

***Eucalyptus globulus ssp globulus*: CORRELACIÓN FENOTÍPICA ENTRE  
CARACTERES DE CRECIMIENTO Y FORMA**  
***Eucalyptus globulus ssp globulus*: PHENOTYPIC CORRELATION BETWEEN  
GROWTH AND SHAPE CHARACTERS**

Raúl M. Marlats <sup>1</sup>  
Gabriela E. Senisterra <sup>2</sup>  
María M. Azpilicueta<sup>3</sup>  
Jorge L. Marquina <sup>4</sup>

Fecha recepción: Mayo 2003  
Fecha aceptación: Julio 2003

1 - Ingeniero Agrónomo, Profesor Titular del Departamento de Recursos Naturales de la Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales, Universidad Nacional de La Plata. Investigador Principal CIC PBA. rmarlats@ceres.agr.unlp.edu.ar

2 - Ingeniera Forestal, Profesional de Apoyo a la Investigación y Docente del Departamento de Recursos Naturales de la Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales, Universidad Nacional de La Plata.

3 - Ingeniera Forestal, Profesional de Apoyo a la Investigación y Docente del Departamento de Recursos Naturales de la Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales, Universidad Nacional de La Plata.

4 - Ingeniero Forestal, Profesor Adjunto del Departamento de Recursos Naturales de la Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales, Universidad Nacional de La Plata.

#### SUMMARY

The aim of this work was to determine the degree of analogy existing between growth and shape characters of a 40-year-old *Eucalyptus globulus ssp globulus* population located 900 m from the sea in Miramar, Buenos Aires, Argentina (38° 20' SL; 57° 40' W; 9.06m above sea level). As regards growth characters, the following variables were considered: diameter breast height and total stem height (TSH). Shape characters included free from branches stem (FFBS), stem straightness, branch thickness, branching abundance and branch insertion angle. High phenotypic correlation was found between DBH and TSH-FFBS variables. Any selection aimed at the improvement of any of these characters, by means of its inclusion in a selection index, would consequently lead to a strong indirect effect in the others. Negative correlation coefficients were found between growth and shape characters, such as between growth and branch thickness, DBH / TSH and abundant branching; TSH and branch insertion angle. This shows that it would be necessary to reach a compromise between growth selection and the selection with the purpose of obtaining a specific branching species under these circumstances.

**Key words:** *Eucalyptus globulus ssp globulus*, phenotypic correlation, growth and shape

#### RESUMEN

Este trabajo tuvo como objetivo establecer los grados de correlación existente entre caracte-

res de crecimiento y forma en una población de *Eucalyptus globulus ssp globulus* de 40 años de edad ubicada a 900 m del mar en Miramar, Buenos Aires, Argentina (38° 20' LS; 57° 40' W; 9,06 m snm). Los caracteres

de crecimiento fueron: diámetro altura del pecho (DAP) y altura total del fuste ( $H_{tr}$ ), los de forma: fuste libre de ramas ( $H_{nr}$ ), rectitud de fuste, grosor de rama, abundancia de ramificaciones y ángulo de inserción de rama. Se determinó alta correlación fenotípica entre las variables DAP,  $H_{tr}$  y  $H_{nr}$ . La selección dirigida hacia el mejoramiento de uno de estos caracteres, a través de su inclusión en un índice de selección, conduciría a una fuerte respuesta indirecta en los restantes. Los coeficientes de correlación negativos hallados entre caracteres de crecimiento y caracteres de forma, como crecimiento y grosor de rama, DAP y  $H_{tr}$  con abundancia de ramificaciones y  $H_{tr}$  con ángulo de inserción de rama, indican que será necesario alcanzar un compromiso entre la selección para crecimiento y la selección para ramificación para la especie y bajo estas condiciones.

**Palabras clave:** *Eucalyptus globulus ssp globulus*, correlación fenotípica crecimiento y forma

#### INTRODUCCIÓN

El aumento de los valores de los atributos de crecimiento y forma resultan generalmente uno de los objetivos principales de los programas de mejoramiento genético forestal. El conocimiento del valor

de la correlación de estos caracteres es de interés en programas de mejoramiento genético debido a que posibilita prever cómo el mejoramiento de un carácter puede causar cambios simultáneos en otros caracteres asociados, destacando su valor por la posibilidad de formular estrategias participativas de estos caracteres en índices de selección de individuos plus (FALCONER, 1983).

