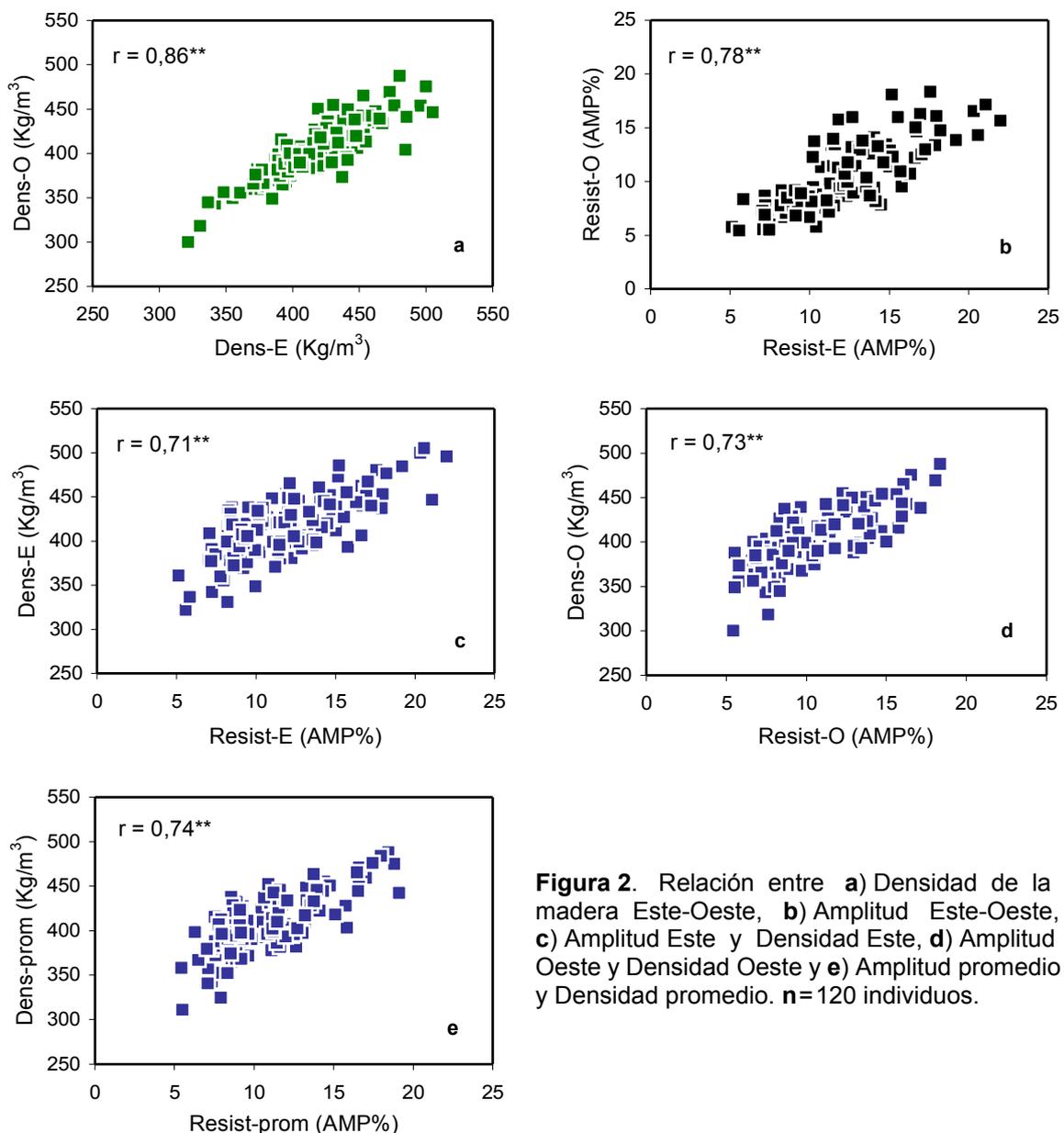


Figura 2. Relación entre **a)** Densidad de la madera Este-Oeste, **b)** Amplitud Este-Oeste, **c)** Amplitud Este y Densidad Este, **d)** Amplitud Oeste y Densidad Oeste y **e)** Amplitud promedio y Densidad promedio. **n**= 120 individuos.

