

Variación genética en procedencias/progenies de polinización abierta de *Eucalyptus dunnii* Maiden

Genetic variation in open pollinated provenances/progenies tests of *Eucalyptus dunnii* Maiden

RAUL ALBERTO SCHENONE¹, LINDOLFO STORCK², MAISA PIMENTEL MARTINS-CORDER³

¹ Ingeniero Forestal, M. Sc, San Luis 1509, Dpto. 2do A, CP: 3300, Posadas, Argentina.
E-mail: rsch@arnet.com.ar

² Ingeniero Agrónomo, Dr. Prof. del Departamento de Fitotecnia, UFSM, CP: 97105-900, Santa María (R.S) Brasil

³ Ingeniero Forestal, Dra. Prof. del Departamento de Silvicultura, UFSM, CP: 97105-900, Santa María (R.S) Brasil

SUMMARY

Two opened-up-pollination tests were conducted at Ipatinga and Guanhães in the state of Minas Gerais to study the growth, adaptability and genetic variability of offspring of *Eucalyptus dunnii*. The tests were set up in a statistical delineation of compact-block families where the main plots corresponded to the provenances and the secondary plots corresponded to the offspring inside the provenances. Six trees row plot were used with ten repetitions. Height, diameter to breast height, cylindrical volume and plant survival were evaluated at Ipatinga and Guanhães at 42 and 40 months, respectively. The results showed that the growth in diameter height and volume was high in both towns, while highly significant differences were detected at the provenance level for plant survival at Guanhães. Mortality was high at Ipatinga. For diameter, height and cylindrical volume of plants, highly significant differences were detected at the family level. Heritability values at Guanhães were high.

Key words: Genetics variability, provenances, progenies, endogamy, *Eucalyptus dunnii*.

RESUMEN

El objetivo de este trabajo fue estudiar el crecimiento, adaptabilidad y variación genética en dos ensayos de progenie de polinización abierta de *Eucalyptus dunnii*, instalados en las localidades de Ipatinga y Guanhães pertenecientes al estado de Minas Gerais, Brasil. Fue utilizado un delineamiento estadístico de bloques de familias compactas, con parcelas lineales de seis plantas y diez repeticiones. Se realizaron mediciones de diámetro a la altura del pecho, altura de plantas, volumen cilíndrico y porcentaje de sobrevivencia en las edades de 42 y 40 meses, en ambas localidades. Los valores de crecimiento fueron elevados para todas las características evaluadas. Para mortalidad, los valores fueron altos en Ipatinga, y de menor magnitud en Guanhães. No se detectaron diferencias significativas en Ipatinga, a nivel de procedencias y progenies, para ninguna de las variables estudiadas y los valores de heredabilidad no fueron estimados. En Guanhães fueron detectadas diferencias significativas para sobrevivencia a nivel de procedencias y para las variables de crecimiento a nivel de progenies. Los valores de heredabilidad obtenidos fueron altos.

Palabras claves: Variabilidad genética, procedencias, progenies, endogamia, *Eucalyptus dunnii*.

INTRODUCCION

La existencia de variación genética es una condición indispensable para obtener ganancias en los programas de mejoramiento genético. En la

mayoría de los casos, para la obtención de poblaciones base de constitución adecuada, es necesaria la introducción de materiales genéticos del origen. En Brasil, instituciones gubernamentales como EMBRAPA (Empresa Brasileña de Pesquisa

Agropecuaria), universidades y empresas forestales fueron las responsables por la introducción de materiales genéticos a partir de los cuales se dio inicio a los primeros programas de mejoramiento (Ferreira & Santos 1997).

La instalación de poblaciones de base genética amplia condiciona la posibilidad de obtener ganancias a lo largo de las generaciones de mejoramiento. Con frecuencia, estas poblaciones fueron instaladas a partir de ensayos de progenie de polinización abierta, en sitios representativos, con diferentes objetivos, tales como la obtención de parámetros genéticos, el estudio de interacción genotipo por ambiente y la selección eficiente de materiales (Zobel & Talbert 1988).

Cuando las especies poseen floración abundante a edad precoz, una opción bastante utilizada es la transformación de los ensayos de progenie en huertos semilleros de semillas (Eldridge *et al.* 1993). Como ejemplo, se puede mencionar la red de ensayos de progenie instalada por EMBRAPA entre los años 1985 a 1990, realizada en conjunto con 30 empresas privadas, universidades e instituciones de investigación forestal. Parte de estos ensayos fueron plantados con un delineamiento estadístico de bloques de familias compactas, con seis plantas por parcela lineal y diez repeticiones. Después de su evaluación fueron transformados en huertos semilleros de semillas, realizando raleos para dejar una planta por parcela (Higa *et al.* 1997).

El establecimiento de ensayos de progenie en sitios vanados permite estudiar la interacción genotipo por ambiente. Según Cruz & Regazzi (1997), cuando se considera una sene de ambientes, puede detectarse en muchos casos, además de los efectos genéticos y ambientales, un efecto adicional resultante de la interacción de los mismos. La evaluación de esta interacción es de gran importancia para el mejoramiento, ya que la progenie con mejor comportamiento en un sitio puede presentar un desempeño pobre en otro. El estudio de la interacción genotipo por ambiente permite la utilización de los mejores genotipos en los mejores ambientes, posibilitando la obtención de ganancias genéticas adicionales.