Trabajando en mejoramiento de especies del género *Eucalyptus*, KEDHARNATH (1977); DEAN *et al.* 1985); VOLKER (1990), encontraron diferentes niveles de correlación tanto genética como fenotípica entre atributos relacionados con el crecimiento y la forma, recomendando el cuidado de no operar intentando mejorar en forma simultánea caracteres asociados en forma antagónica.

Este trabajo tuvo como objetivo establecer los grados de correlación existentes entre caracteres de crecimiento y forma en una población de *Eucalyptus globulus ssp globulus* ubicada en Miramar, Buenos Aires, Argentina y destinada a convertirse en un rodal semillero.

## MATERIALES Y MÉTODOS

Se trabajó sobre un rodal de *Eucalyptus globulus ssp globulus* de aproximadamente 11 ha, 40 años de edad, distanciados a 900 m del mar, en Miramar, Partido de General Alvarado, provincia de Buenos Aires, Argentina (38° 20' LS; 57° 40' W; 9,06 m snm). Según los registros locales, el rodal tuvo cuidados culturales normales de desmalezado y control de hormigas en sus primeros estadios, en su perímetro se visualizan algunos tocones producto de entresacas destinadas al uso local, su proporción es desestimable y no afectaron la densidad de las parcelas de registro, no se efectuaron podas ni raleos. La densidad inicial de plantación fue de 1111 plantas/ha (3 m por 3 m), registra 15 % de pérdidas que incluye árboles muertos en pie de ejemplares dominados.

Los suelos son Orden: Entisol (presentan poca a ninguna evidencia de horizontes medios) y se ubican en el Suborden: Psamments: suelos sobre arenas. Al estar dentro de un régimen de humedad ústico se propone según USDA (1999), clasificarlos como Ustipsamments.

### Técnica de Muestreo

Se realizó un muestreo dirigido, con el fin de seleccionar individuos tanto de características sobresalientes como suprimidos en estado de densidad completa. De esta manera quedó garantizada la inclusión en la muestra de la variación fenotípica total, presente en el rodal. La cantidad de individuos muestreados fue de 310.

### Evaluación de caracteres

Los caracteres evaluados y correlacionados fueron crecimiento y forma. Los caracteres de crecimiento diámetro altura del pecho (DAP) y altura total del fuste ( $H_{tr}$ ), fueron medidos con cinta dendrométrica y clinómetro Suunto respectivamente. Constituyen lo que en programas de mejoramiento genético se conoce como vigor (BAEZ, 1990). Se midió altura del fuste libre de ramas o altura a la primera rama ( $H_{fr}$ ), variable asociada con la presencia de nudos en la porción más importante del fuste, característica indeseable a los fines de producción de pulpa para papel, destino comercial principal que se le da a la especie en la región, debido a la coloración que le otorga a la madera.

Los caracteres de forma se evaluaron a través de escalas de tipo ordinal, en las que en base a consideraciones subjetivas, se establecen clases que se asocian con un número (HUSCH, 1963) y fueron: rectitud de fuste, grosor de rama (estimadas como gruesas a las de más de 10 cm en el punto de inserción con el fuste), abundancia de ramificaciones y ángulo de inserción de rama. Para la evaluación del carácter rectitud de fuste se optó por una escala de tres puntos como la utilizada por LEDIG y WHITMORE (1981), la que asigna mayor puntaje al individuo con peor grado de rectitud. Esta escala resulta inversa a la utilizada en distintas especies para la medición de este carácter (VAN WYK, 1990), en las que se asigna mayor puntaje al individuo que presenta mejores condiciones relativas al carácter, se adoptó esta escala por comodidad de notación. Los caracteres de ramificación evaluados: grosor de rama, abundancia de ramificación y ángulo de inserción de rama, evalúan en forma indirecta la presencia de nudos: tamaño, cantidad y extensión sobre el eje caulinar, respectivamente. Los caracteres grosor de rama y abundancia de ramificaciones se midieron utilizando en ambos, escalas de dos puntos, donde la mejor manifestación de la característica deseada, se identificó con el mayor puntaje. El carácter ángulo de inserción de rama se evaluó con una escala de tres puntos, la que asignaba mayor valor a la mejor representación del carácter.