El comportamiento de la Densidad y la Amplitud a nivel de los 12 sitios evaluados, evidenció (**Tabla 2**) asociaciones altamente significativas ($P < 0,01$), similares o superiores a las obtenidas a nivel individual. Resultados comparables aunque levemente más altos ($r = 0,94$) se desprenden de lo informado por LIMA *et al* (2007) al evaluar el promedio de Amplitud y Densidad de 7 clones de *Eucalyptus* de 16 años de edad.

Tabla 2. Correlaciones simples momento-producto considerando los 120 individuos analizados (arriba de la diagonal) y considerando el promedio de los 12 sitios (debajo de la diagonal)

	Dens-E	Dens-O	Resist-E	Resist-O	Dens-prom	Resist-prom
Dens-E		0,86**	0,71**	0,62**	0,96**	0,71**
Dens-O	0,95**		0,63**	0,73**	0,96**	0,71**
Resist-E	0,69**	0,75**		0,78**	0,70**	0,95**
Resist-O	0,64*	0,73**	0,96**		0,70**	0,93**
Dens-prom	0,99**	0,98**	0,73**	0,69**		0,74**
Resist-prom	0,67*	0,75**	0,99**	0,98**	0,72**	

* $P < 0,05$ ** $P < 0,01$

En la **Tabla 3** se presentan las ecuaciones de regresión lineal que describieron la relación entre la Amplitud (variable independiente) y la Densidad de la madera considerando como unidad muestral a los 120 individuos analizados. Allí se observa que los coeficientes de regresión lineal resultaron altamente significativos a un nivel de $P < 0,01$ pudiendo explicarse entre el 49% y el 55% de la variabilidad total de la Densidad de la madera al utilizar el Resistógrafo.

Los errores estándar de la estimación de los cinco modelos de regresión fueron muy semejantes oscilando entre 21,6 Kg/m³ y 24,5 Kg/m³. Los coeficientes de pendiente permiten inferir que al utilizar las ecuaciones 3, 4 ó 5 cuando la Amplitud (%) aumente en una unidad, la Densidad de la madera aumentará 6,34 Kg/m³, 7,48 Kg/m³ ó 7,68 Kg/m³ respectivamente (**Tabla 3**).

Tabla 3. Ecuaciones de regresión lineal para estimar la Densidad de la madera utilizando como variable independiente a la Amplitud medida con el Resistógrafo

Nº	Var. Independ.	Var. Depend.	R ²	Ecuación	EE
1	Resist-E	Dens-E	0,51**	332,51932+7,04774×Resist-E	24,5
2	Resist-O	Dens-O	0,53**	332,93504+7,70381×Resist-O	21,6
3	Resist-E	Dens-prom	0,49**	333,97464+6,34357 ×Resist-E	23,1
4	Resist-O	Dens-prom	0,49**	332,09281+7,48196×Resist-O	23,0
5	Resit-prom	Dens-prom	0,55**	324,03394+7,68680×Resist-prom	21,7

EE: error estándar de la estimación en Kg/m³

A efectos de validar la capacidad predictiva de los modelos de regresión obtenidos, se evaluaron 6 clones experimentales de *Eucalyptus grandis* (4 rametos por clon) de 13 años de edad empleando la misma metodología adoptada con los 120 individuos analizados en el Sudeste de Corrientes (Densidad y Resistógrafo). Los datos de Amplitud (%) fueron transformados a Densidad de la madera (Kg/m³) ocupando las ecuaciones propuestas en la **Tabla 3**.

