

PRODUCCIÓN DE LEÑA RENOVABLE PARA EL CONSUMO DOMÉSTICO DE PEQUEÑOS PRODUCTORES RURALES, PEQUEÑOS EMPRENDIMIENTOS RURALES, PERIURBANOS Y URBANOS: RESULTADOS A LOS 25 MESES DE EDAD

Augusto Javier LÓPEZ¹

RESUMEN

El objetivo del presente trabajo fue evaluar diferentes materiales comerciales de rápido crecimiento para la obtención de leña renovable, dirigido principalmente al consumo doméstico de pequeños productores rurales, pequeños emprendimientos rurales, periurbanos y urbanos. Las evaluaciones fueron realizadas a los 25 meses de edad en un ensayo de alta densidad de plantación (2.963 plantas/hectárea). El material genético evaluado correspondió a clones puros de *Eucalyptus grandis*, clones de híbridos de *E. grandis* x *E. camaldulensis*, *E. grandis* x *E. tereticornis*, *E. grandis* x *E. urophylla* y un material testigo de semilla. Todas las variables mostraron diferencias altamente significativas entre los distintos materiales ($P < 0,01$). Se observaron altos crecimientos volumétricos con volúmenes medios individuales de 36 a 89,2 dm³. La densidad básica de la madera varió de 361,5 a 482,7 Kg/m³ siendo significativamente superior en los clones híbridos con respecto a los clones puros de *E. grandis*. Se observó gran incidencia de la densidad de la madera sobre la producción de biomasa leñosa por hectárea, siendo esta propiedad y el crecimiento volumétrico dos de las características más importantes a considerar si el objetivo es la producción de leña. Los materiales evaluados presentaron gran aptitud para producir biomasa leñosa en altas densidades de plantación.

Palabras clave: producción de leña renovable, clones de *Eucalyptus*, dendroenergía.

INTRODUCCIÓN

La biomasa forestal históricamente ha sido una fuente importante de energía, representado la energía obtenida a partir de madera aproximadamente el 7% del total de la energía que se consume en el mundo (ROCHA, 2011).

Si bien, la energía obtenida a partir de biomasa leñosa (dendroenergía) toma cada vez más fuerza como una de las alternativas ante la actual crisis energética y ambiental asociada al uso desmesurado de combustibles fósiles (PATIÑO DÍEZ y SIMTH QUINTERO, 2008), la dendroenergía, fundamentalmente en forma de leña o carbón vegetal ha sido y sigue siendo una importante alternativa en los países en desarrollo (DE BEDIA y SACCHI, 2016). Esto se debe principalmente a que este recurso se puede obtener, procesar, comercializar en su lugar de origen y representa, fundamentalmente en zonas rurales, la fuente de energía más barata y segura.

En este sentido en la Provincia de Corrientes la mayoría de los departamentos del Centro y Sudoeste poseen una densidad poblacional rural alta. En los Departamentos de Esquina, Goya, Lavalle, Bella Vista, Saladas, San Roque entre el 78% al 92% de los Establecimientos Agropecuarios (EPA's) son minifundistas (TSAKOUMAGKOS, 2000). En dichos EPA's la principal fuente de energía lo constituye la leña. Si bien no existe información local respecto al volumen consumido anualmente, MONTEIRO (2006) estudiando las necesidades de familias campesinas en el Norte de Brasil estimó que el consumo de leña por persona/día para alimentarse fue de aproximadamente 3 Kilogramos de leña.

Otro sector leña-dependiente lo constituye la actividad periurbana llevada adelante por los ladrilleros. Según FAO (1987), citado por FAO (2009) se necesitan 0,39 Kg de leña para producir 1 Kg de ladrillo. Esta misma fuente consigna que en la Provincia de Corrientes el sector ladrillero durante 2007 consumió 44.217 toneladas de leña. De igual modo, a nivel urbano otro sector leña-dependiente lo componen las panaderías, actividad ésta que demanda según FAO (1987), citado por FAO (2009) 1 Kg de madera para producir 1 Kg de pan. En este sentido, en la Provincia de Corrientes las panaderías para el año 2007 consumieron 61.166 toneladas de leña (FAO, 2009).

¹Consultor Programa BID 2583-INTA jal176@hotmail.com

Por otro lado, en Corrientes la leña utilizada por los secaderos de yerba mate y té asciende a 32.733 t/año (FAO, 2009) y si bien no se tienen datos oficiales de la consumida por los molinos arroceros hay que tener en cuenta que se requieren 70 Kg de madera para obtener 1 tonelada de arroz seco.

