

# Variación genética del diámetro y de la rectitud de fuste de familias de polinización abierta de *Eucalyptus tereticornis* SMITH

*Genetic variation in stem's diameter and straightness of open-pollinated families of Eucalyptus tereticornis SMITH*

López C.<sup>1</sup>; C. Salto<sup>2</sup> y M. Ewens<sup>3</sup>

Recibido en marzo de 2007; aceptado en agosto de 2008

## RESUMEN

*Eucalyptus tereticornis* es una especie con características tecnológicas que la tornan potencialmente adecuada para el cultivo de bosques con fines industriales en Santiago del Estero, Argentina.

Para probar la adaptación al ambiente de destino y mejorar los rasgos asociados con el crecimiento y la forma del fuste fueron evaluadas 51 familias de polinización abierta en Santiago del Estero. El ensayo fue establecido con un diseño experimental de bloques completos aleatorizados con 4 repeticiones y parcelas de 5 plantas. Al décimo año, se midieron la rectitud del fuste y el diámetro con corteza a 1,30 m de altura para efectuar la selección hacia atrás de las familias. Los componentes de la varianza para cada rasgo fueron estimados por Máxima Verosimilitud Restringida (REML) y los valores de mejora fueron predichos usando el Mejor Predictor Lineal Inssegado (BLUP).

Las estimaciones de los parámetros genéticos para diámetro y rectitud del fuste mostraron valores de heredabilidad familiar de 0,57 y 0,49 y ganancias genéticas de 4,55 % y 3,79 % respectivamente. La escasa correlación genética entre los rasgos (-0,05) admite la mejora independiente en ambos rasgos.

**Palabras clave:** *Eucalyptus tereticornis*; Familias de polinización abierta; Parámetros genéticos; REML; BLUP.

## ABSTRACT

*Eucalyptus tereticornis* is a species with technological characteristics which make it potentially adequate to be planted for industrial purposes in Santiago del Estero, Argentina. To prove adaptation in this area and to improve growth and form traits, 51 open-pollinated families were planted in Santiago del Estero. The trial was laid out in a Randomized Complete Block design with four replications and five-tree plots. At 10th year, the stem straightness and diameter at 1.30-meter height were assessed to evaluate families for backward selection.

Variance components were estimated by Restricted Maximum Likelihood (REML) and breeding values predicted using Best Linear Unbiased Prediction (BLUP).

Estimations of the genetics parameters for diameter and stem straightness showed, respectively, family heritability of 0.57 and 0.49 and genetics gains of 4.55 % and 3.79 %. Genetic correlation between traits was low (-0.05). This result allows independent improving in both traits.

**Keywords:** *Eucalyptus tereticornis*; Popen-pollinated families; Genetics parameters; REML; BLUP.

<sup>1</sup> Cátedra de Mejoramiento Forestal. Instituto de Silvicultura y Manejo de Bosques. Facultad de Ciencias Forestales, Universidad Nacional de Santiago del Estero. Av. Belgrano (s) 1912. (4200) Santiago del Estero, Argentina.

<sup>2</sup> INTA – Concordia. Entre Ríos.

<sup>3</sup> Estación Forestal Fernández. Universidad Católica de Santiago del Estero.

## 1. INTRODUCCION

En el año 2002 la superficie de bosques cultivados de la Argentina ascendía a 1,115 millones de hectáreas (Braier, 2004; SAGPyA, 2001). Esta cifra se compone de 50% de coníferas, 30% de *Eucalyptus*, 16% de salicáceas y 4% de varias latifoliadas. Aproximadamente el 80% de las plantaciones se encuentran en la Mesopotamia argentina y en Buenos Aires. Existen otros núcleos forestales de menor envergadura en Santa Fe, Córdoba, NOA, zonas de regadío y patagonia (Sánchez Acosta, 2005).

Si bien la producción del bosque implantado en el noroeste argentino aún es incipiente, cuenta con amplias superficies ociosas potencialmente aptas para la implantación de especies de rápido crecimiento que satisfagan la demanda de productos leñosos y contribuyan a la generación de fuentes de trabajo y a la disminución de la tala del monte nativo (López, 2004).