Otro factor con influencia importante en la estimación de parámetros genéticos es la existencia de endogamia. Las especies del género *Eucalyptus* poseen niveles variados de la misma, por lo que son clasificadas dentro del sistema mixto de cruzamiento. Este sistema de cruzamiento complica

la interpretación genética en los ensayos de progenies de polinización abierta. Los diferentes niveles de endogamia entre familias confunden el efecto genético de las mismas, aumentando los valores de la varianza genética aditiva, como consecuencia, los valores de heredabilidad son sobreestimados (Griffin & Cotterill 1988).

El género *Eucalyptus* es muy utilizado en Brasil en forestaciones para producción de madera para usos diversos como madera aserrada, celulosa y papel, carbón vegetal y leña. Con relación a la producción de celulosa, entre las especies silviculturalmente adaptadas a las condiciones edafoclimáticas de Brasil, se destacan *Eucalyptus grandis*, *E. saligna* e híbridos de *Eucalyptus grandis* x *Eucalyptus urophylla* (Ferreira & Santos 1997).

Eucalyptus dunnii puede ser considerada una opción adecuada para la producción de celulosa. La madera presenta mayor densidad básica, menor contenido de lignina y mayor contenido de pentosanos con relación a *Eucalyptus saligna* y *Eucalyptus grandis*, permitiendo, de esta manera, menor consumo de madera y reactivos durante la cocción de la pulpa (Ferreira *et al.* 1997).

En el estado de Minas Gerais, la empresa CENIBRA S.A. (Celulosa Nipo Brasileña S.A.) utiliza *Eucalyptus dunnii* en programas de hibridación con otras especies más productivas como *Eucalyptus grandis*, y más adaptadas a las condiciones locales, como *Eucalyptus tereticornis* y *Eucalyptus camaldulensis*. La idea inicial es obtener combinaciones en las cuales *Eucalyptus dunnii* mejoraría la calidad de la madera para la producción de celulosa.

El objetivo de este trabajo es estudiar el crecimiento, adaptabilidad y variabilidad genética, en dos ensayos de procedencia y progenie de *Eucalyptus dunnii* instalados en las localidades de Ipatinga y Guanhães en el estado de Minas Gerais, Brasil.

MATERIAL Y METODOS

El germoplasma utilizado fue constituido por dos ensayos de procedencia y progenie de polinización abierta de *Eucalyptus dunnii*, instalados por la empresa CENIBRA S.A. en el año 1985. En el cuadro 1 son detalladas las características de las procedencias probadas.

En el cuadro 2 son presentadas las principales características de las localidades del estado de Minas Gerais, en las que fueron instaladas las progenies estudiadas.

Los ensayos de progenie fueron instalados en un diseño de bloques de familias compactas con diez repeticiones y parcelas lineales de seis plantas. Las parcelas principales, correspondientes a las procedencias, fueron distribuidas al azar dentro de los bloques. De igual manera, las parcelas secundarias constituidas por las progenies fueron distribuidas dentro de las procedencias. Se utilizó un espaciamiento de 3 m. entre parcelas y 2 m entre plantas dentro de las parcelas.

Las variables estudiadas fueron: crecimiento en altura (HT), diámetro a la altura del pecho (DAP), volumen cilíndrico (VOL) y sobrevivencia de plantas (%S) a los 42 meses de edad en la localidad de Ipatinga y 40 en la localidad de Guanhães.

Los análisis de la varianza para procedencias y progenies fueron realizados considerando un modelo aleatorio. Se calcularon las medias de las parcelas principales para efectuar el análisis a nivel de procedencias y de las secundarias para analizar las progenies dentro de éstas.

Para la evaluación de %S, los datos fueron transformados por el arcoseno de la raíz cuadrada, para asegurar la distribución normal de los mismos.

Se realizó un análisis conjunto considerando los dos sitios, para cada grupo de progenies dentro de cada procedencia de todas las variables estudiadas. Fue utilizado un modelo en bloques completos al azar propuesto por Kageyama (1980). El efecto de sitio fue considerado fijo adoptando las recomendaciones de Moraes (1987). Para la estimación de parámetros genéticos fue utilizada la metodología descrita por Vencowsky & Barriga (1992).

CUADRO 1

Características del lugar de origen de las procedencias de *Eucalyptus dunnii* estudiadas.
Characteristics of the place of origin of the *Eucalyptus dunnii* provenances studied.

Procedencias	N° Progenies de cosechadas	Latitud	Longitud	Altitud
Beury	20	28°23'00" S	152°29'00" E	-
Mandle Beury	6	28°23'00" S	152°29'00" E	-
Urbenville	19	28°29'00" S	152°33'00" E	710 m
Yabbra	14	28°30'00" S	152°35'00" E	600 m
Kangaroo River	13	30°06'00" S	152°51'00" E	420 m
Black Mount Round	27	33°44'00" S	149°58'00" E	-

CUADRO 2

Localización geográfica y condiciones climáticas de ensayos de procedencias-progenies en Minas Gerais, Brasil.
Geographic location and climatic conditions of the *Eucalyptus dunnii* provenances-progenies trials in Minas Gerais, Brazil.