Las escalas utilizadas para los caracteres de forma fueron:

Rectitud de fuste:

1. buena
2. regular
3. mala

Abundancia de Ramificaciones:

1. Abundante
2. Escasa

Grosor de ramas:

1. Gruesas
2. Finas

Ángulo de inserción de ramas:

1. Menor de 45°
2. Mayor de 45° y menor de 90°
3. Cercano a 90°

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

A partir de los resultados obtenidos en el análisis de correlación (Tabla 1) pudo observarse que los tres caracteres de crecimiento evaluados DAP,  $H_{tr}$  y  $H_{flr}$  se correlacionaron entre sí, positiva y significativamente al nivel del 5 %. Asimismo, se correlacionaron positivamente (coeficiente negativo debido a escala inversa en el carácter rectitud de fuste) y significativamente al 5 % de probabilidad con el carácter rectitud de fuste, e inversamente (significativa al nivel del 5% para DAP) con el carácter grosor de rama. Los caracteres DAP y  $H_{flr}$  se correlacionaron negativamente con abundancia de ramificaciones, significativo en el último caso, mientras que altura de fuste libre de ramas se correlacionó positiva y significativamente con el carácter grosor de rama. La correlación de los tres caracteres de crecimiento con ángulo de inserción de ramas no resultó significativa.

En cuanto a las correlaciones entre caracteres de forma, el carácter rectitud de fuste se correlacionó en forma negativa con el carácter abundancia de ramificación (significativo al 5 %) y con ángulo de inserción de rama, y de manera positiva con el carácter grosor de rama. El carácter grosor de rama se correlacionó negativamente con los restantes caracteres de forma (abundancia de ramificación y ángulo de inserción de rama), de manera significativa con ángulo de inserción de rama y el carácter abundancia de ramificación se correlacionó positivamente con ángulo de inserción de rama, pero sin significancia estadística.

El mejoramiento de uno de los caracteres de crecimiento evaluados en este trabajo (DAP,  $H_{flr}$  y

$H_{tr}$ ) llevaría al mejoramiento indirecto de los restantes, debido a la existencia de una fuerte correlación positiva entre los mismos, siendo de mayor aplicación para la selección las variables diámetro a la altura del pecho y altura total, por ser altura del fuste libre de rama de mayor complejidad en su medición. Estos resultados coincidieron con los hallados por VOLKER (1990) quien señaló una alta correlación tanto genética como fenotípica entre altura y diámetro del tronco, en un estudio realizado sobre un ensayo de progenie de *Eucalyptus globulus* en Tasmania. KEDHARNATH (1977) reportó para *Eucalyptus tereticornis* la existencia de correlación positiva, alta y significativa entre diámetro a la altura del pecho y altura total, tanto genética como fenotípica, por lo que la selección para uno de estos caracteres llevaría al mejoramiento del otro carácter.

La correlación fue positiva entre rectitud de fuste y DAP,  $H_{flr}$  y  $H_{tr}$ , lo cual estaría indicando la posibilidad de que el mejoramiento en uno de los caracteres de crecimiento llevara al mejoramiento de este carácter de forma correlacionado. Contrariamente VOLKER *op. cit.* (1990) determinó coeficientes de correlación cercanos a cero entre caracteres de crecimiento y forma de tronco para *E. globulus* en Tasmania.

Las correlaciones fenotípicas negativas halladas por VOLKER *op. cit.* (1990) entre caracteres de crecimiento y grosor de rama, al igual que lo evidenciado en este estudio, sugieren la necesidad de alcanzar un compromiso entre seleccionar para caracteres de rápido crecimiento y seleccionar para bajo grosor de rama en *Eucalyptus globulus*, ya que no es posible mejorar en forma simultánea caracteres asociados en forma inversa en una población (DEAN *et al.* 1985).