*Eucalyptus tereticornis* es una especie originaria de la zona costera oriental del continente australiano que abarca los estados de Queensland, Nueva Gales del Sur y Victoria, desde 15° a 38° de latitud Sur y un rango altitudinal que oscila desde el nivel del mar hasta alrededor de los 1000 m con variación notable en la precipitación anual desde 500-1500 mm (Mangieri y Dimitri, 1971). La gran variedad de ambientes en los que esta especie ha evolucionado hace esperable una importante variación del comportamiento productivo de diferentes fuentes de semilla (Balmelli y Resquin, 2006).

Los ensayos de familias de polinización abierta tienen por finalidad aportar la información necesaria para jerarquizar las mejores familias e individuos para un rasgo determinado (Zobel y Talbert, 1988). Permiten calificar la calidad genética de los progenitores sobre la base del comportamiento de sus progenies y utilizar las familias como material base para creación de una nueva población de mejora (Eyzaguirre y Magni, 1995; Gezán y Torres, 1998). También es posible discriminar la fracción genética y ambiental del fenotipo, estimar parámetros genéticos, escoger el método de selección más adecuado, decidir los rasgos que deben recibir mayor atención en el proceso de selección y estimar la ganancia genética esperada (Ipinza, 1998).

La evaluación de los genotipos selectos a través de sus progenies y la elección de nuevos genotipos (familias o individuos) para la segunda generación de mejoramiento son labores habituales en el desarrollo de los programas de mejoramiento forestal. En este marco, los objetivos del presente trabajo fueron:

### General

- Evaluar la variación genética de 51 familias de polinización abierta de *Eucalyptus tereticornis*.

### Específicos

- Identificar las familias más adecuadas al ambiente ensayado.
- Estimar parámetros genéticos y ganancias esperadas.
- Definir la estrategia de mejora.

## 2. MATERIALES Y MÉTODOS

Los materiales constan de 51 familias de polinización abierta de *Eucalyptus tereticornis* adquiridos del Instituto de Pesquisas e Estudos Florestais (IPEF), São Paulo, Brasil (Tabla 1).

**Tabla 1.** Descripción del material genético.

Procedencia	Grado de Mejora	Identificación	Origen	Lat	Long	Alt
Anhembi-SP	APS-F1	T3 B75	QLD: Mareeba, Helenvale, Mt. Garnete Cooktown	22° 8' S	48° 11' 67" W	457 m
Anhembi-SP	APS-F2	T3 E89	QLD: Cooktown, Helenvale, Mareeba, Mt. Garnet	22° 8' S	48° 11' 67" W	457 m

### Área de Estudio

El área de estudio fue la Estación Experimental Fernández (EEF) de la ciudad de Fernández, Santiago del Estero, Argentina, ubicada a 63° 55' Longitud Oeste, 27° 55' Latitud Sur y 160 msnm de Altitud.

La región tiene régimen monzónico con precipitaciones que varían entre 500 y 550 mm anuales entre los meses de Noviembre y Marzo. La temperatura máxima media del mes más cálido es 32, 5° C y la temperatura mínima media del mes más frío es 2,9° C. Las heladas ocurren de Junio a Agosto y hay más de 300 días libres de ellas. Los vientos predominantes son del sector Norte, principalmente en el mes de Agosto.

El suelo está formado por materiales sedimentarios, con textura de francos a franco-arenoso, profundos, ricos en calcáreos, sobre todo en profundidad. Aunque estos suelos son pobres en materia orgánica y nitrógeno, son ricos en todos los demás elementos.

### Instalación del ensayo. Diseño experimental

El ensayo fue establecido en 1996 utilizando el diseño experimental de Bloques Completos al Azar con 4 repeticiones y parcelas lineales de 5 árboles. El distanciamiento inicial fue de 3 m entre parcelas y 2 m entre plantas dentro de las parcelas. La bordura perimetral es simple.