Otra cuestión importante a mencionar es que algunas provincias del Norte de la Argentina han reglamentado y puesto en vigencia leyes que restringen el consumo de leña de bosques naturales y establecen como meta la sustitución total del consumo de leña de bosques nativos por la de bosques cultivados con especies nativas o exóticas. Es esperable que similares normativas a mediano plazo también sean adoptadas en la Provincia de Corrientes a efectos de preservar los bienes y servicios que brinda el bosque nativo. Sin embargo, en la Provincia de Corrientes y particularmente en la Región Centro y Sudoeste no existe antecedente alguno sobre el uso de especies introducidas de rápido crecimiento para la producción de leña lo cual en mayor o menor medida, a corto o mediano plazo, dificultará el desarrollo de los territorios y particularmente de los actores más vulnerables.

Es por ello que el objetivo de este trabajo fue evaluar diferentes materiales comerciales de rápido crecimiento para la obtención de leña renovable, dirigido principalmente al consumo doméstico de pequeños productores rurales, pequeños emprendimientos rurales, periurbanos y urbanos, considerando cosecha manual con motosierra.

MATERIALES Y MÉTODOS

Las evaluaciones fueron realizadas en un ensayo de alta densidad de plantación ubicado en la localidad de Bella Vista, Provincia de Corrientes (Latitud S: 28° 26' 38,45"; Longitud O: 58° 58' 51,89"). El mismo fue instalado en septiembre de 2014 con un diseño de parcelas en set, con 3 repeticiones y unidades experimentales de 40 plantas a una distancia de plantación de 2,25 m entre filas y 1,5 m entre plantas (2.963 plantas/hectárea). Las labores realizadas para la instalación del ensayo fueron: *i*) rastra de discos en toda la superficie, *ii*) control químico de malezas pre-emergente y pos-emergente y *iii*) fertilización inicial con 100 gramos de fosfato diamónico por planta.

El material genético evaluado correspondió a clones puros de *Eucalyptus grandis*, clones de híbridos de *E. grandis* x *E. camaldulensis*, *E. grandis* x *E. tereticornis*, *E. grandis* x *E. urophylla* y un material testigo de semilla (Cuadro 1). Estos materiales provienen en su mayoría del programa de mejoramiento genético del INTA y se encuentran certificados y disponibles en los viveros de la región.

Cuadro 1. Características generales de los diferentes materiales genéticos evaluados.

	Material genético	Código	Procedencia comercial
Clones			
<i>E. grandis</i>	EG-INTA-1	EG1	INTA
	EG-INTA-2	EG2	INTA
	EG-INTA-152	EG152	INTA
	EG-INTA-157	EG157	INTA
	EG-INTA-164	EG164	INTA
	DDT00116	T116	Pomera Maderas S. A.
<i>E. grandis</i> x <i>E. camaldulensis</i>	GC-INTA-8	GC8	INTA
	GC-INTA-9	GC9	INTA
	GC-INTA-12	GC12	INTA
	GC-INTA-24	GC24	INTA
	GC-INTA-27	GC27	INTA
	DDX0044	X44	SCIR (Sudáfrica)
<i>E. grandis</i> x <i>E. urophylla</i>	DDX00102	X102	Dendrotech (Australia)
<i>E. grandis</i> x <i>E. tereticornis</i>	GT-INTA-31	GT31	INTA
Semilla			
<i>Eucalyptus grandis</i>	Testigo de semilla mejorada	HSP INTA	HSP: Huerto Semillero de Progenies. Ubajay, Entre Ríos. N° INASE: 6E3066JE.

Las mediciones de crecimiento fueron realizadas a los 25 meses de edad. La altura total (ALT) fue medida utilizando un VERTEX III® (10 cm precisión) y el diámetro a 1,3 metros (DAP) fue medido con Forcípula Haglöf® (1 mm de precisión).

Debido a la inexistencia de funciones de volumen específicas para estos materiales, para el cálculo del volumen individual (volumen con corteza) se utilizó la ecuación propuesta por GLADE y FRIELD (1988): $VOL = \exp [-9,9616718 + (1,82344264 * \ln \text{Diámetro a } 1,30) + (1,0697836 * \ln \text{Altura})]$

El volumen sólido por hectárea (VOL_{ha}) fue estimado a partir de los valores de volumen medio individual (VOL_{ind}). Para la conversión de VOL_{ha} a volumen estéreo por hectárea (VOL_{est}) se utilizó un factor de espaciado 0,74 propuesto por ROJAS GUTIÉRREZ (1977), citado por GUTIÉRRES RODRÍGUES *et. al.* (2013) para leña de eucalipto.