Debido a la existencia de correlación positiva entre rectitud de fuste y abundancia de ramifica-

**Tabla 1. Coeficiente de correlación lineal r entre pares de variables evaluadas.**

**Table 1: Coefficient of lineal r correlation between pairs of tested variables.**

Variable	DAP	$H_{tr}$	$H_{flr}$	Rect.	Grosor	Abund.	Ang.ins.
DAP		0,77*	0,45*	-0,42*	-0,16*	-0,01	0,05
$H_{tr}$			0,41*	-0,35*	-0,04	-0,12*	-0,03
$H_{flr}$				-0,20*	-0,11	0,29*	0,03
Rectitud					0,01	-0,11*	-0,02
Grosor						-0,10	-0,16*
Abund.							0,10

\* valor significativo al 5 % .

## Referencias:

DAP: diámetro a la altura del pecho;  $H_{tr}$ : altura total del fuste;  $H_{flr}$ : altura del fuste libre de ramas.; Rect.: rectitud de fuste.; Grosor: grosor de rama.; Abund.: abundancia de ramificación.; Ang. ins.: ángulo de inserción de rama

ción (significativa al 5 %) y ángulo de inserción de rama, podría esperarse que el mejoramiento en este carácter llevara al mejoramiento de sus caracteres correlacionados. De esta manera, de incluirse el carácter de forma rectitud de fuste en el índice de selección, se estaría seleccionando, en forma implícita (selección indirecta) para el carácter abundancia de ramificación (en forma significativa al 5 %) y ángulo de inserción de rama, mientras el carácter de forma grosor de rama estaría siendo inversamente seleccionado.

La selección por grosor de rama llevaría a un detrimento en los restantes caracteres de forma evaluados, mientras que la selección por abundancia de ramificación, llevaría a una selección implícita en rectitud y ángulo de inserción de rama, en mayor y menor medida respectivamente.

A partir de los resultados obtenidos en el análisis de correlación (Tabla 1) pudo observarse que los tres caracteres de crecimiento evaluados DAP,  $H_{tr}$  y  $H_{nr}$ , se correlacionaron entre sí, positiva y significativamente al nivel del 5 %. Asimismo, se correlacionaron positivamente (coeficiente negativo debido a escala inversa en el carácter rectitud de fuste) y significativamente al 5 % de probabilidad con el carácter rectitud de fuste, e inversamente (significativa al nivel del 5 % para DAP) con el carácter grosor de rama. Los caracteres DAP y  $H_{tr}$  se correlacionaron negativamente con abundancia de ramificaciones, significativo en el último caso, mientras que altura de fuste libre de ramas se correlacionó positiva y significativamente con el carácter grosor de rama. La correlación de los tres caracteres de crecimiento con ángulo de inserción de ramas no resultó significativa.

En cuanto a las correlaciones entre caracteres de forma, el carácter rectitud de fuste se correlacionó en forma negativa con el carácter abundancia de ramificación (significativo al 5 %) y con ángulo de inserción de rama, y de manera positiva con el carácter grosor de rama. El carácter grosor de rama se correlacionó negativamente con los restantes caracteres de forma (abundancia de ramificación y ángulo de inserción de rama), de manera significativa con ángulo de inserción de rama y el carácter abundancia de ramificación se correlacionó positivamente con ángulo de inserción de rama, pero sin significancia estadística.

El mejoramiento de uno de los caracteres de crecimiento evaluados en este trabajo (DAP,  $H_{tr}$  y  $H_{nr}$ ) llevaría al mejoramiento indirecto de los restantes, debido a la existencia de una fuerte correlación positiva entre los mismos, siendo de mayor aplicación para la selección las variables diámetro a la altura del pecho y altura total, por ser altura del fuste libre de rama de mayor complejidad en su medición.

Estos resultados coincidieron con los hallados por VOLKER (1990) quien señaló una alta correlación tanto genética como fenotípica entre altura y diámetro del tronco, en un estudio realizado sobre un ensayo de progenie de *Eucalyptus globulus* en Tasmania. KEDHARNATH (1977) reportó para *Eucalyptus tereticornis* la existencia de correlación positiva, alta y significativa entre diámetro a la altura del pecho y altura total, tanto genética como fenotípica, por lo que la selección para uno de estos caracteres llevaría al mejoramiento del otro carácter.

La correlación fue positiva entre rectitud de fuste y DAP,  $H_{tr}$  y  $H_{nr}$ , lo cual estaría indicando la posibilidad de que el mejoramiento en uno de los caracteres de crecimiento llevara al mejoramiento de este carácter de forma correlacionado. Contrariamente VOLKER *Op. cit* (1990) determinó coeficientes de correlación cercanos a cero entre caracteres de crecimiento y forma de tronco para *E. globulus* en Tasmania.