### Evaluación del ensayo

Los rasgos evaluados al décimo año fueron diámetro con corteza a 1,30 m de altura (DAPcc) medido con cinta diamétrica y rectitud de fuste utilizando una escala categórica de bondad creciente de 1 a 4.

### Análisis estadístico

#### Análisis univariado

Se efectuó el análisis de los datos de cada variable con un modelo mixto familiar de acuerdo con la siguiente expresión:

$$y_{ij} = \mu + b_j + f_i + e_{ij}$$

donde:

$y_{ij}$ : Observación registrada de diámetro y rectitud del fuste;  $\mu$ : Promedio general;  $b_j$ : Efecto fijo de bloques;  $f_i$ : Efecto genético aleatorio de las familias;  $e_{ij}$ : Efecto residual.

El ajuste de este modelo tuvo la finalidad de proveer los valores iniciales de varianza de los efectos aleatorios para el proceso iterativo del ajuste del modelo bivariado (Apiolaza, 2002).

### Análisis bivariado

Se efectuó el análisis bivariado del diámetro y rectitud del fuste con un modelo mixto bivariado familiar con varianzas iniciales provistas por el análisis univariado. El análisis simultáneo de dos rasgos beneficia a la precisión en la estimación de los valores genéticos por el conocimiento de la correlación genética y ambiental.

Los datos fueron ajustados a los efectos fijos de bloques para excluir su influencia en la varianza fenotípica total (Borralho, 1998). Los modelos que convergieron fueron comparados y escogidos por su función de Máxima Verosimilitud. La importancia de los efectos fijos fue testada mediante una prueba de F incremental que prueba sucesivamente un efecto con los restantes del modelo; la inclusión de los efectos aleatorios fue testada mediante la Prueba de Razón de Verosimilitud (LRT), (Searle, 1971).

### Estimación de parámetros genéticos

Los componentes de la varianza para cada rasgo fueron estimados por Máxima Verosimilitud Restringida (REML) y los valores de mejora fueron predichos usando el Mejor Predictor Lineal Insesgado (BLUP).

## 3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El análisis de varianza del modelo aplicado detectó diferencias significativas entre las familias en diámetro y rectitud de fuste (Tabla 2). Estos resultados justifican la posibilidad de seleccionar las mejores familias por su desempeño.

**Tabla 2.** Probabilidades del análisis de la varianza del diámetro y rectitud del fuste

Efectos	Rasgos	
	Diámetro	Rectitud del fuste
Bloques	0,1494	0,0860
Familias	0,0021 **	0,0293 *
Parcelas	0,0583	0,2870

\* Prob.  $\leq$  0,05      \*\* Prob.  $\leq$  0,01

La Tabla 3 muestra los promedios, parámetros genéticos y errores estándar estimados para diámetro y rectitud del fuste.

**Tabla 3.** Varianza genética aditiva ( $\sigma^2A$ ), heredabilidad familiar ( $h^2$ ), correlación fenotípica ( $r_F$ ) y genética ( $r_G$ ) entre rasgos evaluados, promedio y ganancia genética esperada (Gs). Los errores estándar se indican entre paréntesis.

Rasgo	Parámetros				Promedio	Gs (%)
	$\sigma^2A$	$h^2$	$r_F$	$r_G$		
Diámetro (cm)	9,552**	0,57 (0,09)			17,81 (0,41)	4,55
Rectitud de fuste (1-4)	0,155**	0,49 (0,10)	0,067 (0,14)	-0,05 (0,28)	3,013 (0,05)	3,79

Las estimaciones de varianzas aditivas fueron significativas y las heredabilidades familiares ( $h^2$ ) resultaron altas y coherentes con las ganancias genéticas (Gs) esperadas al seleccionar las familias con desempeño superior al promedio general. Se identificaron, respectivamente, 27 y

24 familias con comportamiento superior al promedio en diámetro y rectitud de fuste que promueven ganancias de 4,55 % y 3,79 %.