Si bien los clones adoptados como muestra independiente tuvieron densidades bajas y muy semejantes (la diferencia entre rametos extremos solo fue de 16,5 % y entre clones de 11,4%) los resultados presentados en las **Figuras 3 y 4**, evidencian un ajuste satisfactorio. A nivel de rametos utilizando la ecuación 5 se obtuvo un $R^2 = 0,67$ **. A nivel de media de clones los coeficientes de regresión explicaron el 75%, 60% y 86% de la Densidad de la madera al utilizar las ecuaciones 3, 4 y

5 respectivamente. Estos resultados, si bien aun deben considerarse preliminares, permiten inferir que el Resistógrafo puede ser considerado un equipo promisorio para discriminar de manera no-destructiva clases o conjuntos de individuos con baja, media o alta densidad de la madera. De igual modo podría ser de gran importancia en el agrupamiento de especies, orígenes/procedencias, clones y sitios.

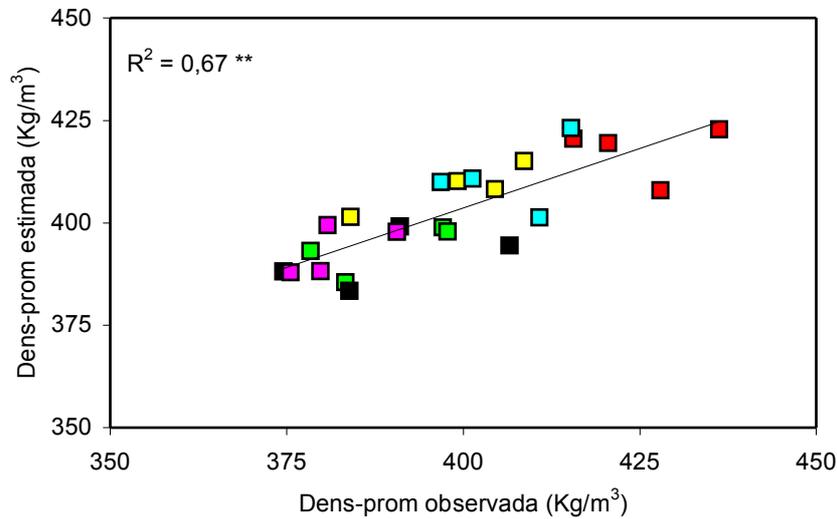


Figura 3. Densidad promedio observada y estimada (utilizando la ecuación 5) para los 24 rametos correspondientes a los 5 clones utilizados como muestra independiente (■ = B96, ■ = 3096, ■ = 2796, ■ = 2496, ■ = 3696, ■ = 1896)

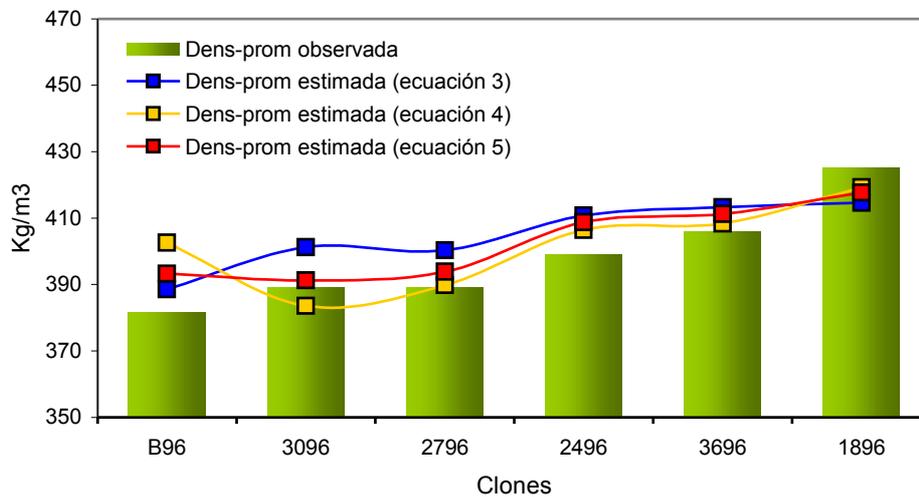


Figura 3. Densidad promedio observada en los cinco clones de *E. grandis* utilizados como muestra independiente y Densidad promedio estimada utilizando las ecuaciones 3, 4 y 5.