La densidad básica de la madera (DB) fue estimada a campo con Pilodyn 6J FOREST. Para ello, con el dispositivo mecánico antes mencionado, se realizaron dos penetraciones a 1,3 metros de altura en sentido E-O y el promedio de las observaciones fue procesado utilizando la función de ajuste propuesta por LÓPEZ (1995): $DB = 0,6465 - 0,01307 * \text{Penetración de Pilodyn (cm)}$.

Para el análisis de los distintos materiales genéticos se aplicó la metodología de modelos lineales mixtos utilizando el procedimiento MIXED (SAS, 2011). Para determinar las diferencias estadísticas entre los distintos materiales se procesó el método TYPE 3 del procedimiento MIXED. Los análisis se realizaron utilizando los promedios de las parcelas. Debido a la baja sobrevivencia causada por factores externos al ensayo, en 3 materiales solo fueron consideradas 2 de las 3 repeticiones, por ese motivo los promedios de los materiales fueron estimados a través de los mínimos cuadrados utilizando la sentencia LSMEANS (SAS, 2011). Para las comparaciones múltiples entre los promedios ajustadas por LSMEANS, se utilizó la prueba de *t* de Student a un nivel de $P < 0,05$ ejecutando la opción PDIFF de dicho procedimiento. Solo las variables medidas o calculadas a través de mediciones directas (ALT, DAP, VOL_{ind} y DB) fueron analizadas estadísticamente con el procedimiento antes mencionado.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En el Cuadro 2 se consignan los valores promedios ajustados por LSMEANS de ALT, DAP, VOL_{ind} , DB y la estimación de VOL_{est} a partir de los valores de VOL_{ind} para cada material genético. Todas las variables mostraron diferencias altamente significativas entre los distintos materiales ($P < 0,01$).

Cuadro 2. Valores promedio de ALT, DAP, VOL_{ind} , DB y VOL_{est} para todos los materiales evaluados.

Material Genético	ALT (m)	DAP (cm)	VOL_{ind} (dm ³)	DB (Kg/m ³)	VOL_{est} (m ³ /ha)
EG1	15,5 a	12,4 a	89,2 a	370,7 g	357,2
EG2	13,4 c	9,9 bc	50,4 de	431,8 c	201,9
EG152	13,8 bc	10,2 bc	57,3 bcd	384,0 fg	229,3
EG157	13,9 bc	11,0 b	63,8 bc	361,5 h	255,3
EG164	12,7 c	10,6 bc	56,7 cd	389,0 df	226,9
T116	14,6 ab	10,1 bc	58,2 bcd	425,4 c	232,9
GC8	13,6 bc	9,3 c	46,1 def	452,8 b	184,7
GC9	14,1 b	10,1 bc	54,8 cd	452,2 b	219,2
GC12	11,9 c	8,5 c	36,0 f	455,2 b	144,0
GC24	13,7 bc	10,2 bc	54,9 cd	450,2 b	219,8
GC27	14,0 bc	9,3 c	47,9 def	460,0 b	191,7
X44	13,6 bc	9,5 c	48,5 de	481,9 a	194,3
X102	15,4 a	10,9 b	69,4 b	455,4 b	277,8
GT31	12,5 c	8,9 c	39,6 ef	482,7 a	158,4
HSP INTA	12,8 c	9,6 c	51,6 de	404,1 d	206,6

Los valores con letras en común no presentan diferencias estadísticas significativas ($P < 0,05$).

La ALT a los 25 meses varió de 11,9 a 15,5 metros en los clones de menor y mayor crecimiento en altura, respectivamente. Por su parte, los DAP fueron entre 8,5 y 12,4 centímetros.

Se observaron altos crecimientos volumétricos con VOL_{ind} que fueron desde 36 a 89,2 dm³, lo que representa entre 144 y 357,2 m³ estéreos de leña por hectárea o un volumen de madera sólida entre 106,6 y 264,3 m³/hectárea.

Como se observa en el Cuadro 2 el clon que presentó mayor crecimiento volumétrico promedio fue el EG1, siendo significativamente superior al resto de los materiales evaluados. No obstante, los clones

X102 y EG157 también mostraron importantes crecimientos a la edad de evaluación con VOL_{ind} de 69,4 y 63,8 dm^3 respectivamente. Si bien no existe información local, ROCHA (2011) menciona crecimientos de 180 m^3/ha para clones de híbridos de *E. grandis* x *E. camaldulensis* implantados en densidades de 2.222 a 3.333 plantas por hectárea a edades similares de evaluación.