La correlación fenotípica ( $r_F$ ) señala que la combinación de correlaciones debidas a efectos genéticos y ambientales comunes es baja. Así también la correlación genética ( $r_G$ ) entre ambos rasgos es baja lo que indica que la selección de uno de ellos no provocaría ganancia en el restante. En consecuencia, existe la posibilidad de mejorar independiente ambos rasgos.

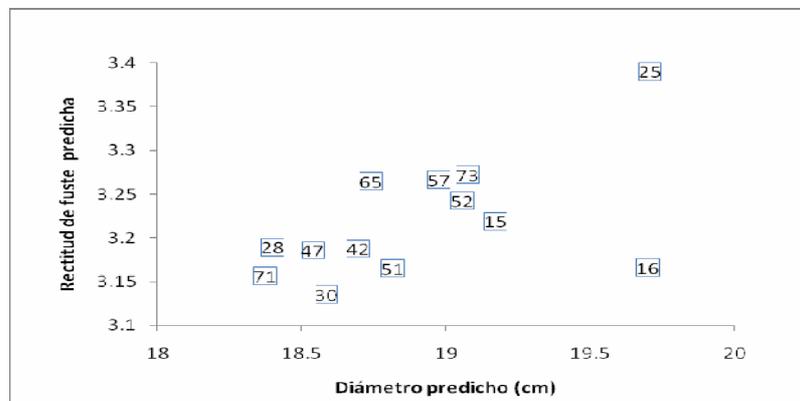
### Selección en ambos rasgos

La finalidad usual del mejoramiento es lograr ganancias genéticas en más de un rasgo simultáneamente. Los índices de selección para varios rasgos cubren esta demanda y existen variadas metodologías para lograrlos. La selección por Niveles Independientes de las familias que superan al promedio general en cada rasgo (Tabla 4) responde a este cometido y provee los resultados de la Figura 1. Las ganancias genéticas a obtener con el aporte particular de cada una de las 13 familias selectas se muestran en la Tabla 4.

**Tabla 4.** Estimaciones de ganancias genéticas de las mejores familias en diámetro y rectitud del fuste.

Familia	Ganancia por familia (%)	
	Diámetro	Rectitud de fuste
25	9,27	8,90
73	5,73	4,98
57	5,16	4,78
65	3,84	4,71
52	5,63	3,99
15	6,27	3,21
28	1,93	2,21
42	3,60	2,16
47	2,71	2,09
16	9,23	1,43
51	4,27	1,40
71	1,78	1,12
30	2,98	0,42
<b>Total</b>	<b>4,80</b>	<b>3,19</b>

Las estimaciones de ganancia se logran promediando directamente las estimaciones BLUP de los Valores de Mejora (White, 1989) y permiten escoger el esquema de selección más conveniente. En este sentido, en la Tabla 4 se observa que la selección de las mejores familias permitiría obtener ganancias totales de 4,80 % en diámetro y 3,19 % en rectitud de fuste.



**Figura 1.** Valores predichos de diámetro y rectitud del fuste de las familias seleccionadas

La existencia de suficiente varianza genética aditiva constituye un indicativo de la facilidad para lograr ganancias con la selección. Coeficientes de variación genética cercanos al 10% indican ganancias sustanciales por selección (López, 2004). El coeficiente de variación genética aditiva, que es una ponderación de la varianza genética respecto al promedio del rasgo, muestra valores de 17.35% y 13.10% en el diámetro a 1.30 m y en la rectitud del fuste respectivamente.

Sin embargo, aún falta realizar evaluaciones de la calidad de la madera de los materiales introducidos para definir sus usos industriales y valorar la conveniencia de propiciar nuevas introducciones con familias de los orígenes más productivos para ampliar la base genética que de mayor sustento al programa de mejora para el establecimiento de huertos semilleros clonales.