Característica	Ipatinga	Guanhães
Altura	214 m	802 m
Latitud	19° 17' 52" S	18° 48' 06" S
Longitud	42° 23' 24" W	42° 58' 22" W
Precipitación media anual	1.270 mm	1.192 mm
Temperatura media anual	23 °C	20 °C
Déficit hídrico anual	250 mm	200 mm
Porcentaje arcilla suelo	26%	40%

RESULTADOS Y DISCUSION

En el cuadro 3 se presentan los resultados de los análisis de la varianza y medias a nivel de procedencias, a los 42 y 40 meses de edad, para las variables: DAP, HT, VOL y % S en las localidades de Ipatinga y Guanhões.

Los valores de crecimiento para las dos localidades pueden ser considerados altos, al ser comparados con los resultados obtenidos por otros autores. Para la localidad de Ipatinga, a los 42 meses de edad, los valores para DAP, HT y VOL fueron de 11,64 cm, 14,33 m y 0,189 m³. En la localidad de Guanhões los valores obtenidos fueron de 9,48 cm para DAP, 12,60 m para HT y 0,109 m³ para VOL.

Gomes *et al.* (1977) obtuvieron para *E. dunnii*, a los 28 meses de edad en la localidad de Vinosa (Minas Gerais), valores de altura de 11,71 y 11,91 m para las procedencias Mac Phersen Range y Moleton. Ferreira & Couto (1981), estudiando 9 localidades del estado de Minas Gerais, observaron una variación de 3 a 15 m de altura para *E. dunnii* y 5 a 14,2 m para *E. grandis* a los 42 meses de edad.

No fueron detectadas diferencias significativas entre las procedencias para ninguna de las variables de crecimiento. Al comparar los coeficientes de variación con los obtenidos por Pinto Jr. (1984) para *E. urophylla*, a los 36 meses edad, se puede considerar que la precisión experimental fue razonable. El comportamiento poco diferenciado entre las procedencias se puede deber al área restringida de ocurrencia de la especie en Australia.

Para la variable sobrevivencia de plantas fue observado un comportamiento diferente en los dos sitios. En la localidad de Ipatinga el valor medio para el porcentaje de sobrevivencia fue del 64,70%. Este valor puede ser considerado bajo, e influye en forma negativa en la precisión experimental del ensayo. En la localidad de Guanhões se obtuvo un valor del 91,83%. La alta mortalidad en la localidad de Ipatinga podría ser explicada por las condiciones climáticas imperantes en la misma. En el origen Urbenville (New South Wales, Australia) el déficit hídrico anual es de 40 mm. Los dos sitios de ensayo presentaron valores mucho mayores de déficit hídrico: 200 mm anuales en la localidad de Guanhões y 250 mm en Ipatinga. Otro de

CUADRO 3

Análisis de la varianza y medias para DAP, HT, VOL y %S de las procedencias testadas.
Analysis of variance and means for DAP, HT, VOL and %S of provenances tested.

	Ipatinga				Guanhões			
	DAP (cm)	HT (m)	VOL (m ³)	%S	DAP (cm)	HT (m)	VOL (m ³)	%S
F procedencias	1,84 ns	1,12	0,82 ns	1,58 ns	1,40 ns	1,40 ns	0,53 ns	6,25 **
F bloques	3,04	1,38	2,88	0,79	1,45	2,34	1,06	0,87
CV exp (%)	5,31	6,49	12,23	10,09	11,45	10,91	29,23	5,23
Media Localidad	11,64	14,33	0,189	64,74	9,48	12,60	0,109	91,83
Procedencias	Medias Procedencias							
Mandle Beaury	11,16	13,75	0,179	67,5	9,88	13,03	0,114	94,00 A
Urbenville	11,83	14,48	0,194	64,91	9,79	12,97	0,118	94,00 A
Yabbra	11,67	14,36	0,19	69,17	9,73	12,59	0,115	92,86 A
Black M. Round	11,62	14,51	0,188	59,07	9,38	12,62	0,107	92,22 A
Beaury	11,65	14,24	0,186	64,33	9,08	12,37	0,101	91,25 AB
Kangaroo River	11,94	14,62	0,198	63,46	9,02	12,02	0,102	86,67 b

%S = porcentaje de sobrevivencia; HT = altura en m; DAP = diámetro a la altura del pecho en cm; VOL = volumen cilindrico en m³; CV% = Coeficiente de variación experimental; ns = diferencias no significativas; ** = diferencias significativas al 1% de probabilidad.

los parámetros climáticos que puede ser considerado es la temperatura media del mes más cálido. Esta fue 3°C mayor en la localidad de Ipatinga. Por otro lado, al considerar las condiciones de suelo se pudo constatar que los dos sitios presentan baja fertilidad comparada con el origen Urbenville. De los dos sitios la localidad de Guanhães fue la que presentó mayores limitantes debido a su alto contenido de arcilla. De esta manera se refuerza la hipótesis de que serían las diferencias climáticas, mayor déficit hídrico mayor temperatura las que explicarían la alta mortalidad en Ipatinga.

Los resultados del análisis de la varianza individual, a nivel de progenies para diámetro, altura, volumen cilíndrico y porcentaje de sobrevivencia en las localidades de Ipatinga e Guanhães y son presentados en el cuadro 4. Debido al bajo número de progenies que representan a la procedencia Mandle Beaury, ésta fue eliminada de los análisis

de la varianza a nivel de progenies y de la estimación de parámetros genéticos.