Las correlaciones fenotípicas negativas halladas por VOLKER *op. cit.* (1990) entre caracteres de crecimiento y grosor de rama, al igual que lo evidenciado en este estudio, sugieren la necesidad de alcanzar un compromiso entre seleccionar para caracteres de rápido crecimiento y seleccionar para bajo grosor de rama en *Eucalyptus globulus*, ya que no es posible mejorar en forma simultánea caracteres asociados en forma inversa en una población (DEAN *et al.* 1985).

Debido a la existencia de correlación positiva entre rectitud de fuste y abundancia de ramificación (significativa al 5 %) y ángulo de inserción de rama, podría esperarse que el mejoramiento en este carácter llevara al mejoramiento de sus caracteres correlacionados. De esta manera, de incluirse el carácter de forma rectitud de fuste en el índice de selección, se estaría seleccionando, en forma implícita (selección indirecta) para el carácter abundancia de ramificación (en forma significativa al 5 %) y ángulo de inserción de rama, mientras el carácter de forma grosor de rama estaría siendo inversamente seleccionado.

La selección por grosor de rama llevaría a un detrimento en los restantes caracteres de forma evaluados, mientras que la selección por abundancia de ramificación, llevaría a una selección implícita en rectitud y ángulo de inserción de rama, en mayor y menor medida respectivamente.

## CONCLUSIONES

La existencia de una alta correlación fenotípica entre las variables DAP,  $H_{tr}$  y  $H_{nr}$ , observada en el rodal de *Eucalyptus globulus* estudiado, muestra que la selección dirigida hacia el mejoramiento de uno de estos caracteres, a través de su inclusión en un

índice de selección, conduciría a una fuerte respuesta indirecta en los restantes. La existencia de una fuerte asociación entre rectitud y caracteres de crecimiento permitiría la inclusión de esta variable de forma en el citado índice. Los coeficientes de correlación negativos hallados entre caracteres de crecimiento y algunos caracteres de forma, como la correlación establecida entre las tres variables de crecimiento y grosor de rama, DAP y  $H_{fr}$  con abundancia de ramificaciones y  $H_{fr}$  con ángulo de inserción de rama, indican que será necesario alcanzar un compromiso entre la selección para rápido crecimiento y la selección para ramificación para la especie bajo estas condiciones.

#### BIBLIOGRAFÍA

- BAEZ M. 1990. Selección fenotípica individual en plantaciones comerciales de *Eucalyptus grandis*. En: Actas CIEF, Jornadas sobre eucaliptos para la región pampeana, 23-24 de julio de 1990, Buenos Aires, Argentina: 96-105.
- DEAN C A, P.P. Cotterill, T.L. Eisemann. 1985. Genetic Parameters and Gains expected from Selection in *Pinus caribaea* var. *hondurensis* in Northern Queensland, Australia. *SILVAE GENETICA* 35: 5-6.
- FALCONER D. S. 1983. Introducción a la Genética Cuantitativa. Cia. Editorial Continental, S.A. de C.V., México: 428 pp.
- HUSCH B. 1963. Forest Mensuration and Statistics. The Ronald Press Company, New York: 474 pp.
- KEDHARNATHS., R.K. Vakshasya. 1977. Estimates of components of variance, heritability and correlations among some growth parameters in *Eucalyptus tereticornis*. In: Third World Consultation on Forest Tree Breeding, Canberra: 667-676.
- LEDIG F. T., J.L. Whitmore. 1981. Heritability and genetic correlations for volume, foxtails, and other characteristics of Caribbean pine in Puerto Rico. *SILVAE GENETICA* 30: 88-92.
- VAN WYK T W (1990). Genetic improvement of timber yield and wood quality in *Eucalyptus grandis* (Hill) Maiden. *SOUTH AFRICAN FORESTRY JOURNAL* 153: 1-11.
- VOLKER P. W. 1988. Genetic Parameters and gains expected from selection in *Eucalyptus globulus* in Tasmania. *SILVAE GENETICA* 39 (I): 18-21.