La experiencia obtenida durante la fase de pre-ajuste del Resistógrafo y la lograda durante el desarrollo del presente trabajo, mostró que alrededor de 20-24 individuos con DAP entre 23-29 cm pueden ser muestreados por hora de trabajo (considerando 2 determinaciones radiales). En el caso de adoptar la ejecución de sólo una muestra radial, el número de individuos se vería incrementado sustancialmente y la exactitud de las predicciones respecto de la Densidad promedio de cada

individuo o material genético no sufriría grandes cambios. De todas maneras, la decisión de realizar una o dos determinaciones radiales va a depender del tipo de investigación que se pretenda realizar.

Entre los inconvenientes más significativos posibles de ocurrir durante el trabajo en el terreno debe mencionarse que, la existencia de viento podría provocar compresiones sobre la broca del Resistógrafo y como consecuencia generarse lecturas incorrectas (probablemente con mayor incidencia en árboles jóvenes, lotes aislados y ante la presencia de ráfagas fuertes). Así también, la presencia de nudos internos podrían generar valores de mayor amplitud aunque según UKRAINETS and O'NEILL (2010) éstos no son significativos si la broca pasa a más de 3 cm de distancia de los mismos.

Otro de los aspectos a cuidar durante la manipulación del Resistógrafo se refiere al mantenimiento de la horizontalidad con respecto al eje vertical del individuo a muestrear y de la perpendicularidad radial con respecto al centro del árbol (médula). El no reparo de éstas particularidades también pueden generar desvíos en el avance de la broca del Resistógrafo y por ende valores de amplitud radial distorsionados (CHANG, *et al.*, 2006; UKRAINETS and O'NEILL, 2010).

CONCLUSIONES

- i)* Al considerar los 120 ejemplares analizados se detectaron correlaciones altamente significativas ($P < 0,01$) entre los valores de Amplitud correspondiente al radio Este y Oeste ($r = 0,78^{**}$). Así también para los valores de Densidad de la madera E-O ($r = 0,86^{**}$). A nivel radial las correlaciones entre Resistógrafo y densidad de la madera oscilaron entre $0,71^{**}$ y $0,73^{**}$.
- ii)* Considerando los valores medios de los 12 sitios evaluados, la correlación entre los valores de Amplitud del Resistógrafo y de la Densidad de la madera evidenció asociaciones altamente significativas ($P < 0,01$), similares o superiores a las obtenidas a nivel individual.
- iii)* La validación de los modelos de regresión obtenidos para estimar con el Resistógrafo la Densidad de la madera exhibieron resultados satisfactorios al utilizar como muestra independiente un grupo de 6 clones experimentales de la misma especie.
- iv)* La información obtenida muestra que el Resistógrafo permitiría discriminar de manera no-destructiva clases o conjuntos de individuos con baja, media o alta densidad de la madera. De igual modo podría ser de gran importancia en el agrupamiento de especies, orígenes/procedencias, clones y sitios. No obstante, de no tener en cuenta ciertos cuidados y precauciones durante el trabajo de terreno, los valores de amplitud obtenidos podrían resultar erróneos o nulos (viento, nudos internos, horizontalidad y perpendicularidad radial del equipo).

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen especialmente a los Auxiliares del Grupo de Calidad de Madera del INTA Bella Vista: José Ruiz Díaz, Juan Sanchez, Cristian Almirón y Gustavo Benitez por su valioso apoyo en el trabajo de campo y laboratorio.

BIBLIOGRAFIA CITADA

- APIOLAZA, L. A., RAYMOND, C. A. and B. J., YEO. 2005. Genetic Variation of Physical and Chemical Wood Properties of *Eucalyptus globulus*. *Silvae Genetica* 54,4-5: 160-166
- ARNOLD, R. J., JOHNSON, I. G. and J. V. OWEN. 2004. Genetic variation in growth, stem straightness and wood properties in *Eucalyptus dunnii* trials in Northern New South Wales. *Forest Genetic*. 11(1): 1-12
- BAILLERES, H., DAVRIEUX, F. and F. HAM-PICHAYANT. 2002. Near infrared analysis as a tool for rapid screening of some major wood characteristics in a eucalyptus breeding program. *Ann. For. Sci.* 59: 479-490