Los valores de F fueron bajos para las variables de crecimiento en la localidad de Ipatinga, mostrando un fuerte efecto ambiental. En la localidad de Guanhães los valores de F fueron mayores y significativos al 1% de probabilidad. Este comportamiento puede ser explicado por la mayor mortalidad ocurrida en Ipatinga. La misma disminuye la precisión experimental en esta localidad, aumentando los coeficientes de variación experimental de manera considerable. En la localidad de Guanhães los valores de los coeficientes de variación experimental fueron menores que en Ipatinga, aunque mayores que los obtenidos por otros autores (Kageyama 1980, Kageyama 1983, Moraes 1987, Pinto Jr. 1984).

En el cuadro 5 se presentan los análisis de la varianza conjuntos a nivel de progenies para las localidades de Ipatinga y Guanhães.

CUADRO 4

Análisis de la varianza para DAP, HT, VOL y %S de las progenies testadas.
Analysis of variance for DAP, HT, VOL and %S of progenies tested.

Procedencias	Fuente de variación	Ipatinga				Guanhães			
		%S	HT	DAP	VOL	% S	HT	DAP	VOL
Kangaroo River	F progenies	1,35 ns	0,72 ns	1,67 ns	1,52 ns	1,75 ns	4,98 **	6,20 **	3,79 **
	CV%	31,63	17,86	18	41,12	20,92	13,25	13,76	31,85
	Media	63,46	14,62	11,94	0,198	86,67	12,02	9,02	0,102
Black Mount R.	F progenies	1,17 ns	1,06 ns	1,46 ns	1,52 ns	2,51 **	2,69 **	6,67 **	5,01 **
	CV%	34,12	29,58	18,05	58,26	16,19	14,7	12,74	28,4
	Media	59,07	14,51	11,62	0,188	92,22	12,62	9,38	0,107
Urbenville	F progenies	0,84 ns	1,07 ns	1,06 ns	1,19 ns	0,90 ns	3,14 **	4,33 **	3,08 **
	CV%	30,08	19,63	18,06	41,99	15,21	10,77	12,31	27,94
	Media	64,91	14,48	11,83	0,194	94	12,97	9,79	0,118
Yabbra	F progenies	1,30 ns	1,04 ns	0,91 ns	0,85 ns	1,31 ns	4,37 **	5,17 **	4,84 **
	CV%	31,52	19,19	18,15	43,01	16,2	10,61	12,77	26,53
	Media	69,17	14,36	11,67	0,19	92,86	12,59	9,73	0,115
Beaury	F progenies	1,90 ns	1,28 ns	0,97 ns	0,94 ns	2,30 **	4,55 **	7,87 **	7,65 **
	CV%	31,07	20,35	17,61	38,82	16,34	11,86	13,37	30,2
	Media	64,33	14,24	11,65	0,186	91,25	12,37	9,08	0,101

%S = porcentaje de sobrevivencia; HT = altura en m; DAP = diámetro a la altura del pecho en cm; VOL = volumen cilíndrico en m³; CV% = Coeficiente de variación experimental; ns = diferencias no significativas; ** = diferencias significativas al 1% de probabilidad.

CUADRO 5

Análisis de la varianza conjunta de las progenies testadas en Ipatinga y Guanhões para DAP, HT, VOL y %S.
Analysis of variance across the Ipatinga and Guanhões sites for DAP, HT, VOL and %S of progenies tested.

Procedencia	Fuente de variación	%S	HT	DAP	VOL
Kangaroo River	F progenies	1,77 ns	2,47 **	3,30 **	2,70 **
	F sitios	89,09 **	139,41 **	195,71 **	165,05 **
	F Sitios x progenies	1,29 ns	1,68 ns	1,59 ns	1,15 ns
	CV%	25,51	14,29	16,81	42,58
Black Mount Round	F progenies	1,74 **	1,90 **	2,21 **	1,83 **
	F sitios	441,45 **	109,03 **	244,05 **	267,84 **
	F Sitios x progenies	1,54 *	2,70 **	3,03 **	2,15 **
	CV%	23,53	14,37	16,60	40,03
Urbenville	F progenies	0,87 ns	1,61 ns	1,82 ns	1,58 ns
	F sitios	302,59 **	50,95 **	44,17 **	159,78 **
	F Sitios x progenies	0,75 ns	1,83 *	1,83 *	1,46 ns
	CV%	21,54	13,71	16,08	38,84
Yabbra	F progenies	1,28 ns	2,16 *	2,21 **	1,54 ns
	F sitios	117,04 **	54,45 **	91,29 **	116,91 **
	F Sitios x progenies	1,32 ns	1,07 ns	2,04 *	1,03 ns
	CV%	23,08	13,77	15,94	38,44
Beaury	F progenies	2,34 **	2,12 **	2,86 **	1,94 *
	F sitios	218,27 **	78,51 **	240,82 **	36,60 **
	F Sitios x progenies	1,74 *	1,73 *	2,55 **	1,90 *
	CV%	22,72	14,99	16,22	39,39

%S = porcentaje de sobrevivencia; HT = altura en m; DAP = diámetro a la altura del pecho en cm; VOL = volumen cilíndrico en m³; CV% = Coeficiente de variación experimental; ns = diferencias no significativas; * = diferencias significativas al 5% de probabilidad.

El resultado del análisis de la varianza conjunto presentó valores de F heterogéneos entre características y procedencias.