#### 4. CONCLUSIONES

Los resultados obtenidos permiten las siguientes conclusiones:

- La variabilidad genética detectada entre las familias de polinización abierta de *Eucalyptus tereticornis* fue significativa y puede ser aprovechada para mejorar la velocidad de crecimiento y la forma del fuste por selección de las mejores familias. La heredabilidad familiar del diámetro y de la rectitud del fuste fueron altas y coherentes con las ganancias genéticas esperadas,
- La correlación genética entre el diámetro y la rectitud del fuste fue pequeña lo que permite inferir la posibilidad de mejorar independiente ambos rasgos,
- Se identificaron, respectivamente, 27 y 24 familias con comportamiento promisorio en diámetro y rectitud de fuste que promueven ganancias de 4,55 % y 3,79 %,
- Se pueden lograr ganancias genéticas de 4,80 % en diámetro y 3,19 % en rectitud de fuste seleccionando las mejores 13 familias de las 51 evaluadas,

#### 5. BIBLIOGRAFIA

- Apiolaza, L. 2006. ASReml cookbook, Retrieved 18, February 2006. From <http://uncronopio.org/ASReml/>.
- Balmelli, G.; Resquin, F. 2006. "Eucaliptos Colorados: Una Alternativa para la Diversificación Productiva". Revista INIA N° 7. Uruguay. Pp. 35-37.
- Borrallho, N. 1998. "Genetics parameters estimation" En: Mejora Genética Forestal Operativa. Editores: Ipinza R.; Gutierrez B.; Emhart V. Valdivia, Chile. Pp. 359-386.
- Braier, G. 2004. "Tendencias y perspectivas en el sector forestal al año 2020, Argentina". En: Estudio de tendencias y perspectivas del sector forestal en América Latina al año 2020. Informe Nacional 1, Secretaría de ambiente y desarrollo sustentable. SAGPyA, FAO. 71 pp.
- Eyzaguirre, R.; Magni, C. 1995. "Propuesta Metodológica de Evaluación Genética de dos Ensayos de Progenie de Polinización Abierta de *Pinus radiata* considerando el Efecto de la Competencia". Revista de Ciencias Forestales [en línea] Volumen 10. Chile. 107-121 pp.: [Fecha de consulta 27 de Junio de 2006] Disponible en: [http://revistacienciasforestales.uchile.cl/1995\\_vol10/index.html](http://revistacienciasforestales.uchile.cl/1995_vol10/index.html)
- Gezán Pacheco, S.; Torres Cuadros, J. 1998. "Metodologías para la Determinación del Valor de Mejora". En: Mejora Genética Forestal Operativa. Editores: Ipinza, Gutiérrez, Emhart, Valdivia. Chile. Pp. 311-337.
- Ipinza Carmona, R. 1998. "Diseño de Ensayos Genéticos". En: Mejora Genética Forestal Operativa. Editores: Ipinza, Gutiérrez, Emhart, Valdivia. Chile. Pp. 249-280
- López, C. 2004. "Variación Genética en Procedencias y Progenies de *Eucalyptus camaldulensis* Introducidas en el Noroeste Argentino". Tesis Doctoral. 89 pp.

- SAGPyA. 2001. Secretaría de Agricultura, Ganadería, Pesca y Alimentación de la Nación. Ministerio de " [en línea]: [Fecha de consulta 27 de Junio de 2006] Disponible en: <http://www.sagpya.mecon.gov.ar/>
- Sánchez Acosta, M. y Vera, L. 2005. "Situación Foresto-industrial de Argentina al 2005 (Ejemplo de una Cadena Forestal)". IPEF. Serie Técnica N° 35. Brasil. 23-44 pp.
- Searle, S. R. 1971. "Linear models". John Wiley & Son, New York. 532 pp.
- White, T. L. and Hodge, G. R. 1989. "Prediction Breeding Values with Applications in Forest Tree Improvement". Kluwer Academic Publishers. Dordrech, Netherlands. 367pp.
- Zobel, B.; Talbert, J. 1988. "Técnicas de Mejoramiento Genético de Árboles Forestales". Grupo Noriega. Editorial, México. 539 pp.