- BOUFFIER, L., CHARLOT, C.; RAFFIN, A.; ROZEMBERG, P. and A. KREMER. 2007. Can wood density be efficiently selected at early stage in maritime pine. (*Pinus pinaster* Ait.)? Ann. For. Sci. 65 (2008) 106 p1-106 p8 <http://www.afs-journal.org>
- CHANG, T. Y.; GUAN, B. T.; LEE, K. C. and S. T. LIN. 2006. Using the Loess Method to Extract Tree-ring information from the Profiles of a Drill Resistant Device. Taiwan J. For. Sci. 21(1):109-17 <http://ntur.lib.ntu.edu.tw/bitstream/246246/177405/1/12.pdf>
- COSTELLO, L. R. and S. L. QUARLES. 1999. Detection of Wood decay in blue gum and elm: an evaluation of the Resistograph and the portable drill. Journal of Arboriculture. 25 (6): 311-318 <http://joa.isa-arbor.com/request.asp?JournalID=1&ArticleID=2868&Type=2>
- GANTZ, C. H. 2002. Evaluating the efficiency of the Resistograph to estimate genetic parameters for wood density in two soft and two hardwood species. North Carolina State University (Thesis M. Sc.). 78 p. <http://www.lib.ncsu.edu/resolver/1840.16/1554>
- GREAVES, B. L.; BORRALHO, N. M. G.; RAYMOND, C. A.; EVANS, R. and PH. WHITEMAN. 1997. Age-age Correlations in, and Relationships between Basic Density and Growth in *Eucalyptus nitens*. Silvae Genetica 46, 5: 264-270
- ISIK, F. and B. LI. 2003. Rapid assessment of wood density of live trees using the Resistograph for selection in tree improvement programs. Ca. J. Forest Res. 33: 2426-2435
- LIMA, J. T.; SARTORIO, R. C.; TRUGILHO, P. F.; CRUZ C. R. e R. S. VIEIRA. 2007. Uso do resistógrafo para estimar a densidade básica e a resistência à perforação da Madeira de *Eucalyptus*. Scientia forestalis, Piracicaba, 75. pp: 85-93. <http://www.ipef.br/publicacoes/scientia/nr75/cap08.pdf>
- LOPEZ (h.), J. A. 2005. Madera de Calidad para usos sólidos. Un nuevo desafío en especies de rápido crecimiento en el NE de Argentina. En: Ediciones INTA. IDIA XXI: 175-179
- LOPEZ (h.), J. A.; MARCO, M. A. ; HARRAND, L. y P. Y. GENES. 2005. Interacción genotipo-ambiente y parámetros genéticos de la densidad de la madera de *Eucalyptus grandis* utilizando Pilodyn. 3^{er} Congreso Forestal Argentino y Latinoamericano. 6 al 9 de Septiembre de 2005, Corrientes, Argentina
- LOPEZ (h.), J. A. y P. Y. GENES. 2005. Ajuste y validación de un método no-destrutivo para seleccionar genotipos de *Eucalyptus grandis* con bajo nivel de tensiones de crecimiento. 3^{er} Congreso Forestal Argentino y Latinoamericano. 6 al 9 de Septiembre de 2005, Corrientes, Argentina
- LOPEZ (h.), J. A.; L. HARRAND y P. Y. GENES. 2007. Correlaciones genéticas y ganancia genética de la densidad de la madera utilizando solo una muestra a nivel del DAP en progenies de polinización abierta de *Eucalyptus grandis*. In: Resumen Ejecutivo. Resultados Proyectos Específicos 2006-2007. EEA INTA Bella Vista: 10-11 http://www.inta.gov.ar/bellavista/info/documentos/forestales/resultados_0607.pdf
- SAS. 2009. SAS System for Windows V8. Sitio INTA 14759001.
- SMITH, D.M. 1954. Maximum moisture content method for determining specific gravity of small wood samples. Rep. US For. Prod. Lab. Rept. 2054. Madison. Wisconsin. 8 p.
- UKRAINETZ, N. K. and G. A. O'NEILL. 2010. An analysis of sensitivities contributing measurement error to Resistograph values. Can. J. For. Res. 40: 806-811