Para las variables de crecimiento los valores de interacción de progenies por sitios fueron significativos en las procedencias Black Mount Round y Beaury. En Urbenville se obtuvieron diferencias significativas para DAP y HT, y en Yabbra para DAP. El hecho de encontrar diferencias significativas para los valores de interacción nos alerta sobre la inconveniencia de seleccionar las mismas progenies para los dos sitios, en virtud de que esta interacción disminuirá las ganancias potenciales de seleccionar las mejores progenies para cada sitio.

Los valores de F para la interacción de progenies por sitio fueron menores para la característica sobrevivencia de plantas; este resultado es coincidente al obtenido por Kageyama (1980) para *Eucalyptus grandis*, a los 24 y 40 meses de edad.

Los mayores valores de F para las variables de crecimiento y sobrevivencia de plantas fueron para el efecto de sitio. Para las variables de crecimiento este resultado es coincidente al obtenido por Kageyama (1983) para *Eucalyptus grandis*, a los 60 meses de edad. Este resultado puede ser explicado por el fuerte contraste entre las localidades de ensayo. Principalmente, las diferencias climáticas, determinadas por la gran variación de altitud

existente entre las dos localidades, 214 m Ipatinga y 802 m Guanhães.

En el cuadro 6 son presentados los valores de medias de progenies para volumen y su posición en el ranking para las dos localidades de estudio.

Las estimativas de varianzas genéticas, varianzas ambientales y heredabilidades fueron obtenidas sólo para la localidad de Guanhães. Según Venkovsky & Barriga (1992), las estimativas de la varianza genética entre progenies (σ^2_p), obtenidas a partir de las esperanzas de los cuadrados medios de los análisis de la varianza a nivel de medias de parcelas, solamente son recomendables cuando la pérdida de plantas no es elevada. En la localidad de Ipatinga fue manifestada una alta mortalidad de plantas. Además de eso, en esta localidad fueron observados algunos valores de F menores que uno para las diferentes características, lo que produciría valores de σ^2_p negativos y sin significado biológico. Según Borem (1998), esto se observa con frecuencia en ensayos con un fuerte efecto ambiental ocasionado por una alta mortalidad.

Las estimativas de heredabilidad al nivel de plantas individuales, dentro de familias y medias de familias, para altura de plantas, diámetro y volumen, son presentadas en el cuadro 7.

Para las variables de crecimiento los valores medios de heredabilidad familiar, para las cinco procedencias, fueron los mayores, seguidos de la heredabilidad individual y la heredabilidad dentro de las familias. Estos resultados fueron coincidentes a los obtenidos para diferentes especies del género *Eucalyptus* por Moraes (1987), Kageyama (1980), Kikuti (1988) y Pires (1996).

Para DAP, HT y VOL, los valores de heredabilidad individual fueron elevados en todas las procedencias, especialmente en Black Mount Round y Beaury. Este comportamiento diferencial puede deberse a diferentes niveles de endogamia en las procedencias.

Según Griffin & Cotterill (1988), los diferentes niveles de endogamia entre familias pueden confundir el efecto genético de las mismas y aumentar las estimativas de las varianzas genéticas aditivas y los valores de heredabilidad individual.

Hodge *et al.* (1996) encontraron para progenies de polinización abierta de *Eucalyptus globulus*, provenientes del área natural de distribución de la especie, valores de heredabilidad individual fuertemente sobreestimados. Así las heredabilidades individuales para volumen de plantas a los 24

meses de edad fueron de 0,26. Sin embargo, cuando fueron consideradas progenies de un huerto semillero clonal los valores obtenidos fueron de 0,10. La depresión ocasionada por la endogamia fue de 4% en las progenies derivadas del huerto semillero clonal y 17% en las progenies del área de distribución natural de la especie.

Las posibles causas de endogamia fueron estudiadas por diferentes autores. Potts & Jordam (1994) encontraron que el efecto de la fragmentación de los bosques nativos de *Eucalyptus globulus*, debida a la acción de la agricultura, tenía un efecto profundo en la estructura de las poblaciones, produciendo elevados niveles de depresión por endogamia. Semilla obtenida de estas áreas poseía elevado número de anomalías y los valores de heredabilidad y variabilidad entre y dentro de las familias fueron anormalmente altos. Así, a los 4 años de edad, en las áreas donde la agricultura fue intensa, los valores de heredabilidad individual para volumen fueron del orden de 0,62. En contraste, en áreas con poblaciones de distribución más continua, los valores fueron de 0,28.

Aunque los valores de heredabilidad obtenidos fueron altos, principalmente en las localidades de Black Mount Round y Beaury, se debe considerar que al tratarse de introducciones del área natural de distribución son esperables altos niveles de variabilidad genética. Para obtener los valores de endogamia en estas poblaciones es posible utilizar análisis de marcadores genéticos. Son numerosos los autores que han utilizado la técnica de electroforesis de isoenzimas para la determinación de la tasa de cruzamiento y autofecundación en varias especies del género *Eucalyptus* (Burgess *et al.* 1995, Gaioto *et al.* 1997, Hardner *et al.* 1996, House & Bell 1996, James & Kenington 1993, Martins-Corder *et al.* 1997 y 1998).