Por su parte la DB estimada con Pilodyn varió de 361,5 a 482,7 Kg/m^3 entre el clon de menor y mayor DB respectivamente. Esta diferencia de 121 Kg entre extremos es de suma importancia ya que representa 33,5% más de biomasa combustible por cada m^3 de crecimiento volumétrico.

Todos los clones de híbridos fueron significativamente superiores en DB a los materiales puros de *E. grandis* (Cuadro 2). Resultados similares fueron obtenidos por LÓPEZ *et. al.* (2016) al evaluar diferentes materiales genéticos que incluyeron algunos de los materiales evaluados en el presente trabajo. Las mayores DB de estos clones híbridos se deben a que *E. camaldulensis*, *E. tereticornis* y *E. urophylla* en su forma pura son especies generalmente de mayor DB que *E. grandis*. Los clones GT31 y X44 fueron los que presentaron las mayores DB (482,7 y 481,9 Kg/m^3 respectivamente) diferenciándose del resto significativamente. Luego, los clones GC27, X102, GC12, GC8, GC9 y GC24 con DB promedio entre 450,2 a 460 Kg/m^3 fueron superiores a todos los materiales puros de *E. grandis*.

Al combinar los resultados de las evaluaciones de DB y crecimiento volumétrico para estimar la producción de biomasa leñosa por hectárea, se observó la importante incidencia de esta propiedad ya que clones de crecimientos volumétricos intermedios como el GC9 y el GC24 presentaron gran producción de biomasa leñosa por hectárea, equiparándose su menor productividad volumétrica debido a una mayor DB (Gráfico 1). De manera similar, los clones EG1 y X102 con 28,6% de diferencia en producción volumétrica, presentaron menos de 5% de diferencia en producción de biomasa leñosa por hectárea. Es por ello que la DB junto con el crecimiento volumétrico son dos de las características más importantes a considerar si el objetivo es la producción de leña.

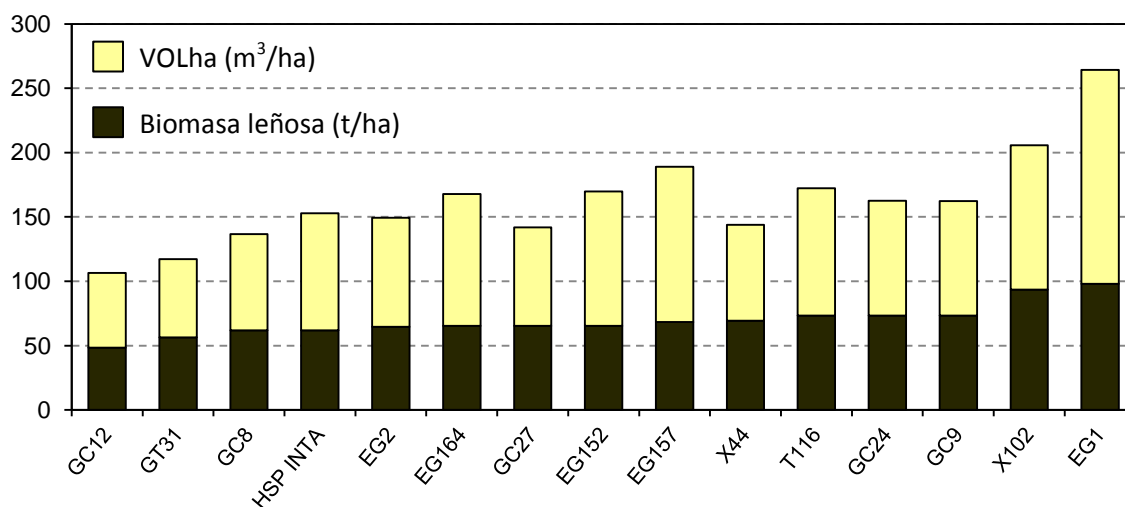


Gráfico 1. Crecimiento volumétrico por hectárea (VOL_{ha}) y producción de biomasa leñosa en toneladas por hectárea de todos los materiales evaluados, ordenados en de menor a mayor producción de biomasa leñosa.

Es importante destacar que los resultados aquí presentados solo contemplan un único esquema silvícola, pudiendo estos materiales responder diferencialmente a prácticas de manejo diferentes (menores o mayores densidades de plantación, fertilización y control de malezas más o menos intensivos, etc.). Además de lo antes mencionado, dado que el interés es la producción de leña renovable que implica mantener productivos en el tiempo los lotes plantados con estos materiales, es necesario a futuro evaluar además la capacidad de rebrotación de los distintos clones en sucesivos turnos de cosecha. Así mismo, dado que un plantín clonal tiene un costo superior a un plantín de semilla y teniendo en cuenta la gran cantidad de plantas necesaria por unidad de superficie para este objetivo de producción, la evaluación del impacto sobre la fertilidad del suelo así como la relación costo beneficio a través de sucesivos turnos de cosecha serán evaluados a futuro.