CONCLUSIONES

En la localidad de Ipatinga los valores de sobrevivencia reducidos podrían indicar algún grado de falta de adaptación de la especie a esas condiciones de sitio. La población base de *E. dunnii* estudiada mostró una alta variación genética en la localidad de Guanhães para todas las variables estudiadas. En la localidad de Ipatinga la existencia de un fuerte componente ambiental determinó una baja variabilidad genética. Los valores de interacción genotipo por ambiente fueron mayores

CUADRO 6

Valores de medias y ranking para volumen de 98 progenies de *E. Dunnii*Values of means and ranking for volume of 98 properties of *Eucalyptus dunnii*

Ranking	Localidades					
	Guanhães			Ipatanga		
	Progenie	Procedencia	Media volumen	Progenie	Procedencia	Media volumen
1	92	Beaury	0,172	46	Urbenville	0,269
2	67	Yabbra	0,171	10	Kangaroo River	0,263
3	59	Urbenville	0,155	6	Kangaroo River	0,24
4	96	Beaury	0,153	68	Yabbra	0,238
5	4	Kangaroo River	0,152	79	Beaury	0,238
6	34	Black Mount Round	0,146	54	Urbenville	0,231
7	54	Urbenville	0,143	53	Urbenville	0,227
8	33	Black Mount Round	0,141	33	Black Mount Round	0,221
9	40	Black Mount Round	0,141	26	Black Mount Round	0,219
10	47	Urbenville	0,141	22	Black Mount Round	0,218
11	38	Black Mount Round	0,14	49	Urbenville	0,216
12	39	Black Mount Round	0,138	18	Black Mount Round	0,215
13	153	Beaury	0,138	37	Black Mount Round	0,215
14	48	Urbenville	0,133	16	Black Mount Round	0,211
15	49	Urbenville	0,131	84	Beaury	0,211
16	71	Yabbra	0,131	25	Black Mount Round	0,208
17	51	Urbenville	0,13	24	Black Mount Round	0,207
18	19	Black Mount Round	0,129	67	Yabbra	0,207
19	69	Yabbra	0,128	7	Kangaroo River	0,206
20	89	Beaury	0,126	80	Beaury	0,205
21	66	Yabbra	0,125	96	Beaury	0,205
22	64	Yabbra	0,124	19	Black Mount Round	0,203
23	29	Black Mount Round	0,123	50	Urbenville	0,203
24	72	Yabbra	0,123	77	Beaury	0,203
25	55	Urbenville	0,122	9	Kangaroo River	0,202
26	27	Black Mount Round	0,121	71	Yabbra	0,201
27	65	Yabbra	0,121	12	Kangaroo River	0,2
28	46	Urbenville	0,12	75	Yabbra	0,2
29	60	Urbenville	0,12	1	Kangaroo River	0,199
30	87	Beaury	0,12	15	Black Mount Round	0,199
31	25	Black Mount Round	0,117	65	Yabbra	0,199
32	56	Urbenville	0,116	34	Black Mount Round	0,198
33	44	Urbenville	0,115	41	Black Mount Round	0,198
34	1	Kangaroo River	0,114	64	Yabbra	0,198
35	152	Beaury	0,114	55	Urbenville	0,197
36	42	Urbenville	0,113	78	Beaury	0,197
37	58	Urbenville	0,113	42	Urbenville	0,195
38	91	Beaury	0,113	90	Beaury	0,195
39	10	Kangaroo River	0,112	150	Beaury	0,195
40	26	Black Mount Round	0,111	8	Kangaroo River	0,194
41	31	Black Mount Round	0,111	11	Kangaroo River	0,194
42	150	Beaury	0,111	73	Yabbra	0,194
43	30	Black Mount Round	0,109	13	Kangaroo River	0,193
44	53	Urbenville	0,109	81	Beaury	0,193
45	74	Yabbra	0,109	45	Urbenville	0,192
46	17	Black Mount Round	0,108	95	Beaury	0,191
47	50	Urbenville	0,108	35	Black Mount Round	0,19

Cuadro 6 (continuación)

Ranking	Localidades					
	Guanhães			Ipatunga		
	Progenie	Procedencia	Media volumen	Progenie	Procedencia	Media volumen
48	80	Beaury	0,108	51	Urbenville	0,19
49	70	Yabbra	0,107	60	Urbenville	0,19
50	148	Beaury	0,107	72	Yabbra	0,19
51	6	Kangaroo River	0,106	86	Beaury	0,19
52	90	Beaury	0,105	30	Black Mount Round	0,188
53	12	Kangaroo River	0,104	89	Beaury	0,188
54	15	Black Mount Round	0,104	149	Beaury	0,188
55	8	Kangaroo River	0,103	4	Kangaroo River	0,186
56	45	Urbenville	0,103	62	Yabbra	0,186
57	22	Black Mount Round	0,101	74	Yabbra	0,186
58	81	Beaury	0,101	58	Urbenville	0,184
59	61	Urbenville	0,1	91	Beaury	0,184
60	86	Beaury	0,1	148	Beaury	0,184
61	23	Black Mount Round	0,099	69	Yabbra	0,183
62	41	Black Mount Round	0,099	14	Black Mount Round	0,181
63	73	Yabbra	0,099	31	Black Mount Round	0,18
64	75	Yabbra	0,099	39	Black Mount Round	0,18
65	149	Beaury	0,098	44	Urbenville	0,18
66	83	Beaury	0,097	48	Urbenville	0,18
67	2	Kangaroo River	0,096	52	Urbenville	0,18
68	7	Kangaroo River	0,096	5	Kangaroo River	0,179
69	76	Yabbra	0,096	47	Urbenville	0,179
70	28	Black Mount Round	0,093	82	Beaury	0,179
71	68	Yabbra	0,093	94	Beaury	0,178
72	3	Kangaroo River	0,092	17	Black Mount Round	0,177
73	9	Kangaroo River	0,092	61	Urbenville	0,177
74	14	Black Mount Round	0,091	28	Black Mount Round	0,175
75	21	Black Mount Round	0,091	23	Black Mount Round	0,17
76	52	Urbenville	0,091	36	Black Mount Round	0,169
77	88	Beaury	0,091	38	Black Mount Round	0,169
78	37	Black Mount Round	0,09	43	Urbenville	0,168
79	94	Beaury	0,09	59	Urbenville	0,167
80	79	Beaury	0,089	3	Kangaroo River	0,165
81	85	Beaury	0,089	29	Black Mount Round	0,165
82	78	Beaury	0,087	88	Beaury	0,165
83	16	Black Mount Round	0,086	2	Kangaroo River	0,164
84	36	Black Mount Round	0,086	93	Beaury	0,164
85	62	Yabbra	0,086	83	Beaury	0,163
86	18	Black Mount Round	0,085	32	Black Mount Round	0,162
87	77	Beaury	0,085	70	Yabbra	0,162
88	13	Kangaroo River	0,083	76	Yabbra	0,16
89	11	Kangaroo River	0,081	66	Yabbra	0,159
90	24	Black Mount Round	0,081	87	Beaury	0,159
91	93	Beaury	0,079	85	Beaury	0,156
92	43	Urbenville	0,078	152	Beaury	0,156
93	32	Black Mount Round	0,076	153	Beaury	0,155
94	82	Beaury	0,074	40	Black Mount Round	0,153
95	5	Kangaroo River	0,072	92	Beaury	0,153
96	35	Black Mount Round	0,068	56	Urbenville	0,151
97	84	Beaury	0,068	21	Black Mount Round	0,15
98	95	Beaury	0,065	27	Black Mount Round	0,15

CUADRO 7

Estimación de heredabilidades, a nivel de plantas individuales, dentro de familias y medias de familias, para HT, DAP, VOL y a nivel de medias de familias para %S, de las progenies de 5 procedencias de *E. dunnii*, en la localidad de Guanhães.

Heritability mean estimates of individual, within families and families for HT, DAP, VOL and family mean heritabilities for %S of progenies at five provenances of *Eucalyptus dunnii* in Guanhães.

Procedencia	Nº Progenies	h_i^2			h_d^2			h_f^2			%S
		HT	DAP	VOL	HT	DAP	VOL	HT	DAP	VOL	
Kangaroo River	13	0,32	0,24	0,18	0,26	0,19	0,14	0,81	0,76	0,69	0,43
Black Mount Round	27	0,47	0,40	0,38	0,44	0,34	0,34	0,84	0,85	0,81	0,61
Urbenville	19	0,22	0,23	0,19	0,19	0,19	0,17	0,68	0,76	0,67	0,00
Yabbra	14	0,27	0,27	0,30	0,23	0,22	0,25	0,76	0,80	0,79	0,23
Beaury	20	0,36	0,48	0,57	0,34	0,42	0,54	0,77	0,87	0,87	0,56
Media		0,32	0,32	0,32	0,29	0,27	0,29	0,77	0,81	0,77	0,37

h_i^2 = heredabilidad al nivel de plantas individuales; h_d^2 = heredabilidad dentro de familias; h_f^2 = heredabilidad familiar; HT = altura en m; DAP = diámetro a la altura del pecho; VOL = volumen cilíndrico; %S = porcentaje de sobrevivencia de plantas.

para las variables de crecimiento que para sobrevivencia de plantas. Para las variables de crecimiento los valores de interacción genotipo por progenie fueron significativos en las procedencias Black Mount Round y Beaury.

En la localidad de Guanhães los valores de heredabilidad fueron de elevada magnitud para todas las variables estudiadas. Para las procedencias Black Mount Round y Beaury los valores fueron mayores, mostrando el posible efecto de endogamia en estas poblaciones.