CONCLUSIONES

Los crecimientos volumétricos de los materiales evaluados fueron altos (VOL_{ind} de 36 a 89,2 dm³) y la densidad básica de la madera varió de 361,5 a 482,7 Kg/m³.

Se observó gran incidencia de la densidad de la madera sobre la producción de biomasa leñosa por hectárea, siendo esta propiedad y el crecimiento volumétrico dos de las características más importantes a considerar si el objetivo es la producción de leña.

Los resultados preliminares muestran la gran aptitud de estos materiales de rápido crecimiento para producir biomasa leñosa en altas densidades de plantación, destacándose hasta la edad de 25 meses para este propósito los clones EG1 y X102.

AGRADECIMIENTOS

Se agradece al proyecto Manejo Sustentable de Recursos Naturales – BIRF LN 7520 AR y los proyectos del INTA CORRI-1243104 y PNFOR-1104062 por la financiación de ésta investigación. Así como a los auxiliares de la EEA INTA Bella Vista Juan Sánchez, Cristian Almirón y Gustavo Benítez por su apoyo en el trabajo de campo.

LITERATURA CITADA

DE BEDIA, G.R. y SACCHI, P. 2016. Consumo de leña y/o carbón de madera como combustible para la cocción de alimentos en hogares argentinos. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA). Artículo de divulgación. 8 p. <http://inta.gob.ar/documentos/consumo-de-leña-y-o-carbon-de-madera-como-combustible-para-la-coccion-de-alimentos-en-hogares-argentinos>

FAO, 2009. Análisis del Balance de Energía derivada de Biomasa en Argentina – WISDOM Argentina. Informe Final. Departamento Forestal Servicios y Productos Forestales – Dendroenergía. 102 p. <http://www.fao.org/docrep/011/i0900s/i0900s00.htm>

GLADE, J. E. y FRIELD R. A. 1988. Ecuaciones de volumen para *Eucalyptus grandis* Hill ex Maiden en el Noreste de Entre Ríos. VI Congreso Ftal. Arg. Sgo. del Estero. Tomo II: p 416-420.

GUTIÉRREZ RODRÍGUES, E.; MORENO ORJUELA, R. D. y VILLOTA ECHEVERRY, N. 2013. Guía de cubicación de madera Número 1. ISBN: 978-958-8370-42-2. 44 p.

LOPEZ, J. A. 1995. Ajuste preliminar del Pilodyn 6J Forest para estimar densidad de la madera de *Eucalyptus grandis*. 6º Reunión de comunicaciones científicas y técnicas. UNNE. Resúmenes. pp: 77.

LÓPEZ, J. A.; HARRAND, L.; MARCÓ, M. A. y LÓPEZ, A. J. 2016. Variación genética de clones híbridos de *Eucalyptus*. Quebracho Vol. 24 (1,2). ISSN 0328-0543. p 5-17.

MONTEIRO, B. L. 2006. Uso da capoeira na extração de lenha em três comunidades locais no pólo Rio Capim do PROAMBIENTE – PA. Dissertação Mestrado em Agriculturas Familiares e Desenvolvimento Sustentável. Universidade Federal do Pará e da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária – Amazônia Oriental. 99 p.

PATIÑO DÍEZ, J. F. y SIMTH QUINTERO, R. 2008. Consideraciones sobre la dendroenergía bajo un enfoque sistémico. Revista Energética Número 39, Julio de 2008 – ISSN 0120-9833. p 19-34.

ROCHA, M. F. V. 2011. Influência do espaçamento e da idade na produtividades da madeira de *Eucalyptus grandis* x *Eucalyptus camaldulensis* para energia. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais). Universidad Federal de Viçosa. Minas Gerais – Brasil. 71 p.

SAS. 2011. SAS/STAT 9.3 User's guide. SAS Institute Inc., Cary NC: 7881 p.

TSAKOUMAGKOS, P.; SOVERNA, S. y CRAVIOTTI, C. 2000. Campesinos y pequeños productores en las regiones agronómicas de Argentina. Ministerio de Economía Secretaría de Agricultura, Ganadería, Pesca y Alimentación. Dirección de Desarrollo Agropecuario. PROINDER. Serie documentos de formulación, N°2. ISBN: 987-9184-16-5. 62 p.