BIBLIOGRAFIA

- BOREM, A. 1998. *Melhoramento de plantas*. 2.ed. Viçosa: UFV, pp. 453.
- BURGESS, I. P., E. R. WILLIAMS, J. C. BELL, C. E. HARWOOD, J. V. OWEN. 1997. "The effect of outcrossing on the growth of selected families of *Eucalyptus grandis*", *Silvae Genetica* (Frankfurt), 45 (2-3): 207-212.
- CRUZ, D. C., A. J. REGAZZI. 1997. Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético. 2.ed. Viçosa: UFV, pp. 383.
- ELDRIDGE, K., J. DAVIDSON, C. HARWOOD, G. VAN WYK. 1993. *Eucalypt domestication and breeding*. Oxford: Clarendon, pp. 288.
- FERREIRA, C. A., H. T. Z. COUTO. 1981. "A Influência de variáveis ambientais no crescimento de espécies/procedências de *Eucalyptus spp* nos Estados de Minas Gerais e Espírito Santo", *Boletim de Pesquisa Florestal* (Curitiba), 3: 9-35.
- FERREIRA, G. W., J. V. GONZAGA, C. E. B. FOELKEL, T. F. ASSIS, E. RATNIEKS, M. C. M. SILVA. 1997. "Qualidade da celulose kraft-antraquinona de *Eucalyptus dunnii* plantado em cinco espaçamentos em relação ao *Eucalyptus grandis* e *Eucalyptus saligna*", *Ciência Florestal* (Santa Maria), 7(1): 41-63.
- FERREIRA, M., P. E. T. SANTOS. 1997. "Melhoramento genético florestal dos *Eucalyptus* no Brasil: breve histórico e perspectivas". In: Conferência iufro sobre silvicultura e melhoramento de eucaliptos 1, 1997, Salvador. *Anais...* Salvador: EMBRAPA. 1: 14-34.
- GAIOTTO, F. A., M. BRAMUCCI, D. GRATTAPAGLIA. 1997. "Estimation of outcrossing rate in a breeding population of *Eucalyptus urophylla* with dominant RAPD and AFLP markers". *Theoretical and Applied Genetics*. 95 (1): 842-849.
- GOMES, J. M., R. M. BRANDI, J. F. CANDIDO, L. M. OLIVEIRA. 1977. "Competição de espécies e procedências de eucalipto na região de Minas Gerais", *Revista Árvore* (Viçosa). 1 (2): 72-105.
- GRIFFIN, A. R., P. P. COTTERILL. 1988. "Genetics variation growth of outcrossed, selfed and open-pollinated progenies of *Eucalyptus regans* and some implications for breeding strategy". *Silvae Genetica* (Frankfurt). 37 (3-4): 124-130.
- HARDNER, C. M., R. E. VAILLACOURT, B. M. POTTS. 1997. "Stand outcrossing and growth of open-pollinated families of *Eucalyptus globulus*". *Silvae Genetica* (Frankfurt). 45 (4): 226-228.
- HIGA, A. R., M. D. V. RESENDE, A. S. KODAMA, O. LAVORANTI. 1997. "Programa de melhoramento de Eucalipto na EMBRAPA". In: Conferência iufro sobre silvicultura e melhoramento de eucaliptos 1, 1997, Salvador. *Anais...* Salvador: EMBRAPA. 1: 377-383.

- HODGE, G. R., P. W. VOLKER, B. M. POTTS. 1996. "A comparison of genetics information from open-pollinated and control-pollinated progeny test in two eucalypts species", *Theoretical and Applied Genetics*. 92: 43-63.
- HOUSE, A. P. N., J. C. BELL. 1996. "Genetics diversity, mating system and systematic relationships in two red mahoganies, *Eucalyptus pellita* and *E. scias*", *Aust. J. Bot.* 44: 157-174.
- JAMES, H. S., W. J. KENNINGTON. 1993. "Selection against homozigotes and resource allocation in the mating system of *Eucalyptus camaldulensis* Dehnh", *Aust. J. Bot.* 41: 381-391.
- KAGEYAMA, P. Y. 1980. Variação genética em progenies de uma população de *Eucalyptus grandis* (Hill) Maiden. Piracicaba. Tese (Doutorado em Ciências Florestais)-Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, pp. 125.
- KAGEYAMA, P. Y. 1983. "Seleção precoce a diferentes idades em progênies de *Eucalyptus grandis* (Hill) Maiden". Piracicaba. Tese (Livre-Docência) -Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, pp. 147.
- KIKUTI, P. 1988. "Parâmetros genéticos em progenies de meios irmãos e clonais numa população de *Eucalyptus grandis* (Hill) Maiden na região de Telêmaco Borba-PR. Piracicaba". Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais). Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, pp. 118.
- MARTINS-CORDER, M. P., C. R. LOPES. 1997. "Isozyme characterization of *Eucalyptus urophylla* (S.T. Blake) and *Eucalyptus grandis* (Hill ex Maiden) populations in Brazil", *Silvae Genetica* (Frankfurt). 46 (4): 192-197.
- MARTINS-CORDER, M. P., E. S. MORI, M. T. V. CARVALHO, E. DERBYSHIRE. 1998. "Genetic diversity of three size classes of seeds of *Eucalyptus globulus* ssp. *Globulus*", *Silvae Genetica* (Frankfurt). 47 (1): 6-14.
- MORAES, M. L. 1987. "Variação genética da densidade básica da madeira em progênies de *Eucalyptus grandis* Hill Ex. Maiden e suas relações com as características de crescimento". Piracicaba (Mestrado Ciências Florestais). Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, pp. 115.
- PINTO, Jr. E. 1984. "Variabilidade genética em progênies de uma população de *Eucalyptus urophylla* S.T. Blake da Ilha Flores-Indonésia". Piracicaba. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais). Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, pp. 118.
- PIRES, I. E. 1996. "Eficiência da seleção combinada no melhoramento genético de *Eucalyptus* spp.". Viçosa. Tese (Doutorado em Ciências Florestais). Universidade Federal de Viçosa, pp. 116.
- POTTS, B. M., G. J. JORDAM. 1994. "The spatial pattern and scale of variation in *Eucalyptus globulus* spp. *globulus*: variation in seedling abnormalities and early growth", *Aust. J. Bot.* 42: 471-492.
- VENCOWSKY, R., P. BARRIGA. 1992. "Genética biométrica no fitomelhoramento". Ribeirão Preto: Sociedade Brasileira de Genética, pp. 406.
- ZOBEL, B. J., J. T. TALBERT. 1988. Técnicas de mejoramiento genético de árboles forestales. North Carolina. Ed. Limusa, pp. 545.